



# Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

## TRABAJO FIN DE GRADO

*Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para  
visualización inmersiva mediante realidad virtual*

### Grado en Ingeniería Mecánica

**ALUMNA:** Sara García-Cubillana López

**DIRECTORES:** Xavier Núñez Nieto

Francisco Troncoso Pastoriza

**CURSO ACADÉMICO:** 2024-2025

Universida<sub>de</sub>Vigo





# Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

## TRABAJO FIN DE GRADO

*Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para  
visualización inmersiva mediante realidad virtual*

**Grado en Ingeniería Mecánica**  
Intensificación en Tecnología Naval  
Cuerpo General

UniversidadeVigo



## **RESUMEN**

En la actualidad, las tecnologías inmersivas permiten recrear entornos virtuales con alto grado de realismo, aportando valor en numerosos sectores. En el ámbito militar, la realidad mixta destaca por potenciar la formación mediante experiencias visuales envolventes y detalladas. En este contexto, el presente trabajo se centrará en el modelado gráfico de un dron aéreo de combate, optimizado para su exploración en un entorno de realidad mixta. Se llevará a cabo el diseño digital del vehículo a partir de referencias visuales y datos técnicos, modelando con precisión tanto la estructura externa como los componentes internos. Una vez completado el ensamblaje tridimensional, el modelo se exportará al motor Unreal Engine 5, donde se implementarán funcionalidades interactivas mediante programación visual. Se desarrollarán modos de visualización que permitirán al usuario examinar tanto el conjunto completo como cada una de sus partes por separado, incluyendo animaciones de despiece y un menú interactivo para navegación. El resultado final será una experiencia inmersiva que facilitará la comprensión estructural y operativa del dron, mostrando el potencial de la realidad mixta como herramienta de aprendizaje, formación técnica y apoyo al adiestramiento militar.

## **PALABRAS CLAVE**

UCAV, Modelado 3D, Blueprints, Realidad mixta, Visualización inmersiva



# AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis tutores del proyecto, por acompañarme durante todo este proceso con su dedicación, paciencia y orientación constante. Gracias por ayudarme a sacar adelante este trabajo, por cada consejo y por estar siempre disponibles cuando lo he necesitado.

A mis compañeros y amigos, por compartir este camino conmigo, por las horas de trabajo, las risas y el apoyo incondicional. En especial a Jorge Gallego, compañero de laboratorio, por su ayuda constante, sus ideas, y, sobre todo, por su humor inconfundible, que ha hecho mucho más ameno cada momento entre planos, pruebas y cables. Y, por supuesto, a la camareta 217 y la camareta 203, por haber sido siempre un refugio lleno de apoyo, desconexión y buenos momentos que sin duda han marcado esta etapa.

No puede faltar el agradecimiento más especial: a mi familia, por estar siempre a mi lado, incluso en la distancia. Por su apoyo incondicional, apoyando sin hacer ruido, confiando en mí y dándome el empujón necesario cuando más lo necesitaba. Gracias por cada palabra de ánimo, por cada gesto, y por enseñarme el valor del esfuerzo y la constancia.



## CONTENIDO

Contenido .....	1
Índice de Figuras .....	3
Índice de Tablas.....	6
1 Introducción.....	7
1.1 Descripción del apartado.....	7
1.2 Antecedentes .....	7
1.3 Motivación .....	8
1.4 Objetivos .....	8
1.5 Estructura del trabajo .....	9
2 Estado del arte .....	10
2.1 Descripción del apartado.....	10
2.2 Vehículos aéreos no tripulados (UAVs) .....	10
2.2.1 Historia y evolución.....	11
2.2.2 Tipos y características.....	14
2.2.3 Aplicación en la Armada. ....	16
2.3 Realidad extendida. ....	17
2.3.1 Principales enfoques .....	17
2.3.2 Aplicaciones en las Fuerzas Armadas .....	18
2.3.3 Realidad mixta (MR). ....	21
2.4 Informática gráfica. ....	23
2.4.1 Diseño asistido por ordenador (CAD) .....	23
2.4.2 Programación visual .....	25
3 Desarrollo .....	26
3.1 Descripción del apartado.....	26
3.2 Estudio previo .....	26
3.2.1 Elección del modelo base .....	26
3.2.2 Elementos principales de un cuadricóptero .....	28
3.3 Modelado .....	31
3.3.1 Toma de medidas .....	31
3.3.2 Diseño .....	32
3.3.3 Ensamblaje.....	50
3.3.4 Renderizado .....	55
3.4 Programación visual.....	56

3.4.1 Importación del modelo .....	56
3.4.2 Programación Blueprints .....	58
3.4.3 Realidad mixta .....	71
4 Resultados .....	73
4.1 Descripción del apartado.....	73
4.2 Resultado del modelo CAD .....	73
4.2.1 Modelo digital.....	73
4.2.2 Planimetría.....	77
4.3 Informática gráfica.....	80
5 Conclusiones y líneas futuras .....	84
5.1 Descripción del apartado.....	84
5.2 Conclusión de los objetivos iniciales .....	84
5.2.1 Modelado tridimensional del dron.....	84
5.2.2 Creación de un ensamblaje digital completo .....	84
5.2.3 Programación visual mediante árboles de control .....	84
5.2.4 Integración del modelo 3D en realidad virtual .....	84
5.3 Objetivos adicionales .....	85
5.3.1 Integración del modelo en realidad mixta.....	85
5.4 Conclusión final .....	85
5.5 Líneas futuras .....	85
5.5.1 Corto plazo: Análisis aerodinámico del dron .....	85
5.5.2 Medio plazo: Fabricación de un prototipo físico .....	86
5.5.3 Largo plazo: Creación de un simulador de vuelo con realidad mixta .....	86
6 Bibliografía.....	87
Anexo I: Implicaciones Sociales, Económicas y Ambientales .....	90
Anexo II: Reflexiones Éticas y Sociales .....	92
Anexo III: Modelo digital interactivo.....	94
Anexo IV: Planimetría.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Aplicaciones de los drones en la sociedad actual [1] .....	10
Figura 2-2 Bombardeo austriaco sobre Venecia con globos [3] .....	11
Figura 2-3 Torpedo Aéreo <i>Kettering Bug</i> [5] .....	11
Figura 2-4 Wiston Churchil visitando el avión de reconocimiento no tripulado <i>Queen Bee</i> 1941 [6]...12	
Figura 2-5 Evolución de los UAVs desde la 2ª Guerra Mundial hasta la guerra del Golfo .....	13
Figura 2-6 <i>Pathfinder-Plus</i> UAV desarrollado por la NASA[8] .....	13
Figura 2-7 Scan Eagle [11] y SCRAB-II [12].....	16
Figura 2-8 Concepto paraguas de la Realidad Extendida [14].....	17
Figura 2-9 Comparación de los tres conceptos RV, RA, RM [16] .....	17
Figura 2-10 Realidad Aumentada en educación [20].....	18
Figura 2-11 Soldados del Ejército de Tierra haciendo prácticas con gafas de RA [21] .....	19
Figura 2-12 Sistema de Realidad Aumentada para la maniobra de aprovisionamiento [23].....	20
Figura 2-13 Simulador <i>Navantis</i> [24] .....	20
Figura 2-14 Concepto de realidad mixta[27] .....	21
Figura 2-15 Esquema de funcionamiento de la Realidad Mixta .....	22
Figura 2-16 Componentes de las Meta Quest 3 [29] .....	23
Figura 2-17 Proceso de refinamiento de un prototipo [31] .....	23
Figura 2-18 Interfaz del software Autodesk Inventor .....	24
Figura 3-1 Diagrama de las fases del proyecto .....	26
Figura 3-2 Modelo de dron Bolt-M de la empresa Anduril [34] .....	28
Figura 3-3 Partes de un dron cuadricóptero .....	28
Figura 3-4 Toma de medidas de referencia con AutoCAD .....	32
Figura 3-5 Componentes del interior del dron .....	33
Figura 3-6 Módulo Receptor GPS modelo BE-220 .....	33
Figura 3-7 GPS.....	34
Figura 3-8 ESC.....	35
Figura 3-9 Placa de control de vuelo .....	35
Figura 3-10 Receptor radio control .....	36
Figura 3-11 Cuerpo superior .....	36
Figura 3-12 Cuerpo inferior .....	37
Figura 3-13 Antivibradores .....	38
Figura 3-14 Carcasas de la batería .....	38
Figura 3-15 Batería y ensamble .....	39
Figura 3-16 Conjunto de la carga explosiva .....	39

Figura 3-17 Articulación para el plegado de los brazos.....	40
Figura 3-18 Conjunto del motor.....	41
Figura 3-19 Motor.....	41
Figura 3-20 Bobina .....	42
Figura 3-21 Eje.....	42
Figura 3-22 Acople del motor al brazo .....	43
Figura 3-23 Hélices.....	43
Figura 3-24 Cámara y gimbal del modelo <i>Bolt-M</i> [38] .....	44
Figura 3-25 Cámara .....	44
Figura 3-26 Gimbal.....	45
Figura 3-27 LiDAR.....	46
Figura 3-28 Parte superior del chasis.....	47
Figura 3-29 Parte inferior del chasis .....	47
Figura 3-30 Partes del tren de aterrizaje .....	48
Figura 3-31 Pieza de acople del tren de aterrizaje delantero .....	48
Figura 3-32 Tren de aterrizaje delantero.....	49
Figura 3-33 Tren de aterrizaje trasero.....	49
Figura 3-34 Panel de control.....	50
Figura 3-35 Interfaz de las herramientas de ensamblaje de unión y restricción .....	51
Figura 3-36 Interfaz de la herramienta de conexión por perno.....	51
Figura 3-37 Ensamblaje interior .....	52
Figura 3-38 Ensamblaje del motor.....	53
Figura 3-39 Ensamblaje de la articulación del brazo.....	53
Figura 3-40 Ensamblaje de la cámara .....	54
Figura 3-41 Ensamblaje final del dron.....	55
Figura 3-42 Interfaz de un proceso de renderizado.....	55
Figura 3-43 Activación de los <i>plugins</i> para uso de Datasmith .....	56
Figura 3-44 Exportación del modelo 3D en archivo STEP .....	57
Figura 3-45 Importación del modelo 3D con la herramienta de Datasmith.....	57
Figura 3-46 Carpetas y archivos creados con la importación del modelo 3D .....	58
Figura 3-47 Creación del Blueprint del conjunto.....	59
Figura 3-48 Código de "Inicialización" .....	60
Figura 3-49 Código de "Activación" .....	60
Figura 3-50 Código de "Reposicionar pieza de prueba a la posición inicial" .....	61
Figura 3-51 Código de "Explosionado de la pieza de prueba" .....	61
Figura 3-52 Código de "Creación de la matriz de componentes" .....	62

Figura 3-53 Código de "Inicialización" .....	62
Figura 3-54 Código de "Reposición de las piezas a la posición inicial" .....	63
Figura 3-55 Código de "Explosionado del conjunto" .....	63
Figura 3-56 Código de "Creación de material dinámico sobre para cada pieza" .....	64
Figura 3-57 Interfaz del material base de las piezas .....	65
Figura 3-58 Código de "Visualización del conjunto seleccionado" .....	66
Figura 3-59 Interfaz para asignar una etiqueta a una pieza.....	66
Figura 3-60 Código de "Sistema de resaltado, ocultación y reseteo de las piezas seleccionadas" .....	67
Figura 3-61 Blueprints utilizados para la elaboración del menú interactivo .....	68
Figura 3-62 Interfaz <i>Designer</i> del <i>WidgetMenu</i> .....	69
Figura 3-63 Código del Blueprint "W_Boton" .....	70
Figura 3-64 Código del Blueprint "WidgetMenu" .....	70
Figura 3-65 Blueprint para integrar realidad mixta en el programa .....	71
Figura 3-66 Interfaz del escenario adaptado a realidad mixta .....	72
Figura 4-1 Vista de frente renderizada del modelo.....	73
Figura 4-2 Vista general del dron renderizado.....	74
Figura 4-3 Vista en modo transparente del modelo .....	74
Figura 4-4 Modelo renderizado con los brazos plegados .....	75
Figura 4-5 Vista lateral sólida (superior) y alámbrica (inferior).....	76
Figura 4-6 Renderizado de la sección transversal del modelo.....	76
Figura 4-7 Visualización del dron en entorno de realidad mixta con Meta Quest 3.....	81
Figura 4-8 Tareas asignadas a los controles de los mandos.....	81
Figura 4-9 Explosionado del Dron en realidad mixta .....	82
Figura 4-10 Interfaz del menú.....	82
Figura 4-11 Ejemplo de visualización de un grupo de componentes seleccionados .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Clasificación de UAVs por tipo de ala .....	14
Tabla 2-2 Clasificación de UAVs por función y aplicación .....	15
Tabla 2-3 Clasificación de UAVs por su autonomía y alcance .....	15
Tabla 3-1 Comparación de multicopteros de uso militar .....	27
Tabla 4-1 Planos del ensamblaje completo .....	77
Tabla 4-2 Planos del conjunto del interior .....	78
Tabla 4-3 Planos del conjunto del motor .....	78
Tabla 4-4 Planos del conjunto de la carga explosiva .....	78
Tabla 4-5 Planos del conjunto de la cámara .....	79
Tabla 4-6 Planos del conjunto de la batería .....	79
Tabla 4-7 Planos del conjunto de la articulación del brazo .....	79
Tabla 4-8 Planos del conjunto del tren de aterrizaje .....	80
Tabla 4-9 Planos de despiece .....	80

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Descripción del apartado

En este apartado se presentan los precedentes y el contexto en el que se desarrolla este Trabajo Fin de Grado. Además, se expone la motivación que ha impulsado su realización y los principales objetivos que se pretenden alcanzar. Finalmente, se describe la estructura del trabajo y la organización de su contenido.

## 1.2 Antecedentes

A lo largo de la historia, la industria aeroespacial y la defensa han experimentado un desarrollo acelerado gracias a la innovación tecnológica y la creciente necesidad de optimizar el diseño, análisis y operatividad de los sistemas de combate. En este contexto, los vehículos aéreos de combate no tripulados han cobrado gran relevancia debido a sus ventajas estratégicas en términos de autonomía, eficiencia, operativa y reducción de riesgos humanos en misiones tácticas.

Este trabajo se desarrolla en el marco de la industria 4.0, un concepto que engloba la digitalización de los procesos industriales mediante el uso de tecnologías avanzadas como la realidad virtual, la fabricación aditiva y el análisis de datos. La cuarta revolución industrial está transformando la manera en que se diseñan, fabrican y prueban productos, incorporando herramientas digitales que permiten mayor precisión, flexibilidad y eficiencia en el desarrollo de sistemas complejos. Dentro de este contexto, la integración del modelo digital con la realidad virtual no solo mejora la comprensión y validación del diseño, sino que también facilita la colaboración y simulación de estos prototipos.

El avance de las tecnologías digitales ha permitido mejorar significativamente los procesos de diseño y visualización de estos vehículos, incorporando herramientas de diseño asistido por ordenador (CAD) y entornos de realidad mixta. Estas tecnologías permiten una representación precisa y detallada de los modelos tridimensionales, optimizando la comprensión de su geometría y estructura sin necesidad de construir prototipos físicos. La realidad virtual, en particular, se ha convertido en una herramienta clave para la evaluación y simulación de diseños, permitiendo a los usuarios interactuar con el modelo en un entorno inmersivo con un alto grado de realismo.

El presente trabajo se enmarca en esta evolución tecnológica, abordando el diseño y desarrollo de una maqueta digital en 3D de un UAV, la cual será integrada en un entorno de realidad mixta para potenciar la experiencia inmersiva y la exploración interactiva del modelo. A través del uso de software especializado en modelado, se buscará lograr un equilibrio entre la precisión geométrica, la calidad visual y eficiencia computacional, permitiendo una visualización fluida y detallada del dron.

### 1.3 Motivación

En la actualidad, la integración de tecnologías avanzadas en el ámbito militar se ha convertido en un pilar fundamental para mejorar las capacidades operativas de las Fuerzas Armadas. Dentro de este contexto, el uso de vehículos aéreos no tripulados representa una de las líneas de desarrollo más relevantes, proporcionando versatilidad, alcance y reducción del riesgo para el personal en misiones estratégicas. No obstante, para una correcta implementación y aprovechamiento de estas tecnologías, resulta esencial disponer de herramientas de formación y análisis que permitan comprender en profundidad su diseño, estructura y funcionamiento. En este sentido, el presente proyecto se enmarca en el esfuerzo continuo de la Armada por incorporar herramientas innovadoras en la instrucción y el adiestramiento de su personal. La creación de un modelo digital en 3D de un dron aéreo de combate, optimizado para su visualización en entornos de realidad mixta, permitirá una exploración detallada de su estructura y componentes, facilitando el estudio y la familiarización con este tipo de plataformas. Esta metodología no sólo proporciona un análisis detallado del diseño, sino que también permite mejorar la toma de decisiones en escenarios de mantenimiento, ensamblaje y operación del sistema en condiciones simuladas. Desde la perspectiva académica, la incorporación de entornos inmersivos en la enseñanza mejora la comprensión espacial. En el ámbito naval y de la ingeniería militar, contar con modelos tridimensionales precisos facilita un aprendizaje más aplicado y efectivo. Así, este proyecto servirá como recurso didáctico para futuros ingenieros y oficiales. Finalmente, este trabajo busca optimizar la visualización inmersiva de modelos complejos permitiendo un análisis más preciso y una interacción intuitiva con las partes del modelo. Al ofrecer una representación realista y eficiente de un dron de combate, se busca optimizar la comprensión y entrenamiento, facilitando su integración en programas de simulación y mejorando los métodos de instrucción.

### 1.4 Objetivos

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo principal el desarrollo de una maqueta digital tridimensional, fiel y detallada, de un dron aéreo de combate para su visualización e interacción en entornos inmersivos de realidad virtual. Para lograr este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Modelado tridimensional del dron: utilizar software de diseño asistido por ordenador (CAD) para representar con precisión la geometría y proporciones delUCAV, tanto en su estructura externa como en los componentes internos. El objetivo es lograr una representación visual coherente, realista y técnicamente detallada.
- Creación de un ensamblaje digital completo: integrando todas las piezas diseñadas en un modelo único, optimizado para su posterior uso en entornos de visualización interactiva. Este ensamblaje debe ser funcional, lógico y visualmente coherente, respetando criterios de diseño técnico y estético.
- Programación visual mediante arboles de control: utilizando Blueprints en Unreal Engine, mediante la implementación de árboles de control y sistemas automatizados que permitan una navegación fluida por el modelo. Se incorporarán funciones como visualización explosionada, selección de componentes y efectos visuales que mejoren la experiencia del usuario.
- Integración del modelo 3D en realidad virtual: adaptado específicamente a su visualización mediante gafas VR como parte de una simulación técnica. La representación debe ser estable, precisa y visualmente envolvente, permitiendo al usuario explorar el dron en un espacio tridimensional con interacción en tiempo real.

Además de estos objetivos se ha alcanzado uno adicional, fruto del desarrollo del trabajo, consistente en la implantación y el uso de realidad mixta para la visualización del modelo.

## 1.5 Estructura del trabajo

La estructura de este trabajo seguirá los siguientes puntos:

- 1) Introducción. En este apartado se definen los antecedentes y el contexto del ámbito en el que se desarrolla este trabajo, además de la motivación y objetivo que han impulsado su realización.
- 2) Estado del Arte. En este apartado se ha recopilado y analiza la información existente sobre el tema de estudio, proporcionando un marco teórico y contextual que justifica la relevancia del proyecto.
- 3) Desarrollo del TFG. En este apartado se detalla el proceso, metodología y herramientas utilizadas para la elaboración del proyecto, documentando cada etapa y las decisiones tomadas.
- 4) Resultados. En este apartado se analizan los hallazgos y decisiones tomadas durante la elaboración en consonancia con el desarrollo del trabajo estudiando si cumplen con los objetivos planteados.
- 5) Conclusiones y líneas futuras. En este apartado se resumen los principales resultados del proyecto, evaluándolos y se propone mejoras o futuras investigaciones siguiendo el hilo del trabajo.
- 6) Bibliografía. En este apartado se recopila y cita las fuentes utilizadas.
- 7) Anexos. En este apartado se incluye material complementario para ampliar información relevante y necesaria para el entendimiento del trabajo.

## 2 ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Descripción del apartado

En este apartado se pretende contextualizar el ámbito de aplicación, así como las herramientas empleadas en la realización de esta Trabajo de Fin de Grado, destacando los conceptos más relevantes. Se centrará en la realidad virtual, los drones y sus usos y finalmente en las herramientas y programas de diseño asistido por ordenadores y programación.

En cada uno de los apartados se va a desarrollar el origen, sus características y sus ámbitos de aplicación poniendo ejemplos de su uso en el mundo moderno y su aplicación en el ámbito de la defensa y específicamente en la Armada.

### 2.2 Vehículos aéreos no tripulados (UAVs)

Los vehículos aéreos no tripulados (UAVs), comúnmente conocidos como drones, son aeronaves que operan de manera autónoma o por control remoto. Originalmente diseñados con fines militares, han ido evolucionado para desempeñar una amplia gama de funciones en distintos sectores como la seguridad, la agricultura, la logística y la exploración como se aprecia en la Figura 2-1. Su desarrollo está paralelamente relacionado con los avances en tecnología de sensores, autonomía y más recientemente el auge de la inteligencia artificial. Con las mejoras y avances en el ámbito aeronáutico y tecnológico, los usos de estos han ido aumentando hasta llegar a utilizarse en prácticamente todos los ámbitos de la vida moderna.



Figura 2-1 Aplicaciones de los drones en la sociedad actual [1]

### 2.2.1 Historia y evolución

La historia de los vehículos aéreos no tripulados ha tenido un desarrollo extendido por más de un siglo, evolucionando desde simples prototipos mecánicos hasta las sofisticadas plataformas autónomas que conocemos hoy en día. Su historia se encuentra estrechamente ligada a los conflictos militares, ya que comenzaron a desarrollarse con propósitos militares que han impulsado su desarrollo y diversificación de usos. Sin embargo, en las últimas décadas se ha ido viendo la variedad de los posibles usos que se les pueden dar, lo que ha llevado a grandes avances en esta tecnología.

La idea de volar ha fascinado a la humanidad desde tiempos antiguos. Los primeros intentos de vuelos autónomos se remontan a la Grecia clásica con el diseño de un pájaro mecánico por Arquitas de Tarento (425 a.C.). Posteriormente figuras como Leonardo da Vinci en el siglo XV o más tarde Mikhail Lomonosov idearon conceptos de vuelo vertical, el rotor axial, etc. Sin embargo, no fue hasta el año 1849, cuando Austria lanzó globos no tripulados cargados de explosivo mostrados en la Figura 2-2, que se documentó el primer uso de una plataforma que cumplía las características necesarias de un UAV [2]. Aun así, el desarrollo real de los drones comenzó en el siglo XX con la evolución y la necesidad de reducir el riesgo humano en combate.

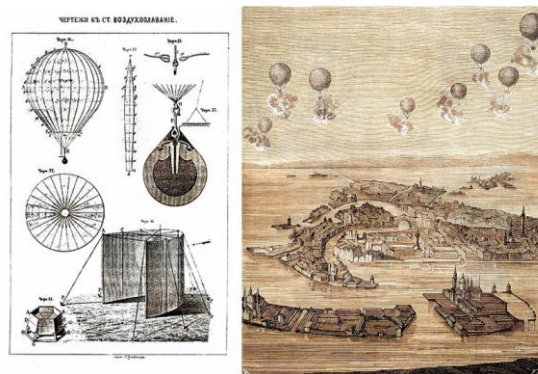


Figura 2-2 Bombardeo austriaco sobre Venecia con globos [3]

Durante la 1ª Guerra Mundial, la alta tasa de pérdidas de pilotos llevó al desarrollo de aeronaves no tripuladas para ataques automatizados. El primer prototipo de UAV fue creado por el americano Elmer Sperry, que creó una aeronave controlada por piloto automático con ayuda de un piloto para el despegue y aterrizaje. Este prototipo fue considerado el primer intento de dron militar. Tras el avance de este prototipo, el ejército estadounidense desarrolló con ayuda del ya experto Elmer Sperry el *Kettering Bug* mostrado en la Figura 2-3, uno de los primeros UAVs denominado como “torpedo aéreo” con ataque automatizado. A pesar de que no llegó a usarse en combate, sirvió como inspiración para la creación de los misiles crucero diseñados posteriormente [4].



Figura 2-3 Torpedo Aéreo *Kettering Bug* [5]

Después de la guerra, los UAVs se utilizaron principalmente para el adiestramiento de los pilotos y artillería antiaérea. En el año 1935 Reino Unido introdujo el *Queen Bee* una aeronave no tripulada usada como blanco de práctica guiado por radio, del cual proviene el término *drone* [6]. Este nuevo tipo de UAV significó un gran avance. Fue el primer sistema con capacidad de regresar tras realizar la misión con un techo de vuelo de 5200m y una velocidad máxima de 180 km/h [4].



Figura 2-4 Wiston Churchil visitando el avión de reconocimiento no tripulado *Queen Bee* 1941 [6]

A partir de la 2ª Guerra mundial, los UAVs adquirieron un papel más ofensivo y el desarrollo de estos creció de manera exponencial. Alemania desarrolló el V-1, considerado el primer misil de crucero teledirigido utilizado en la Guerra para bombardear Londres en 1944. Estos dispositivos conocidos como *Buzzbombs* podían alcanzar grandes velocidades volando abaja altitud, causando así un impacto devastador. Durante el mismo periodo, Estados Unidos empleó el TDR-1, un avión no tripulado que podía ser controlado desde tierra o desde otro avión gracias a un sistema de control. Esta aeronave fue utilizada en 1944 en el Teatro del Pacífico por la Marina de los EE. UU. para atacar barcos y fortificaciones japonesas. Además, los EE. UU. llevaron a cabo el *Proyecto Aphrodite* que convirtió bombarderos tripulados en drones explosivos dirigidos a objetivos estratégicos [2].

Tras la 2ª Guerra mundial, la tecnología de UAVs fue evolucionando hacia la vigilancia aérea. En el año 1951 EE. UU. Desarrolló el *Ryan Firebee*, utilizado principalmente para misiones de reconocimiento. En 1960, el derribo del avión espía U-2 estadounidense impulsó el desarrollo de UAVs de vigilancia y espionaje para eliminar el riesgo de perder pilotos en este tipo de misione. Como respuesta a este incidente, EE. UU. creo el programa *Red Wagon*. Este programa estaba basado en drones modificados del *Firebee* para realizar misiones de reconocimiento a gran altitud en territorios hostiles. Tras varios avances en esta tecnología, los UAVs pasaron a adquirir un papel fundamental en la Guerra de Vietnam en operaciones de reconocimiento. Se llevaron a cabo más de 3400 misiones de reconocimiento realizadas por UAVs como el *Lightning Bug*, desarrollado por Ryan Aeronautical. Estos drones se utilizaban con el propósito de recabar inteligencia, realizar evaluaciones de daño en bombardeos y lanzar propaganda. Durante este conflicto, EE. UU. llegó a perder más de 500 UAVs en combate. Aun así, estos sistemas resultaron efectivos y demostraron su valor en operaciones de alto riesgo [7].

La guerra entre Israel y Líbano en 1982 marcó un hito en el uso de UAVs. Israel los utilizó para misiones de vigilancia con el propósito de engañar y saturar las defensas antiaéreas sirias, demostrando la capacidad de estas aeronaves en guerra electrónica y en misiones tácticas. Este conflicto consolido a Israel como líder en este sector, estableciendo las bases de los drones modernos. Mas tarde, en la Guerra del Golfo, UAVs como el RQ-2 Pioneer fueron utilizados por EE. UU. para continuar misiones de reconocimiento y adquisición de objetivos. A partir de este punto, los UAV han estado presentes en la mayoría de los conflictos de gran relevancia. En la Figura 2-5 se muestra la evolución de los drones

desde la 2ª Guerra Mundial hasta la guerra del golfo, apreciándose las innovaciones no solo en el campo de la aeronáutica, pero también en los sectores de sensores y armas.

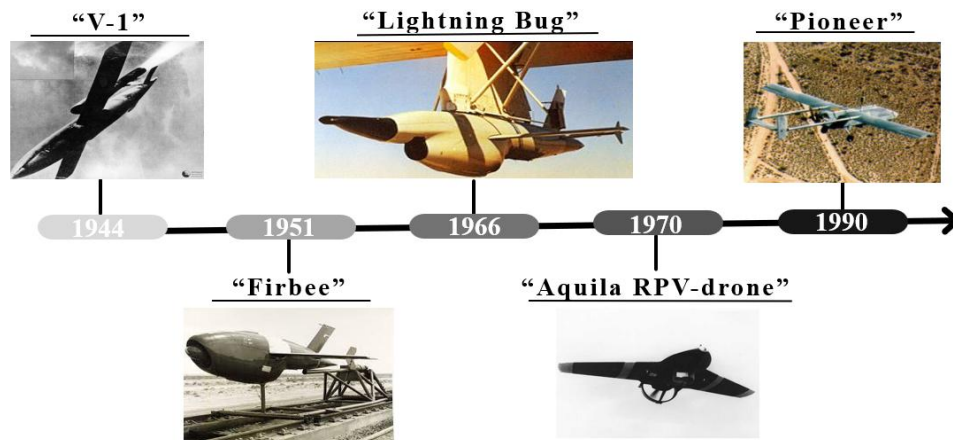


Figura 2-5 Evolución de los UAVs desde la 2ª Guerra Mundial hasta la guerra del Golfo

A partir de los años noventa, comenzó una investigación paralela para el empleo de los drones en la vida civil. La NASA comenzó a desarrollar drones para investigación científica con el programa *PA-30*. A partir de 1990, colaboró con diversas industrias para mejorar la maniobrabilidad y autonomía de los UAVs, con el objetivo de expandir su uso en aplicaciones civiles. Entre 1994 y 2003, la NASA creó drones capaces de volar más de 30km de altitud y realizar misiones de hasta seis meses con energía solar, contribuyendo al desarrollo de UAVs de alta autonomía como por ejemplo el dron *Pathfinder-Plus* que se muestra en la Figura 2-6 [8].



Figura 2-6 *Pathfinder-Plus* UAV desarrollado por la NASA[8]

El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de UAVs más sofisticados. En el año 1995 EE.UU. introdujo el *MQ-1 Predator*, el primer UAV con capacidad de reconocimiento y ataque, revolucionando la guerra moderna. Posteriormente, tras los atentados del 11-S, el *Predator* fue utilizado en Afganistán, convirtiéndose en un arma clave en la lucha contra el terrorismo.

Posteriormente, EE. UU. diseñó y desplegó el *MQ-9 Reaper*, el primer UAV diseñado específicamente para ataques de larga duración con misiles y bombas guiadas. Este dron supuso un gran avance en esta tecnología gracias al aumento del alcance y la letalidad de los UAVs en conflictos como Irak y Afganistán. Paralelamente, el grupo Hizballah en la guerra entre Israel y el Líbano, lanzó UAVs Ababil II de fabricación iraní contra Israel, quedando demostrado que los UAVs no solo eran usados por naciones avanzadas, sino también por grupos no estatales. En la actualidad hay una gran expansión en usos civiles y comerciales de estas aeronaves. Gracias al abaratamiento de la tecnología electrónica y la

miniaturización de sensores y baterías, los UAVs han pasado del ámbito exclusivamente militar al uso civil y comercial. Desde 2015, las ventas han crecido exponencialmente, con aplicaciones en cartografía, agricultura, vigilancia, logística rescate y cinematografía. El impacto en la ciencia también ha sido significativo ya que gracias a estos y su integración con sensores de alta precisión, han revolucionado la cartografía. Aun así, los UAVs siguen siendo una tecnología en la que se puede avanzar y que todavía tiene límites. A nivel militar preocupa su uso por grupos terroristas, lo que ha llevado a impulsar regulaciones en este ámbito. A futuro, los UAVs avanzan hacia la autonomía total gracias a la integración de la inteligencia artificial.

### 2.2.2 Tipos y características

Los UAVs o drones han evolucionado significativamente en los últimos años, diversificándose en distintas categorías según su diseño, función y capacidades operativas. Estas categorías determinan también el uso que se les vaya a dar. Estas categorías son esenciales conocerlas para hacer una buena elección del prototipo a usar basado en las necesidades del usuario. Los UAVs pueden clasificarse de acuerdo con diferentes criterios. A continuación, se presenta un análisis detallado de las principales categorías junto con sus características:

#### *Clasificación por tipo de ala:*

Uno de los factores más importantes que definen el rendimiento y uso de un UAV es su estructura aerodinámica. La configuración de las alas determina su estabilidad, eficiencia de vuelo y capacidad operativa.

Dependiendo de esta disposición, los usos varían gracias a las capacidades que ofrecen. Según este criterio, los UAVs se dividen en tres categorías principales, ala fija, ala fija híbrida y multirrotores, mostradas en la Tabla 2-1 [9], donde también se muestran los diferentes usos que se les suele dar a cada plataforma.




Tipo	Características y usos	Ejemplos
Ala fija	Estos UAVs tienen una estructura similar a los aviones tradicionales y requieren una pista para aterrizar. Son ideales para misiones de larga duración y gran alcance.	
Ala Fija híbrida	Combinan la eficiencia de los aviones de ala fija con la capacidad de despegue y aterrizaje vertical (VTOL), lo que los hace versátiles para operaciones en terrenos difíciles.	
Multirrotores	UAVs con múltiples hélices. Ofrecen estabilidad y facilidad de maniobra y son ideales para vigilancia y fotografía aérea.	

Tabla 2-1 Clasificación de UAVs por tipo de ala

*Clasificación por función y aplicación:*

Los UAVs se diseñaron para cumplir con distintos propósitos, desde la vigilancia hasta la entrega de suministros. Algunas de las principales categoría funcionales incluyen las descritas en la Tabla 2-2 [10].

<b>Tipo</b>	<b>Características y usos</b>
Reconocimiento y vigilancia (ISTAR)	Estos drones están diseñados para recopilar inteligencia en tiempo real mediante sensores y cámaras avanzadas.
Vehículos de combate (UCAV)	UAVs armados con misiles y otras municiones, utilizados en operaciones militares para ataques de precisión.
Multipropósito	Drones que pueden realizar múltiples funciones, como reconocimiento y ataque, dependiendo de la configuración de su carga útil.
Entrega y reabastecimiento aéreo	UAVs diseñados para transportar suministros médicos, alimentos o equipos a zonas de difícil acceso.

**Tabla 2-2 Clasificación de UAVs por función y aplicación**

*Clasificación por autonomía y alcance:*

El alcance y autonomía de un UAV dependen de su sistema de propulsión, su capacidad de combustible o batería y su eficiencia aerodinámica. Estos factores determinan el tipo de operaciones en las que pueden emplearse. En la Tabla 2-3 se pueden ver los tres grandes grupos dentro de esta categoría [9].

<b>Tipo</b>	<b>Características y usos</b>
Corto alcance (< 5 km)	Estos son utilizados para vigilancia urbana, inspección de infraestructuras y fotografía aérea. Suelen operar con baterías recargables y tienen un tiempo de vuelo limitado.
Medio alcance (5-500 km)	Se emplean en misiones tácticas, monitoreo de fronteras y seguridad industrial. Pueden operar durante varias horas y emplean sistemas de propulsión híbridos.
Largo alcance (> 500 km)	Diseñados para misiones estratégicas de vigilancia e inteligencia, estos UAVs pueden volar durante largas horas sin necesidad de recarga, utilizando motores de combustión o sistemas de energía solar.

**Tabla 2-3 Clasificación de UAVs por su autonomía y alcance**

La clasificación de los UAVs evidencia su diversidad y evolución constante, adaptándose a distintas necesidades operativas que surgen con la innovación de las tecnologías. Su impacto en sectores como la seguridad, logística y monitoreo ambiental sigue en aumento. A medida que la industria crece, es crucial continuar con la investigación para mejorar su rendimiento, reducir costos y minimizar su impacto ambiental.

El futuro y prácticamente presente de los drones se orienta hacia una mayor autonomía, mejor comunicación e integración con las tecnologías como la inteligencia artificial y el IoT, facilitando su uso

en la automatización y respuesta a situaciones críticas. Estos dispositivos han revolucionado desde su aplicación todos los ámbitos dónde se han implementado, llegando a crear una necesidad.

### 2.2.3 Aplicación en la Armada.

Los vehículos aéreos no tripulados (UAVs) han revolucionado las operaciones de la Armada, proporcionando capacidades avanzadas en vigilancia, reconocimiento y apoyo a misiones estratégicas. La Undécima Escuadrilla de Aeronaves es la unidad clave en la obtención de inteligencia y en el adiestramiento de las unidades navales. Equipada con los sistemas aéreos no tripulados *Scan Eagle* y los blancos aéreos teledirigidos SCRAB-11, su misión principal es proporcionar imágenes y vídeos en tiempo real, así como entrenar a la Flota en el tiro antiaéreo y el lanzamiento de misiles.

Desde su creación en 2014, la Undécima Escuadrilla ha participado en operaciones de alto impacto, como la Operación Atalanta en la lucha contra la piratería en aguas de Somalia y la Operación *Iherent Resolve* en Irak. Asimismo, ha estado presente en ejercicios nacionales e internacionales, como las *Dynamic Mariner*, *Gruflex* y *Unified Vision*, fortaleciendo la capacidad operativa de la Armada en escenarios reales y simulados.

El *Scan Eagle* mostrado en la Figura 2-7 a la izquierda, es el primer UAV de su tipo en la Armada. Es operado desde tierra o embarcaciones y se especializa en identificación, vigilancia y reconocimiento (ISR). Su uso es fundamental para las misiones de vigilancia marítima, permitiendo detectar posibles amenazas o actividades sospechosas en alta mar. También es empleado en el apoyo a unidades de Operaciones especiales, proporcionando información en tiempo real para facilitar la planificación y ejecución de misiones. Además, su capacidad de observación aérea lo hace valioso en misiones de búsqueda y rescate.

Más allá del ámbito militar, el *Scan Eagle* también se ha empleado en apoyo a entidades civiles, en tareas como control de fronteras, detección de incendios forestales y vigilancia de infraestructuras críticas.

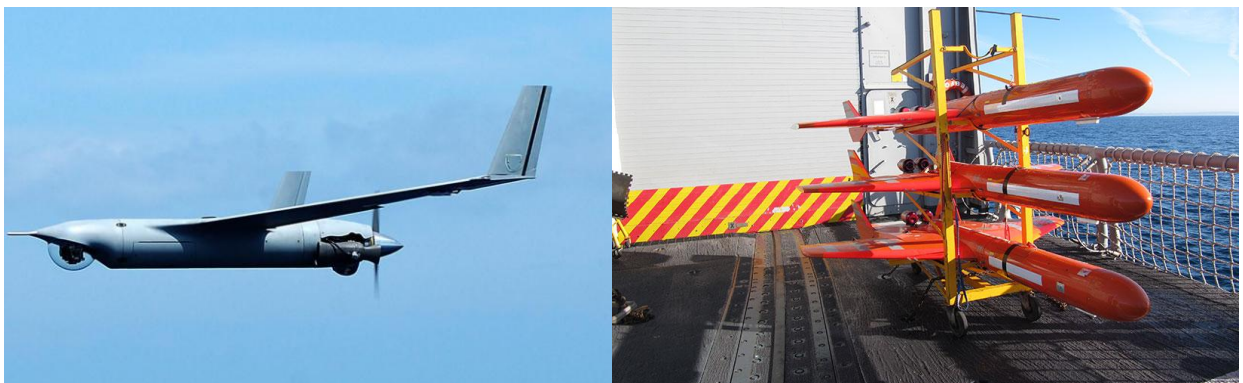


Figura 2-7 Scan Eagle [11] y SCRAB-II [12]

Por otro lado, el SCRAB-II, mostrado en la Figura 2-1 cumple una función de entrenamiento dentro de la Flota, actuando como blanco en ejercicios de tiro antiaéreo y pruebas de misiles, lo que permite mejorar la precisión y preparación de las unidades de la Armada. Su función principal es simular amenazas aéreas reales, proporcionando un objetivo dinámico y controlado. Cumplen un papel esencial en el fortalecimiento de la defensa aérea de la Flota proporcionando un sistema de entrenamiento avanzado que contribuye al perfeccionamiento de las tácticas y la preparación del personal de sistemas de defensa naval.

La integración de los UAVs en la Armada ha fortalecido significativamente las capacidades de vigilancia, reconocimiento y adiestramiento de la Flota. Gracias a su participación en operaciones clave como la Operación Atalanta, así como en ejercicios internacionales, la escuadrilla ha demostrado ser un

recurso estratégico indispensable para la Armada. Su versatilidad y capacidad de adaptación garantizan que se continúe fortaleciendo su operatividad y respuesta en escenarios de alta exigencia [13].

### 2.3 Realidad extendida.

La Realidad Extendida (XR), concepto mostrado en la Figura 2-8, es un término que engloba todas aquellas tecnologías inmersivas que combinan elementos digitales con el mundo físico e incluye la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM) [14]. Su propósito es modificar la percepción del usuario mediante distintos niveles de interacción con lo digital, desde la inmersión total en un entorno virtual, la superposición de elementos digitales sobre un mundo real, hasta la combinación de interacción de ambos mundos en tiempo real, [15]. Estas tecnologías han evolucionado significativamente gracias a los avances en inteligencia artificial, procesamiento en tiempo real y dispositivos como gafas inteligentes, cascos de realidad virtual y sensores de movimiento.

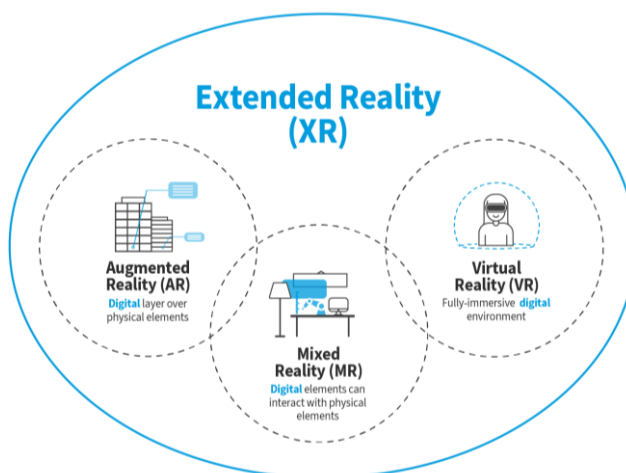


Figura 2-8 Concepto paraguas de la Realidad Extendida [14]

#### 2.3.1 Principales enfoques

La Realidad Extendida se define como cualquier tecnología que modifique nuestra percepción de la realidad mediante la adición de elementos digitales o la inmersión total en un entorno virtual diferenciando tres enfoques, mostrados en la Figura 2-9, dependiendo la interacción entre el mundo virtual y el real.

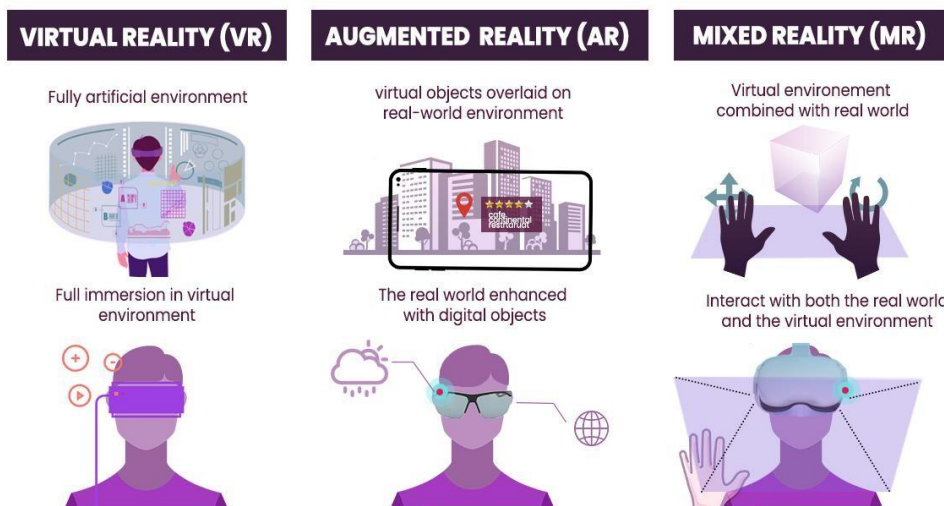


Figura 2-9 Comparación de los tres conceptos RV, RA, RM [16]

- Enfoque de inmersión total - Realidad Virtual (RV):** Este término comprende las tecnologías que se basan en la creación de entornos completamente digitales en los que el usuario se sumerge totalmente, eliminando por completo la percepción del mundo real. Este enfoque se ha desarrollado principalmente en el uso de *headsets* de VR y sensores de movimiento. Las aplicaciones más destacadas de esta tecnología se dividen en tres sectores profesionales. Por un lado, está la creación de simuladores para el entrenamiento militar y profesional. Por otro lado, en el sector médico se ha desarrollado simulaciones de cirugías y tratamientos para la terapia de trastornos psicológicos [17]. Por último, esta tecnología ha impactado y evolucionado el mundo de los videojuegos inmersivos [18].
- Enfoque de superposición de información - Realidad Aumentada (RA):** Este término le da nombre a las tecnologías que integran elementos digitales en el mundo físico, sin reemplazarlo, superponiendo información a través de dispositivos como teléfonos móviles o gafas inteligentes. Las aplicaciones más destacadas son en el sector de la educación, industria y ocio. En educación permite a los estudiantes interactuar con modelos tridimensionales para mejorar la comprensión de conceptos como se puede ver en la Figura 2-10 Realidad Aumentada en educación [20]. En la industria, la AR se utiliza para guiar a los trabajadores en tareas de ensamblaje y mantenimiento, mostrando información relevante en tiempo real. Por último, en el sector del ocio, esta tecnología ha permitido mejorar la experiencia de compra con probadores virtuales y guías interactivas [19].



Figura 2-10 Realidad Aumentada en educación [20]

- Enfoque de fusión entre el mundo físico y digital - Realidad Mixta (RM):** Este término engloba a las tecnologías que combinan elementos de VR y AR permitiendo que los objetos digitales interactúen con el entorno real en tiempo real. Esto se logra mediante sensores avanzados y procesamiento en tiempo real, lo que permite una integración más natural entre ambos mundos. En la industria militar, la MR se está utilizando para entrenamientos avanzados y la integración con drones, mejorando la planificación y la estrategia táctica. En el sector ingenieril y la arquitectura, facilita la visualización de modelos 3D en entornos reales antes de la construcción. Por último, en la medicina, se usa para planificar cirugías y mejorar la formación médica mediante modelos interactivos.

Los tres enfoques reflejan la evolución de las tecnologías inmersivas. Estos enfoques han transformado diversos sectores, desde la educación y la salud hasta la industria y la defensa, abriendo nuevas oportunidades para la innovación y la optimización de procesos.

### 2.3.2 Aplicaciones en las Fuerzas Armadas

El Ejército de Tierra ha comenzado a integrar tecnologías de Realidad Extendida en sus programas de entrenamiento con el objetivo de mejorar la preparación operativa de sus combatientes. El uso de AR y VR está revolucionando la formación militar al proporcionar simulaciones más realistas y permitir la

práctica en escenarios controlados sin riesgos reales. Dos iniciativas destacan en esta transformación: el sistema de adiestramiento en RA del Regimiento de Caballería “Farnesio” nº 12 y el uso de la RV en la Escuela Central de Educación Física (ECEF).

El Regimiento de Caballería “Farnesio” nº12 ha desarrollado el primer sistema de adiestramiento basado en AR del ejército de Tierra. Este sistema, basado en el software URBAN, permite a los soldados visualizar su entorno físico con elementos digitales superpuestos equipándose con unas gafas de AR como se muestra en la Figura 2-11. Así, se combinan los beneficios de la inmersión virtual con la interacción en un espacio real, mejorando la preparación y la toma de decisiones en combate. Este sistema también integra simuladores de *VR Steel Beast*, lo que permite a los combatientes entrenar con blancos inteligentes generados digitalmente y disparar con armas airsoft, creando una experiencia que simula un enfrentamiento real sin los riesgos asociados a estos [21].



**Figura 2-11 Soldados del Ejército de Tierra haciendo prácticas con gafas de RA [21]**

El sistema URBAN está diseñado para ser desplegado en la Base “El Empecinado”, donde contará con un circuito de cámaras de televisión y un centro de control para registrar y analizar las sesiones de entrenamiento. Esto facilita la evaluación del desempeño de los soldados y además permite mejorar las tácticas de combate a partir del análisis de las simulaciones.

Por otro lado, la Escuela Central de Educación Física ha llevado a cabo un estudio sobre el impacto de la RV en la formación militar. Según la investigación, el uso de Realidad Virtual inmersiva permite a los combatientes entrenar en entornos altamente realistas donde se simulan situaciones de combate bajo condiciones extremas. Uno de los aspectos clave del estudio fue evaluar el efecto de la RV en la gestión del estrés de combate, concluyendo que la exposición a escenarios virtuales diseñados con alta precisión ayuda a los soldados a desarrollar respuestas tácticas más efectivas y a tomar decisiones en condiciones de presión extrema [22].

Para ello, se ha implementado el *Octopus Tactical Software*, un sistema que combina el entrenamiento físico y mental con simulaciones virtuales, proporcionando a los combatientes una formación más completa. Este software permite recrear enfrentamientos en entornos de intervención operativa, adaptándose a las necesidades específicas de cada unidad militar. La ECEF ha determinado que la RV mejora significativamente la preparación táctica, operativa y fisiológica del combatiente, además de optimizar el recurso y reducir los tiempos de entrenamiento [22].

La incorporación de la Realidad Extendida en el Ejército de Tierra representa un avance significativo en la modernización del entrenamiento militar. Gracias a estos sistemas, se puede ofrecer una preparación más eficiente y adaptada a los desafíos actuales, minimizando riesgos y maximizando el rendimiento de los soldados en combate.

La Armada española ha incorporado tecnologías de la Realidad Extendida en diversas áreas operativas, desde la optimización de maniobras marítimas hasta el entrenamiento de las dotaciones de submarinos. Estos avances permiten mejorar la eficiencia como la seguridad y la preparación del personal, mediante el uso de Realidad Aumentada y Realidad Virtual en escenarios que simulan las condiciones reales de operación. Uno de los proyectos más innovadores ha sido el desarrollo de un sistema de Realidad Aumentada para el aprovisionamiento en la mar. Según un informe de la Armada, se ha probado con éxito un sistema que permite a los oficiales mejorar la precisión de las maniobras de aprovisionamiento entre buques. Este sistema, basado en dispositivos electrónicos avanzados, proporciona información en tiempo real sobre la posición y la distancia relativa de los buques mostrado en la Figura 2-12, facilitando la operación incluso en condiciones de baja visibilidad. La información puede visualizarse a través de teléfonos móviles, tableta y gafas de Realidad Aumentada, lo que supone una mejora significativa en términos de seguridad y eficiencia [23].

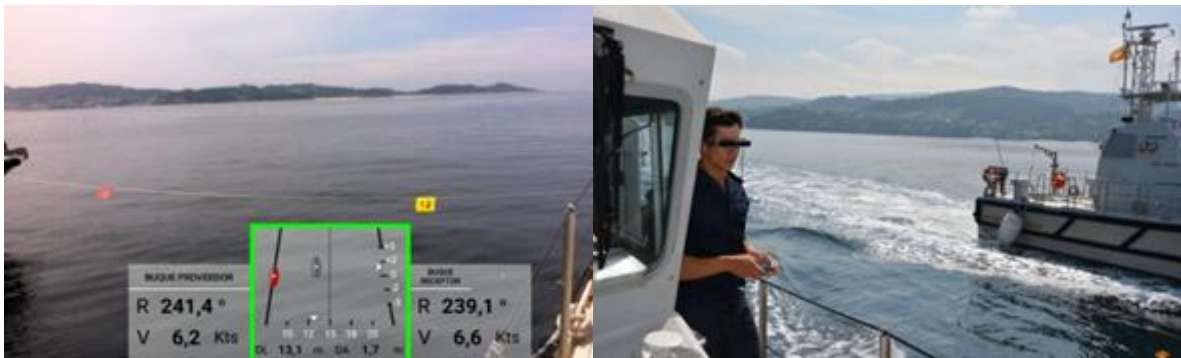


Figura 2-12 Sistema de Realidad Aumentada para la maniobra de aprovisionamiento [23]

Por otro lado, La Armada ha dado un paso importante en el entrenamiento de sus tripulaciones con el desarrollo del simulador *Navantis*. Este sistema, diseñado por la división de sistemas de Navantia, se emplea en la escuela de submarinos de Cartagena para la formación de las dotaciones de los submarinos de la Armada. *Navantis* permite a los alumnos recorrer un submarino en un entorno virtual, utilizando un avatar interactivo y gafas de Realidad Virtual como se muestra en la Figura 2-13. A través de este sistema, los tripulantes pueden familiarizarse con los espacios del submarino y entrenarse en la operación de distintos equipos antes de enfrentarse a una situación real [24].



Figura 2-13 Simulador *Navantis* [24]

El simulador *Navantis* es una evolución de los sistemas tradicionales y complementa a los simuladores tácticos y de control de plataforma que ya estaban en uso en la Armada. Gracias a su avanzada tecnología gráfica y motores de simulación, ofrece una experiencia inmersiva y flexible, que reduce costos de mantenimiento y mejora la escalabilidad de los entrenamientos. Además, se prevé su integración con simuladores de navegación y de combate, permitiendo prácticas de maniobras tácticas y ejercicios con armas y torpedos.

La implementación de estas tecnologías demuestra el compromiso de la Armada con la modernización de sus capacidades operativas punto la combinación de la Realidad Aumentada para operaciones navales y realidad virtual para entrenamiento de tripulaciones no solo optimiza los procedimientos actuales, sino que también abre la puerta a nuevas aplicaciones en el ámbito militar. Con estas herramientas, la Armada se posiciona a la vanguardia del uso de la Realidad Extendida en el ámbito naval. La incorporación de la realidad extendida en las Fuerzas Armadas ha supuesto una transformación significativa en la forma en que se entrena y opera en distintos escenarios militares. La realidad extendida ha demostrado ser una herramienta clave en la formación táctica y operativa, como se observa los simuladores de combate y los programas de entretenimiento. Estas tecnologías no solo permiten un aprendizaje más inmersivo y realista, sino que también agilizan la toma de decisiones. Con la evolución de dispositivos, interfaces inteligentes y sistemas de inteligencia artificial aplicados a la Realidad Extendida, las Fuerzas Armadas seguirán avanzando hacia un modelo de formación donde la tecnología jugará un papel cada vez más clave en la preparación y efectividad.

### 2.3.3 Realidad mixta (MR).

La Realidad Mixta es una tecnología que combina elementos del mundo real y del entorno virtual, permitiendo que ambos interactúen en tiempo real- Se sitúa en el continuo del mundo real y mundo virtual propuesto por Paul Milgram [25], donde la realidad aumentada y la realidad virtual se encuentran en los extremos opuestos y la realidad mixta ocupa una posición intermedia como se muestra en la Figura 2-14. La diferencia clave con la realidad aumentada es que la realidad mixta no solo superpones información digital al mundo real, sino que también permite la interacción entre objetos físicos y virtuales [26].

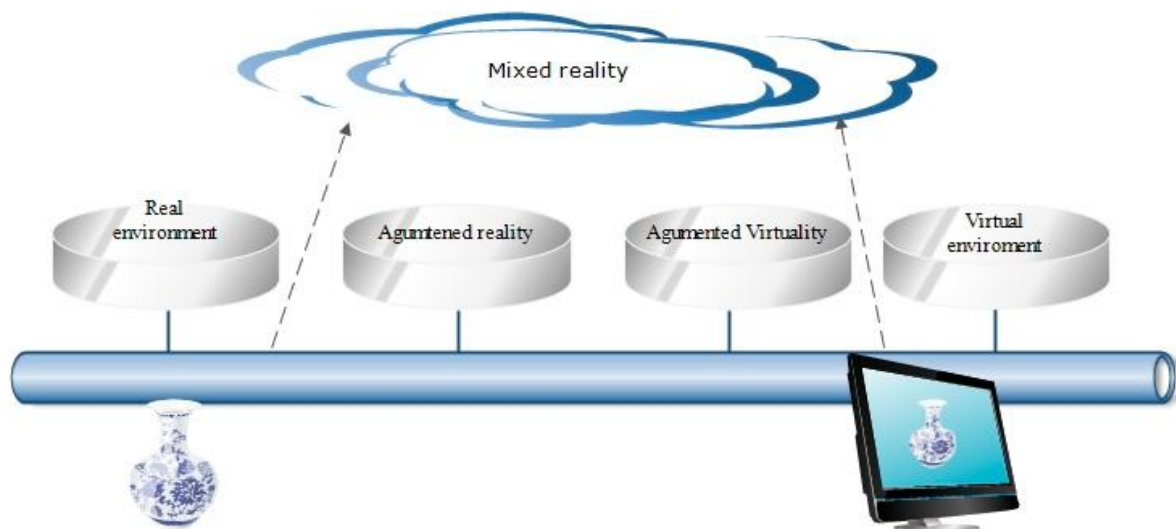


Figura 2-14 Concepto de realidad mixta [27]

Desde un punto de vista técnico, la realidad mixta emplea sensores avanzados, inteligencia artificial y procesamiento en tiempo real para alinear los objetos virtuales con los elementos del entorno real, creando una experiencia de inmersión e interacción de ambos mundos. Gracias a las tecnologías como rastreo ocular, sensores de profundidad, dispositivos hápticos y sistema de mapeo espacial, los usuarios pueden manipular objetos virtuales con sus manos y ver cómo estos responden a su entorno [20]. Este tipo de integración es clave en aplicaciones de entrenamiento militar, ingeniería y medicina, donde la combinación de datos reales y simulaciones digitales mejora la toma de decisiones y la eficiencia operativa [27]. Su funcionamiento se basa en un flujo de datos estructurado que integra varias capas tecnológicas, desde la captura del entorno hasta la retroalimentación del usuario.

El proceso que sigue la realidad mixta, mostrado en la Figura 2-15, comienza con la captura del entorno, donde sensores recopilan información detallada sobre el espacio físicos. Estos dispositivos

recopilan información detallada sobre el espacio físico. Una vez obtenidos los datos, estos son enviados a la fase de procesamiento, donde algoritmos de inteligencia artificial y *machine learning* analizan la información y generan modelos tridimensionales del entorno. Posteriormente, se pasa a la generación del entorno mixto, en la que los objetos virtuales son integrados en la escena real. Esta etapa se encarga de alinear los elementos de ambos mundos. La interacción usuario-sistema es un componente clave en la realidad mixta, permite que los usuarios manipulen los objetos digitales a través de gestos, comandos de voz y seguimiento ocular. Finalmente, el sistema de retroalimentación y ajuste optimiza la experiencia en tiempo real. A medida que el sistema aprende del comportamiento del usuario y adapta la interacción para ofrecer una experiencia cada vez más fluida y eficiente [27].

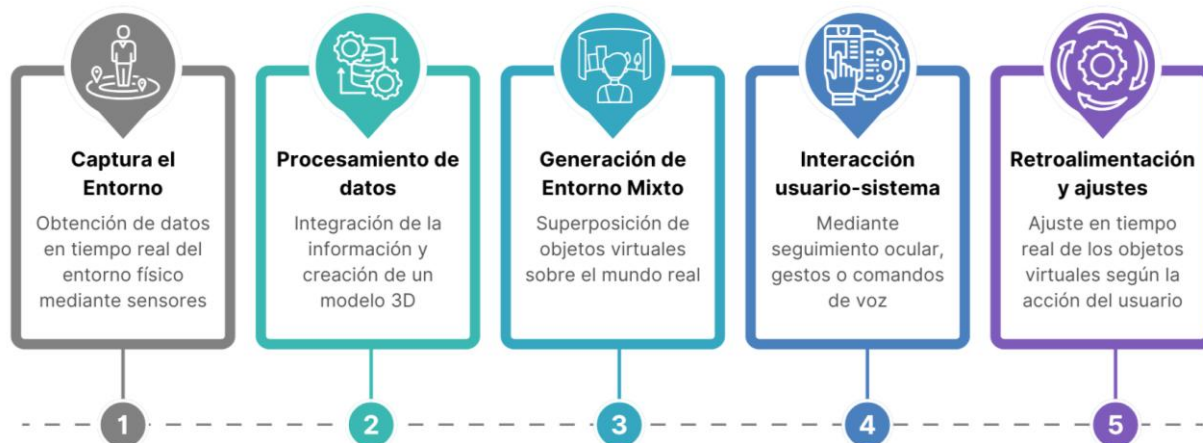


Figura 2-15 Esquema de funcionamiento de la Realidad Mixta

La integración de la realidad mixta con drones está revolucionando su navegación, entrenamiento e interacción con el entorno. Al crear entornos inmersivos y seguros, esta tecnología mejora sus capacidades y accesibilidad en diversas aplicaciones. Con el avance de la investigación, se espera que estos sistemas sean cada vez más sofisticados, optimizando el entrenamiento, la navegación y la colaboración entre humanos y drones.

El uso de la realidad mixta en el entrenamiento de pilotos de drones ha revolucionado la manera en que se adquieren habilidades de vuelo. Los sistemas de entrenamiento en realidad mixta permiten la creación de escenarios realistas donde los pilotos pueden practicar sin riesgos y mejorar su percepción espacial. Esta simulación no solo mejora la seguridad, sino que también acelera el proceso de aprendizaje al ofrecer una experiencia inmersiva y guiada. Además, la integración de elementos como interfaces de usuario avanzadas y controles adaptativos, facilita la transición del entrenamiento virtual al vuelo real [28].

### 2.3.3.1 Meta Quest 3.

Las Meta Quest 3 son unas gafas de realidad mixta lanzadas por Meta en octubre de 2023. Cuentan con una pantalla 4K+ Infinite Display de alta resolución, que permite una experiencia visual mucho más nítida y fluida en comparación con versiones anteriores. Gracias a sus sensores de seguimiento y cámaras de paso a color, estas gafas permiten una integración precisa entre el entorno físico y los elementos digitales proyectados, lo que mejora considerablemente la sensación de inmersión. Son utilizadas en videojuegos, formación colaborativa y robótica, pero también han comenzado a implementarse en áreas como el diseño industrial y la educación, donde su capacidad de visualización interactiva facilita procesos de aprendizaje y simulación. Su avanzada tecnología de pantalla y su capacidad de integración las convierten en una herramienta ideal para experiencias inmersivas que combinan elementos digitales con el mundo real [29]. Las gafas MQ3 mostradas en la Figura 2-16 serán las utilizadas en la elaboración de este trabajo gracias a su aplicación en entornos de realidad mixta.



Figura 2-16 Componentes de las Meta Quest 3 [29]

## 2.4 Informática gráfica.

### 2.4.1 Diseño asistido por ordenador (CAD)

El diseño asistido por ordenador es una herramienta fundamental en la ingeniería de diseño, que permite la creación, modificación y documentación de productos mediante software especializados. Su uso facilita la generación de modelos tridimensionales (sólidos o no) y el trabajo con planos 2D, ofreciendo una representación precisa y detallada de los objetos diseñados.

Una de sus principales ventajas es la capacidad de visualizar y modelar intuitivamente las piezas en un entorno digital, lo que permite a los diseñadores proyectar, modificar y optimizar sus productos con mayor eficacia. Además, en el caso de los modelos 3D, los sistemas CAD pueden generar automáticamente planos detallados, mejorando la comprensión del diseño por parte del personal cualificado. El empleo de CAD ha supuesto un impacto radical en la industria, ya que agiliza el proceso de desarrollo de productos, reduce los tiempos de diseño y permite almacenar, compartir y modificar fácilmente las diferentes fases de un proyecto sin las limitaciones del modelado tradicional [30].

Además, este tipo de software nos permite hacer el modelado, análisis del diseño y la visualización de este en la misma plataforma, facilitando así el proceso de diseño y disminuyendo el tiempo de este. En la Figura 2-17 se muestra el proceso de refinamiento de un prototipo que gracias a los sistemas CAD se hacen todo desde la misma aplicación [31].

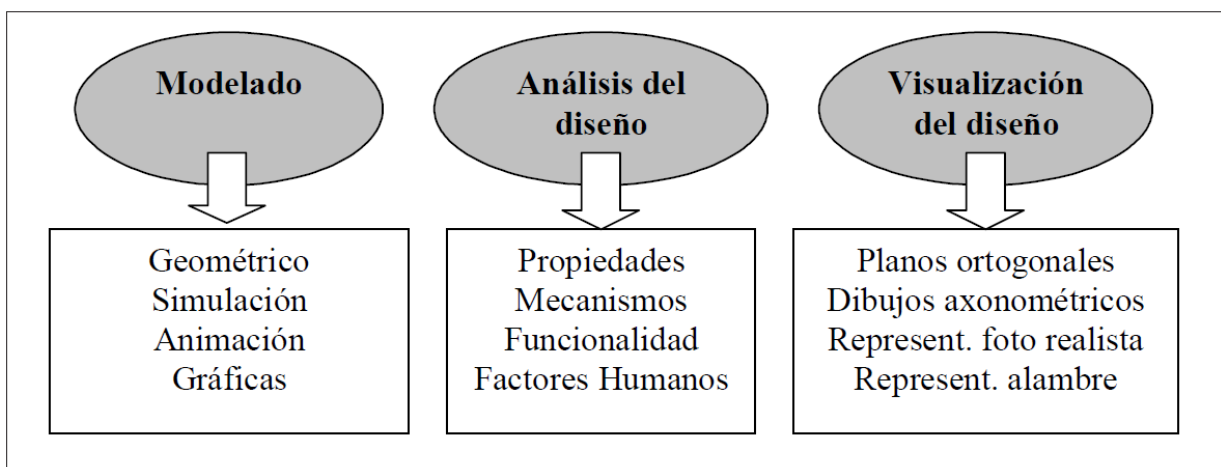


Figura 2-17 Proceso de refinamiento de un prototipo [31]

Este tipo de programas ofrece una serie de herramientas clave para facilitar el diseño como:

- **Dibujo y definición de la geometría**, para la creación precisa de modelos.
- **Cálculo de propiedades y simulación**, permitiendo predecir el comportamiento del diseño en diferentes condiciones.
- **Modificación y restricción de objetos**, facilitando ajustes rápidos sin rehacer el trabajo de ensamble.
- **Generación de documentación técnica**, necesaria para la fabricación y montaje de los productos.

En la actualidad, existen diversos programas de CAD en el mercado, como *AutoCAD*, *Pro/Engineer*, *SolidWorks*, *Catia*, *Solid Edge*, *TurboCAD* y *Autodesk Inventor*, siendo este último de especial de relevancia en el desarrollo de este trabajo.

### 2.4.1.1 Autodesk Inventor

*Autodesk Inventor* es un software de CAD 3D líder en el diseño mecánico, ampliamente utilizado en diversas industrias gracias su potente conjunto de herramientas. Su objetivo es mejorar la productividad, precisión y eficiencia del flujo de trabajo, convirtiéndolo en una opción ideal tanto para principiantes como para usuarios avanzados gracias a su interfaz intuitiva mostrada en la Figura 2-18.

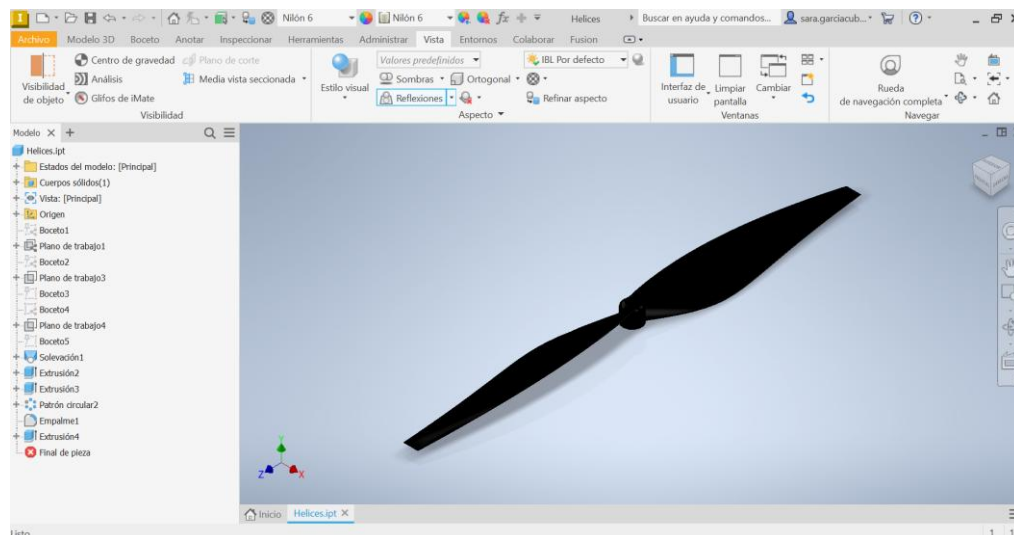


Figura 2-18 Interfaz del software Autodesk Inventor

Sus principales características y funcionalidades son las siguientes [32]:

- **Modelado y diseño 3D**, permite la creación de modelos paramétricos detallados, desde componentes simples hasta ensamblajes complejos, asegurando que todas las piezas encajen correctamente.
- **Simulación y análisis**, incluye herramientas de análisis de esfuerzos y simulaciones dinámicas, verificando la integridad y el rendimiento antes de la fabricación.
- **Optimización de productividad y flujo de trabajo**, tiene la capacidad de la automatización de tareas repetitivas con *iLogic*, facilidad en la creación de componentes estándar con *Design Accelerators* y además permite el intercambio de datos con otros sistemas CAD para mejorar la colaboración.
- **Gestión del Diseño y documentación**, ofrece herramientas para la creación de dibujos técnicos detallados y planimetría, la gestión de archivos de proyectos y la documentación completa del diseño.

Autodesk Inventor es una solución integral de CAD 3D que combina modelado, simulación y optimización, mejorando la eficiencia y precisión en diversas industrias.

### 2.4.2 Programación visual

La programación visual es un estilo de programación, también conocido como VPL (*Visual Programming Language*) en el que los elementos del lenguaje se representan mediante bloques gráficos, facilitando su uso sin necesidad de estructuras complejas. Sus características principales incluyen:

- **Visualidad:** Los componentes se integran en el programa mediante acciones de arrastrar y soltar.
- **Orientación a eventos:** Las operaciones del programa se activan por eventos previamente definidos.
- **Imperatividad:** La programación consiste en ejecutar en un orden determinado de comandos.
- **Orientación a objetos:** Hay objetos individuales que tienen unas funciones definidas previamente asignadas.

Los programadores utilizan bloques predefinidos para gestionar variables. Estos bloques encajan como un puzle y el editor detecta las incompatibilidades visuales. Además, se suelen organizar por colores para facilitar su identificación.

#### 2.4.2.1 Unreal Engine 5

*Unreal Engine* [33] es un software para la creación de videojuegos desarrollado por la empresa *Epic Games* y se puede acceder a través del programa *Epic Games Store*, que permite la creación de videojuegos y experiencias interactivas. En este trabajo se ha empleado la versión 5.5.

Este software proporciona herramientas avanzadas para el desarrollo de videojuegos y entornos virtuales, permitiendo la generación de archivos que replican las características de los objetos en el mundo real, la implementación lógica mediante VPL y la mejora del realismo a través de técnicas de renderizado.

Ofrece diversas opciones para el desarrollo de proyectos, incluyendo entornos en 2D, en primera persona (*First Person*), en tercera persona (*Third Person*), RV y RM.

En cuanto a la programación, el desarrollador puede elegir entre diferentes lenguajes de programación, incluyendo "*Blueprint*", que consiste en un lenguaje de programación visual. Este último es el que se utilizará en el desarrollo de este proyecto. Es una alternativa basada en nodos y bloques interconectados que facilita la programación.

## 3 DESARROLLO

### 3.1 Descripción del apartado

En el presente apartado se explicará el proceso de elaboración del Trabajo Fin de Grado, que está dividido en tres fases representadas en la Figura 3-1.



Figura 3-1 Diagrama de las fases del proyecto

Este apartado comienza con el estudio previo y el planteamiento del diseño. Continúa con el proceso de diseño del prototipo. Posteriormente se detalla el proceso de importación y programación al software de realidad extendida y por último el proceso de representación en realidad mixta.

### 3.2 Estudio previo

Antes de proceder con el desarrollo del modelo gráfico del dron aéreo de combate, es fundamental llevar a cabo un estudio previo que establezca las bases técnicas y metodológicas del proyecto. Este análisis permitirá definir las especificaciones y requisitos técnicos del modelo digital del UAV, determinando las estrategias de modelado, los procesos de ensamblaje y renderizado, así como su integración en un entorno de realidad mixta. Este análisis permitirá establecer una base sólida para las siguientes fases del proyecto.

#### 3.2.1 Elección del modelo base

Para el desarrollo del modelado gráfico de un dron aéreo de combate, ha sido fundamental tomar como referencia un UAV ya existente que cumpla con los requisitos operativos y tecnológicos deseados. En este sentido, se ha seleccionado el Bolt-M, un dron de combate de última generación desarrollado por la empresa Anduril. Este modelo ha servido como base para definir las características estructurales y funcionales del dron diseñado en este proyecto, adaptándolo a las necesidades específicas del entorno de realidad mixta.

Para el desarrollo del dron de combate de este proyecto, se ha optado por tomar de referencia un dron multicóptero en lugar de otras configuraciones, como los UAV de ala fija o híbridos. Las principales razones para seleccionar un multicóptero como base del diseño han sido las siguientes:

- **Flexibilidad:** Su diseño no está condicionado por la estructura. Permite integrar distintos tipos de carga útil, como sensores, sin requerir cálculos aerodinámicos complejos, ya que sus sistemas de control ajustan automáticamente la estabilidad.
- **Maniobrabilidad:** Pueden moverse en cualquier dirección y mantener vuelo estacionara, lo que es ideal para misiones tácticas, vigilancia y posicionamiento estratégico.
- **Estabilidad:** Gracias a la placa controladora de vuelo, ofrecen gran estabilidad incluso en condiciones adversas.
- **Precisión:** Su capacidad de vuelo estático y ajustes de posición los hace ideales para reconocimiento, designación de objetivos y ataques guiados, además de permitir operaciones en espacios reducidos.

Gracias a estas características, los drones multicópteros se han consolidado como una de las opciones más versátiles y avanzadas en el ámbito militar. Su combinación de maniobrabilidad, precisión y capacidad de adaptación los convierte en la elección óptima para el desarrollo de este proyecto. Para seleccionar el modelo base del dron de combate desarrollado en este proyecto, se analizaron diversos UAVs militares multicóptero. La elección se basó en los siguientes criterios:

- **Integración de inteligencia artificial:** Se busca un dron con autonomía avanzada para toma de decisiones
- **Capacidad de combate:** Debe contar con opciones para integrar sistemas de armamento o apoyo táctico.
- **Capacidad de vigilancia y seguimiento:** Debe contar con sensores avanzados, como cámaras térmicas, ópticas de alta resolución.
- **Resistencia en entornos hostiles:** Debe ser capaz de operar en condiciones adversas.
- **Versatilidad y modularidad:** Se priorizan modelos que permitan integrar diferentes sensores.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se ha hecho una comparación de distintos drones multirrotores de uso militar, evaluando sus características y limitaciones para el desarrollo de este proyecto presentado en la Tabla 3-1.

<b>Modelo</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Características principales</b>	<b>Razón de descarte</b>
Ghost 4	Anduril	UAV táctico con IA avanzada, óptica multiespectral y capacidad de vigilancia y seguimiento.	No integra armamento, diseñado únicamente para misiones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento
Atlas Pro	Atlas Dynamics	Cuadricóptero militar resistente, con autonomía extendida y cámaras térmicas	Principalmente para vigilancia, sin integración de ataque autónomo
Kargu-2	STM	Dron Kamikaze con IA para ataques dirigidos	Limitado a misiones suicidas, sin capacidad de vigilancia y seguimiento
Bolt-M	Anduril	Dron de combate con IA, alta maniobrabilidad, óptica avanzada y modularidad para integrar sensores	Cumple con los requisitos establecidos

**Tabla 3-1 Comparación de multicópteros de uso militar**

Se analizaron distintos drones militares multihélices, como el *Ghost 4*, el *Atlas Pro* y el *Kargur-2*. Aunque los modelos *Ghost 4* y *Atlas Pro* destacan por su capacidad de vigilancia y seguimiento, carecen de integración ofensiva avanzada. El Bolt-M de la empresa Anduril, en cambio, combina la inteligencia artificial avanzada con una óptica de vuelo de alto rendimiento, ofreciendo tanto capacidades de seguimiento y vigilancia como integración modular de sistemas de ataque. Su diseño lo convierte en una plataforma versátil para operaciones tácticas.

El *Bolt-M*, mostrado en la Figura 3-2, ha sido seleccionado como modelo base debido a su combinación de inteligencia artificial avanzada, versatilidad modular y alto rendimiento en combate. Su capacidad para integrar sensores de vigilancia y seguimiento, junto con autonomía optimizada y diseño adaptable, lo convierten en la referencia ideal para el desarrollo del dron en este proyecto, asegurando que cumpla con los requisitos de autonomía, precisión y operatividad en entornos hostiles.

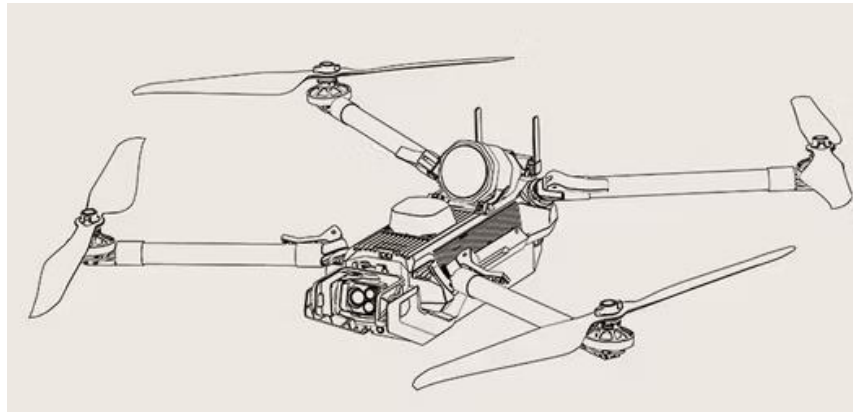


Figura 3-2 Modelo de dron Bolt-M de la empresa Anduril [34]

### 3.2.2 Elementos principales de un cuadricóptero

Para iniciar el proceso, se ha analizado en detalle las distintas partes esenciales de un UAV convencional, con el objetivo de comprender su estructura y funcionalidad [35]. Este análisis servirá como base para la posterior creación del prototipo digital en *Autodesk Inventor*, asegurando una representación precisa y optimizada del diseño. En la Figura 3-3 se pueden ver los elementos principales.

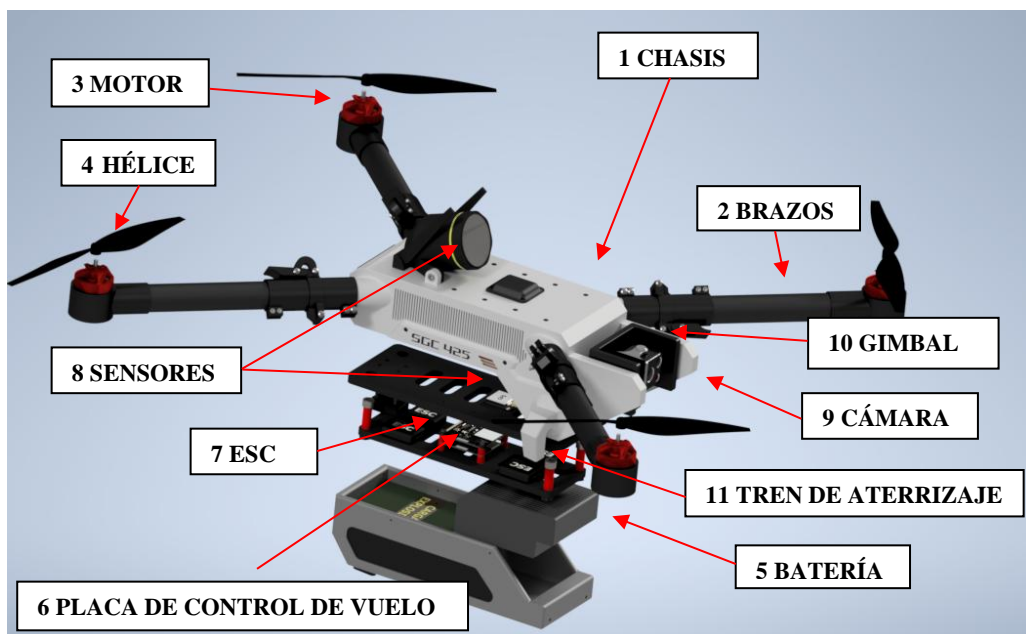


Figura 3-3 Partes de un dron cuadricóptero

## **1. Chasis/Marco del dron**

El chasis, también conocido como marco, constituye la estructura principal del dron y es el elemento que sostiene e integra sus componentes.

Su diseño no solo permite el ensamblaje adecuado de cada parte, sino que también influye en la aerodinámica y el rendimiento general del UAV. Además, la forma y dimensiones del chasis determinan en gran medida el tamaño y la configuración del dron.

## **2. Brazos**

Los brazos del dron son las piezas encargadas de soportar los motores y conectarlos a la estructura principal. Su longitud influye directamente en el rendimiento del UAV, ya que los brazos más largos proporcionan mayor estabilidad en vuelo, mientras que los más cortos favorecen a una mejor maniobrabilidad. En algunos diseños, estos componentes están integrados en el chasis, formando una estructura unificada en lugar de elementos independientes.

## **3. Motores**

Los motores son componentes esenciales en el funcionamiento de un dron, ya que proporcionan la energía necesaria para su propulsión y estabilidad en el aire. Se encuentran situados en los extremos de cada brazo del chasis y son los encargados de generar la fuerza de elevación que permite al UAV despegar, mantenerse en vuelo y maniobrar con precisión.

Los motores más utilizados en este tipo de drones son los motores eléctricos sin escobillas, son motores síncronos que funcionan con corriente continua. A través de un inversor, esta corriente se convierte en una señal alterna que regula el funcionamiento del motor. Para controlar su velocidad y potencia, se utilizan sensores y un sistema de electrónica de control que se explicará más adelante.

Los motores que son sin escobillas presentan mejores prestaciones que los motores con escobillas, como una mayor eficiencia energética, un mejor rendimiento en relación peso-potencia, mayor fiabilidad, menor ruido, aunque son más complejos. Debido a estas prestaciones que nos ofrece el motor sin escobilla, ha sido el seleccionado para el diseño [36].

## **4. Hélices/Aspas**

Los motores, por sí solos, no pueden generar la elevación del dron, ya que requieren la conexión con hélices, las cuales giran para producir la sustentación necesaria. Las hélices pueden ser de muchos tipos basados en su número de palas.

En este caso se usarán hélices de dos palas ya que destacan por su eficiencia y contribuyen a una mayor autonomía de vuelo. Son una opción ideal para misiones de larga distancia o exploración, ya que optimizan el consumo energético del dron [37].

Debido a las especificaciones previas anteriormente mencionadas, el dron que se va a diseñar no solo es de ataque, sino que también es de exploración por lo que este tipo de hélices son las más adecuadas.

## **5. Batería**

Los motores y demás componentes eléctricos y electrónicos del dron requieren una fuente de energía para su funcionamiento, la cual es suministrada por una batería ubicada en el chasis. Existen distintos tipos de baterías para drones, siendo las más utilizadas las de Li-Po, debido a su alto rendimiento y capacidad para proporcionar una mayor autonomía de vuelo.

## **6. Placa de control de vuelo**

La placa controladora es uno de los componentes más importantes de un dron, ya que funciona como el “cerebro” del UAV. Su función principal es recibir y procesar la información proveniente del mando, el sistema de geolocalización, los sensores y otros elementos interconectados, al mismo tiempo emite las señales necesarias para regular los movimientos del dron durante el vuelo. Una de las principales

diferencias entre los drones multirrotores y otros vehículos, es la forma en la que se controlan. En un cuadricóptero, la complejidad de gestionar la velocidad de cada rotor hace imprescindible el uso de una controladora de vuelo. Esta consta de un procesador que interpreta las órdenes, calcula las reacciones y transmite esta información a los controladores de velocidad. Además, en la placa de control de vuelo suelen integrarse sensores esenciales para el funcionamiento del dron.

## 7. Reguladores de velocidad

También conocidos como ESC (*Electronic speed controllers*), estos dispositivos desempeñan un papel fundamental en la regulación del vuelo del dron. Su función principal es controlar la velocidad de los motores de acuerdo con las órdenes enviadas por la controladora de vuelo. Los ESC *brushless*, en particular, ofrecen una alimentación trifásica de bajo voltaje que permite una variación más suave y precisa de la velocidad del motor.

## 8. Sensores

Como se ha comentado previamente, la placa de control de vuelo, además de llevar sus procesadores, también tiene la capacidad de llevar integrada una serie de sensores. No hace falta que todos vayan integrados en la placa controladora, pero sí que estén interconectados para poder procesar la información.

- Sensor de velocidad: Mide la velocidad de desplazamiento del dron a través de la presión del aire que incide sobre el dispositivo.
- Sensores de altura y altitud: Funcionan mediante la detección de variaciones e la presión atmosférica para determinar la altura del dron en relación con el suelo y su altitud respecto al nivel del mar.
- Sensores de posición: Permiten localizar en tiempo real la ubicación del dron mediante conexión con sistemas de posicionamiento global, como el GPS.
- LiDAR (*Light Detection and Ranging*): Es una tecnología que emplea pulsos láser para generar modelos tridimensionales del entorno. En el ámbito de los drones, esta tecnología es fundamental para la navegación automatizada, ya que permite al UAV escanear su entorno en tiempo real, detectar obstáculos y mapear terrenos con alta precisión.
- Telémetro laser: Es un dispositivo que mide con precisión la distancia a un objetivo mediante un haz láser. En un dron aéreo de combate, se usa para la adquisición de objetivos, cálculo de trayectorias y apoyo en la navegación y putería en misiones tácticas
- Radio receptor: Es el encargado de interpretar la señal enviada desde el control remoto.

## 9. Cámara

La cámara es un componente clave en un dron cuando se utiliza para captura de imágenes aéreas o filmaciones. Aunque no todos los UAVs la incluyen de serie, es uno de los accesorios más comunes, por lo que la estructura del dron suele estar diseñada para permitir su instalación en la base.

En nuestro caso, la cámara es un elemento esencial, ya que el dron será utilizado tanto para misiones de vigilancia como de ataque. Esto hace imprescindible contar con un sistema de grabación de alta precisión que permita obtener imágenes en tiempo real, facilitando tanto la identificación de objetivos como el monitoreo del entorno operativo.

## 10. Gimbal

Este componente es clave para la estabilización de la cámara durante el vuelo, evitando que las vibraciones de los motores afecten la calidad de las imágenes. Se instalan entre el chasis y la cámara, actuando como amortiguador para mantenerla nivelada y controlada en todo momento. Gracias a este sistema, se pueden obtener grabaciones aéreas fluidas y de alta calidad, ya que absorbe todas las vibraciones y movimientos del dron.

## 11. Tren de aterrizaje

El tren de aterrizaje es un componente fundamental para proteger la integridad del dron al tomar contacto con el suelo. Situado en la parte inferior de la estructura, mantiene una distancia adecuada entre el cuerpo del dron y la superficie, evita daños en su componente.

## 3.3 Modelado

A continuación, se describirá el proceso de modelado 3D del dron aéreo de combate. Para ello, se ha utilizado el software Autodesk Inventor, una herramienta CAD especializada en diseño mecánico. Este software permitirá la creación digital de cada uno de los componentes del dron y su ensamblaje. Como base para el diseño, se han tomado las dimensiones y características del Bolt-M de Anduril, empleando su estructura como referencia para desarrollar un modelo optimizado y adaptado a las necesidades del proyecto.

### 3.3.1 Toma de medidas

Uno de los principales retos a la hora de abordar el modelado ha sido la falta de acceso a sus dimensiones oficiales. Al tratarse de un dron con capacidades tácticas y carga explosiva, la información relativa a sus características físicas y estructurales es confidencial, por lo que el fabricante no proporciona planos ni medidas en ninguna fuente pública.

No obstante, dado que el objetivo de este trabajo no es la fabricación del dron, sino su visualización estructural y funcional mediante entornos de modelado y realidad mixta, no es esencial el conocimiento exacto de las medidas. Por ello, el criterio más relevante durante el proceso de diseño ha sido mantener la proporcionalidad y una estética realista y coherente con el modelo original. En consecuencia, se han adoptado métodos alternativos para estimar las medidas del dron de forma razonable, combinando datos técnicos de componentes reales con técnicas de escalado sobre imágenes de referencia, con el fin de lograr una representación visual realista y coherente respecto al modelo de referencia.

Para iniciar el modelado del dron, se optó por comenzar con aquellos elementos de los que sí se dispone de información dimensional precisa como los componentes electrónicos presentes habitualmente en sistemas de aeronaves no tripuladas. Las medidas se obtuvieron consultando las fichas técnicas oficiales proporcionadas por los fabricantes de cada uno de estos elementos, disponibles en catálogos comerciales o páginas web especializadas. Estas hojas de datos ofrecen dimensiones exactas en milímetros, tolerancias y en algunos casos, modelos tridimensionales de referencia.

Contar con las dimensiones reales de estos elementos ha sido clave para establecer una base de escala fiable y coherente dentro del ensamblaje, sirviendo además como punto de partida para estimar las dimensiones del resto del dron. Además, este enfoque ha permitido garantizar que la distribución interna de los componentes dentro del chasis sea viable y verosímil, respetando el espacio que cada elemento ocuparía en un sistema real.

Una vez definidos y colocados los componentes electrónicos con dimensiones reales, fue necesario diseñar el chasis principal del dron. Dado que no se disponía de medidas oficiales Bolt-M, se optó por utilizar una imagen de perfil del modelo como referencia para obtener una estimación de las dimensiones exteriores. Para ello, se utilizó el software AutoCAD, que permite trabajar con precisión sobre imágenes. El proceso, mostrado en la Figura 3-4, consistió en lo siguiente:

#### 1. Importación de la imagen.

Para empezar el proceso se buscó una imagen donde saliera en un plano claro y ortogonal la imagen del dron con alguna referencia externa. Tras seleccionar la imagen que cumplía estas condiciones, se importó la fotografía lateral del dron al espacio de trabajo de AutoCAD. En la que se apreciaban con claridad tanto el chasis como la mano de una persona en contacto con el dispositivo. Esta imagen sirvió como base para una estimación dimensional del modelo. A partir de esta imagen se han ido sacando el resto de las dimensiones del modelo.

## 2. Referencia de escala.

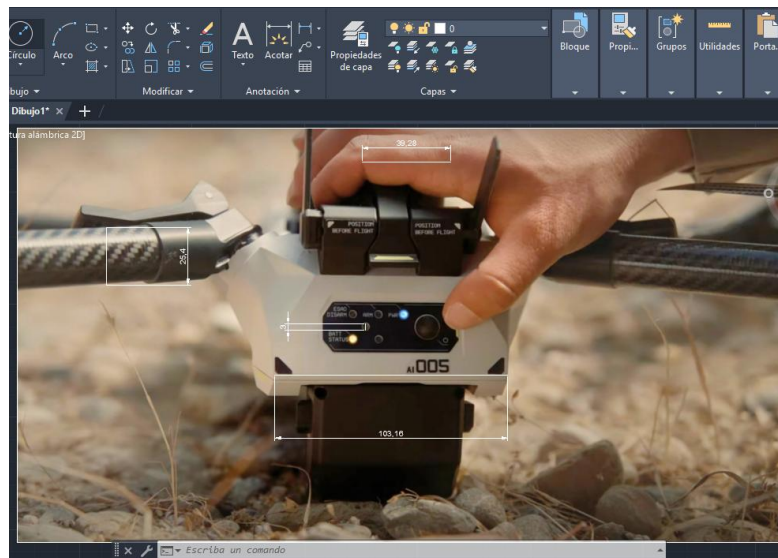
Se identificó como elemento de referencia uno de los LEDs del panel de control, cuyo tamaño estándar es bien conocido en el mercado electrónico. En concreto, se asumió que se trataba de un LED de 3 mm de diámetro, el más común para ese tipo de aplicación.

## 3. Ajuste y validación de escala.

Se aplicó una escala proporcional a toda la imagen de modo que la medida conocida coincidiera con la medida real. Una vez hecho esto, el resto de las partes visibles del dron podían medirse directamente sobre la imagen escalada. Como verificación adicional, se utilizó la falange proximal del dedo índice masculino que aparece en la imagen, la cual suele tener una longitud aproximada de 38 mm. Esta comparación permitió confirmar que la escala era razonablemente precisa para el resto del modelo.

## 4. Medición del chasis.

Se trazaron líneas y cotas sobre el contorno del chasis y otros elementos visibles, lo que permitió obtener una aproximación fiable de las dimensiones externas del cuerpo principal del dron.



**Figura 3-4 Toma de medidas de referencia con AutoCAD**

Con este procedimiento no se ha pretendido alcanzar una exactitud milimétrica, sino generar un modelo proporcional y creíble, que mantenga una coherencia visual con el modelo real. A partir de estas dimensiones base se definieron el resto de los elementos estructurales, siguiendo criterios de escala y proporcionalidad consistentes con el modelo de referencia.

A partir de las dimensiones estimadas del chasis, y habiendo establecido una escala coherente basada en componentes reales, se procedió al diseño del resto de los elementos estructurales del dron, tales como los brazos, hélices, tren de aterrizaje, carenados y otros detalles externos. El diseño de estas piezas se llevó a cabo respetando en todo momento las proporciones globales del dron BOLT-M, basándose en diversas imágenes del modelo original desde distintos ángulos.

Este enfoque proporcional ha permitido obtener un modelo completo y detallado que, sin recurrir a medidas exactas, transmite una percepción visual fiel al dron original, siendo totalmente adecuado para los fines del proyecto, su visualización interactiva en entornos de realidad mixta.

### 3.3.2 Diseño

El proceso de diseño del dron de combate comienza con una planificación estructurada que garantice tanto la precisión geométrica del modelo como su funcionalidad dentro del entorno de simulación. La correcta representación de cada uno de sus componentes es crucial para obtener un modelo realista que

refleje las características estructurales de un dron real. El modelado consistirá en la creación de cada una de las piezas clave, asegurando que cumplan con criterios de realismo para su visualización en tiempo real. Posteriormente, el ensamblaje del modelo permitirá evaluar su cohesión estructural y su integración en el entorno de realidad mixta. Se ha comenzado el modelado por las piezas internas y los componentes electrónicos del dron, ya que la mayoría de las piezas están normalizadas. Esto permitirá asegurar la compatibilidad y precisión antes de diseñar las partes personalizadas del dron. Esta metodología progresiva, de dentro hacia fuera, facilita la organización del diseño y permite resolver interferencias o ajustes desde fases tempranas, minimizando posibles errores en el modelo final. Además, garantiza que el resultado sea funcional tanto a nivel estructural como visual.

### 3.3.2.1 Interior

La parte interior del dron constituye la estructura central donde se alojan los principales sistemas electrónicos y de control. En su diseño se ha priorizado una distribución eficiente del espacio para integrar de manera óptima el cuerpo principal, la placa del GPS, la placa de control de vuelo, el receptor de radio control y los ESC, mostrados en la Figura 3-5. Estos componentes trabajan en conjunto para garantizar la estabilidad, navegación y respuesta del dron en tiempo real. Además, el diseño del compartimento interior asegura la protección de estos elementos, optimizando la ventilación.

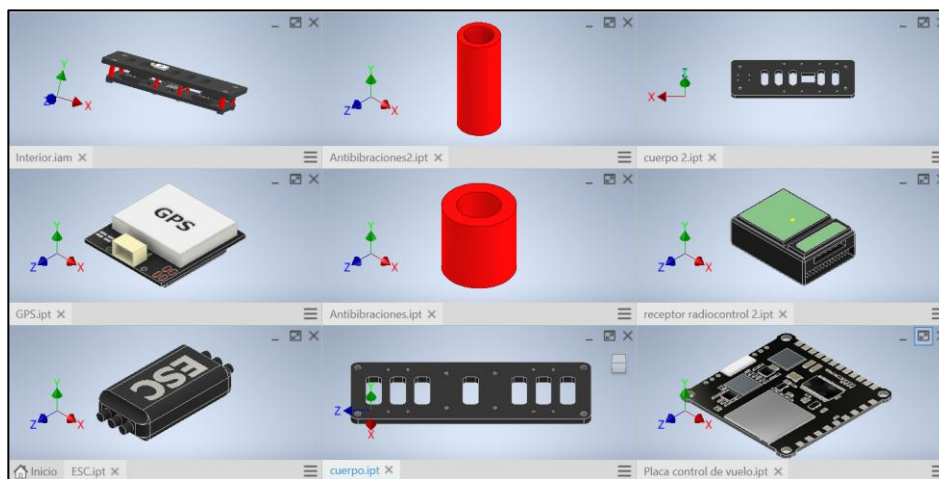


Figura 3-5 Componentes del interior del dron

#### 3.3.2.1.1 GPS

Para el diseño del módulo GPS del dron, se ha tomado como referencia el modelo BE-220, mostrado en la Figura 3-6 utilizando tanto sus dimensiones como sus características visuales para crear una réplica precisa en Autodesk Inventor.

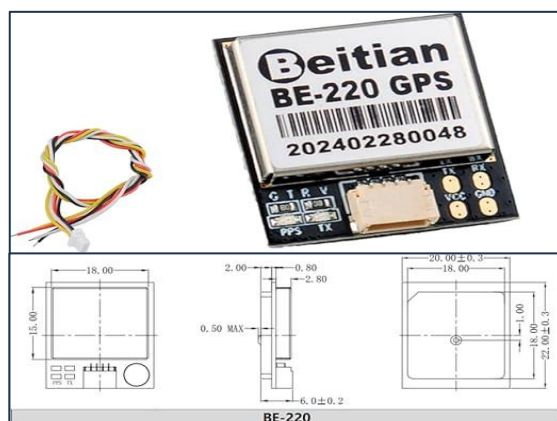


Figura 3-6 Módulo Receptor GPS modelo BE-220

El proceso de modelado ha comenzado con la creación de la base de la placa, definiendo su espesor y dimensiones de acuerdo con las especificaciones del componente real. A continuación, se han añadido los elementos principales, como el módulo receptor GPS, representado como un volumen rectangular sobre la placa, y el conector de datos, ubicado en la parte frontal. Posteriormente, se han incorporado los detalles característicos de la placa, como los pads de conexión y otros elementos gráficos, para aportar mayor realismo al diseño. Además, se han aplicado extrusiones y operaciones de empalme para suavizar los bordes y asegurar una representación fiel a la pieza real. En la Figura 3-7 se puede ver el modelado de esta pieza.

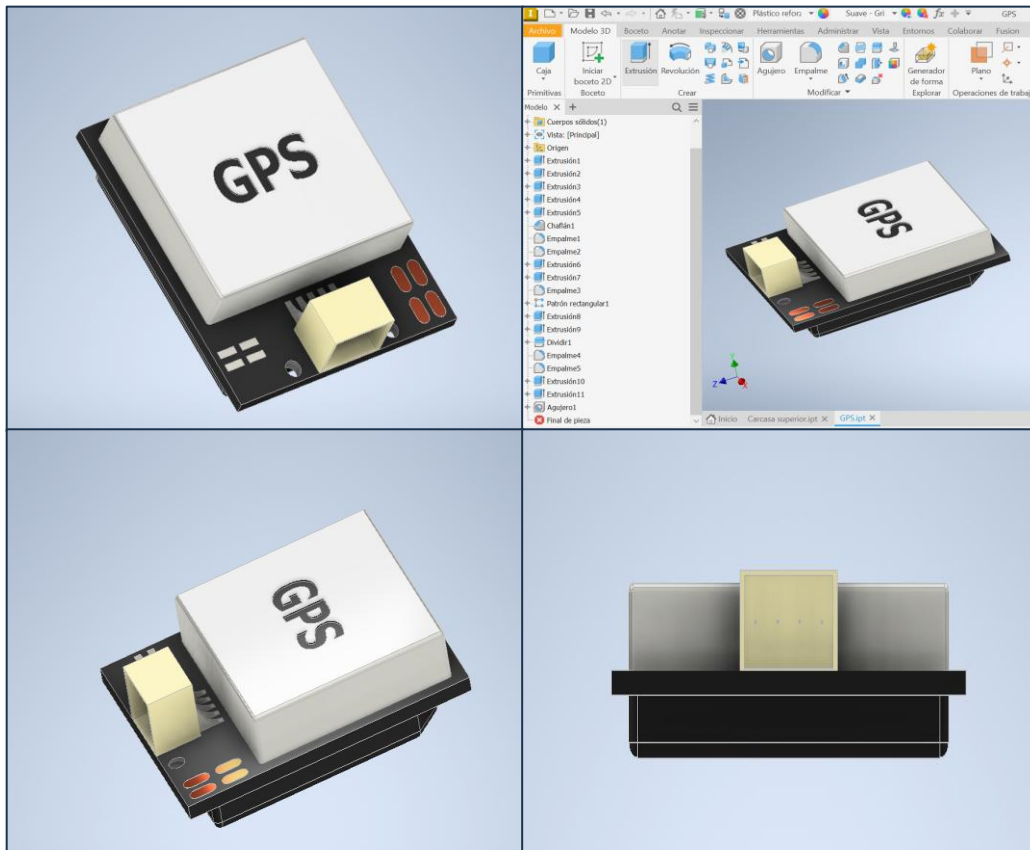


Figura 3-7 GPS

### 3.3.2.1.2 ESC

El modelado del ESC (Electronic Speed Controller) se ha realizado tomando como referencia el diseño de un regulador de velocidad comercial, utilizando sus dimensiones y forma como base para la reproducción en Autodesk Inventor, mostrado a la izquierda en la Figura 3-8.

El proceso ha comenzado con la creación del cuerpo principal, una geometría rectangular con bordes suavizados para representar la carcasa protectora del componente. Se han añadido los conectores de entrada y salida en ambos extremos, asegurando una disposición realista de los cables que permiten la conexión con la batería y los motores del dron

. Posteriormente, se ha incorporado el marcado de identificación "ESC" en la parte superior del dispositivo, facilitando su reconocimiento dentro del ensamblaje del dron. Para finalizar, se han aplicado empalmes y chaflanes en las zonas de unión entre la carcasa y los conectores, proporcionando un acabado más realista y acorde con la apariencia del componente original.

Este modelo digital del ESC será integrado en el diseño final del dron, asegurando su correcta ubicación dentro del compartimento electrónico y permitiendo su conexión con los demás sistemas de control y alimentación. La pieza realizada se muestra en la derecha de la Figura 3-8.

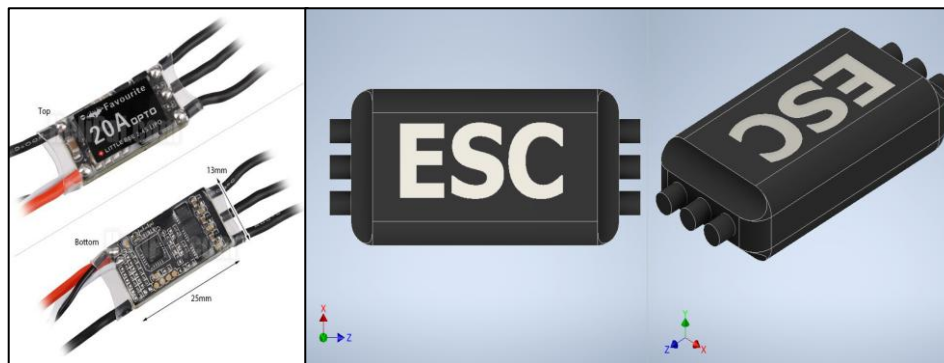


Figura 3-8 ESC

### 3.3.2.1.3 Placa de control de vuelo

Para la creación de la placa de control de vuelo, se ha tomado como referencia un modelo real, replicando su geometría y distribución de componentes con el fin de integrarla correctamente en el ensamblaje del dron.

El proceso de modelado comenzó con la generación de la base, estableciendo sus dimensiones exactas (36 mm x 36 mm) y definiendo los orificios de montaje en cada esquina para permitir su fijación dentro del cuerpo del dron. A partir de esta base, se han añadido los principales componentes electrónicos, tales como condensadores, chips de procesamiento y módulos de comunicación, utilizando volúmenes extruidos y operaciones de chaflán y empalme para dar realismo a la estructura. Se han replicado también los *pads* de conexión alrededor del borde de la placa, esenciales para la soldadura de cables y conectores, asegurando su correcta representación en el modelo digital. Además, se ha incluido un detalle ampliado en una de las esquinas de la Figura 3-9 para resaltar la precisión en la creación de los orificios de montaje.

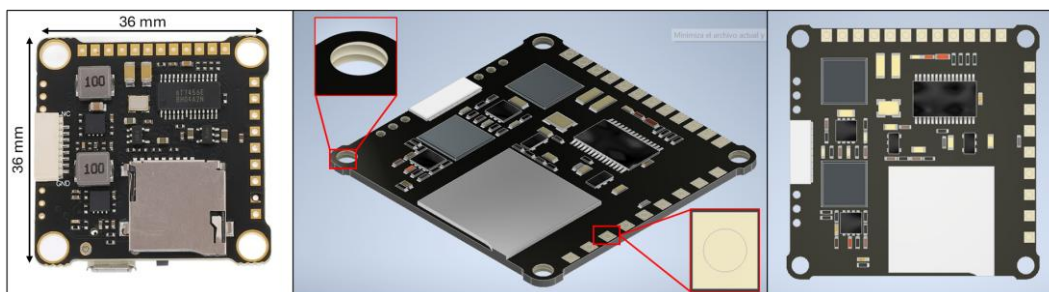
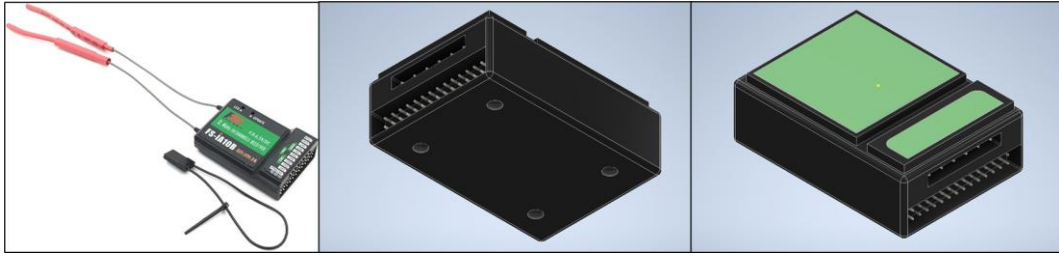


Figura 3-9 Placa de control de vuelo

### 3.3.2.1.4 Receptor radio control

Para el diseño del receptor de radio control, se ha tomado como referencia un modelo comercial, replicando su forma y dimensiones en Autodesk Inventor para asegurar una representación precisa dentro del ensamblaje del dron.

El proceso de modelado ha comenzado con la creación del cuerpo principal, una estructura rectangular con bordes suavizados para simular la carcasa protectora. A continuación, se han incorporado los puertos de conexión en uno de los laterales, permitiendo la integración de los cables de señal y alimentación. Posteriormente, se han añadido los elementos diferenciadores en la parte superior, como las superficies elevadas que representan la zona de la antena. Estos detalles, mostrados en la Figura 3-10, aportan un mayor nivel de realismo al modelo y permiten una mejor visualización de su disposición dentro del diseño del dron.



**Figura 3-10** Receptor radio control

### 3.3.2.1.5 *Cuerpo*

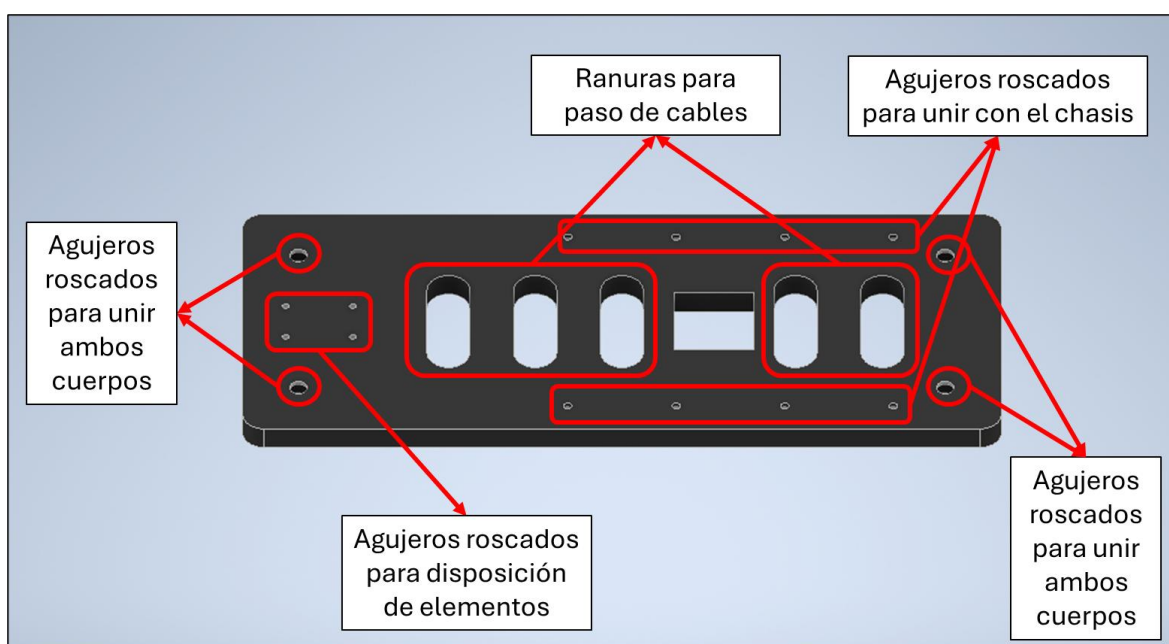
El cuerpo del dron se ha diseñado en dos partes diferenciadas: el cuerpo superior y el cuerpo inferior, permitiendo albergar todos los componentes electrónicos de manera organizada y asegurando un ensamblaje eficiente. Esta división ha sido esencial para el ensamblaje de los componentes, sobre todo para la colocación de la carga y de la batería.

#### *Cuerpo superior del dron*

El cuerpo superior ha sido diseñado como una pieza clave dentro de la estructura, ya que es donde se integrarán componentes esenciales como el GPS y el receptor de radio control. Su diseño ha sido optimizado para garantizar una correcta disposición de estos elementos, asegurando su fijación y estabilidad durante el funcionamiento del dron.

Las dimensiones de esta pieza han sido configuradas considerando el tamaño de todos los componentes electrónicos que albergará, permitiendo un ajuste preciso sin comprometer la estructura del dron. Además, se han tenido en cuenta aspectos como la ventilación y la accesibilidad a los conectores, facilitando la instalación y el mantenimiento de los sistemas internos.

El cuerpo superior, mostrado en la Figura 3-11, se fijará al chasis superior mediante tornillería, proporcionando una unión robusta que mantendrá los componentes en su posición incluso en condiciones de alta vibración. También se han realizado perforaciones estratégicas y ranuras para facilitar el paso de cables y la correcta disposición de los elementos electrónicos. Este diseño modular permite un montaje eficiente y una integración limpia de los sistemas, garantizando que la estructura del dron mantenga su funcionalidad sin interferencias en su rendimiento.

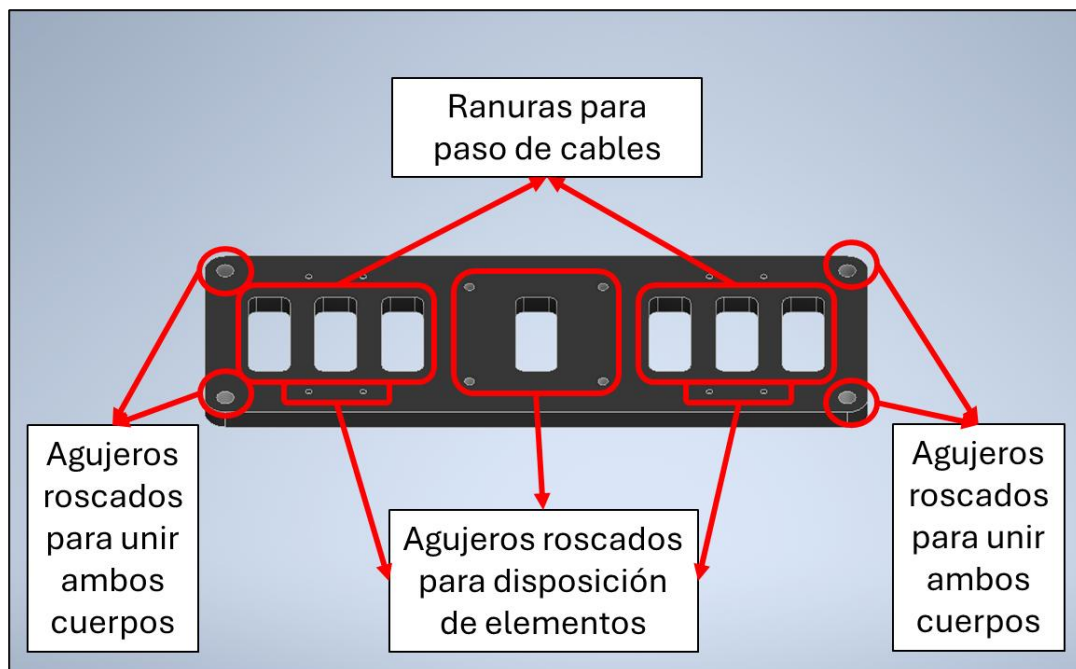


**Figura 3-11** Cuerpo superior

### *Cuerpo inferior del dron*

El cuerpo inferior del dron ha sido diseñado con especial atención para albergar la mayoría de los elementos esenciales del sistema. Esta parte de la estructura no solo proporciona soporte físico, sino que también cumple una función clave en la estabilidad general y el correcto funcionamiento del dispositivo. Su diseño robusto y funcional ha sido optimizado para permitir una integración eficiente de los componentes más críticos, como los sistemas electrónicos y de alimentación.

Dentro de esta sección se ubican elementos fundamentales, entre ellos la placa de control y otros módulos electrónicos que requieren tanto protección como una disposición ordenada. Para asegurar su instalación adecuada, el cuerpo inferior incorpora ranuras y perforaciones distribuidas estratégicamente. Estas aberturas permiten el paso ordenado del cableado, la ventilación necesaria, y la fijación segura de cada uno de los componentes internos, facilitando también tareas de mantenimiento o reemplazo. En conjunto, el diseño de esta parte del dron garantiza una base sólida para el ensamblaje interno, promoviendo la operatividad y confiabilidad del sistema en condiciones variables de uso. Para el modelado de este cuerpo se han usado principalmente herramientas de vaciado y agujeros roscados que se pueden ver en la Figura 3-12.

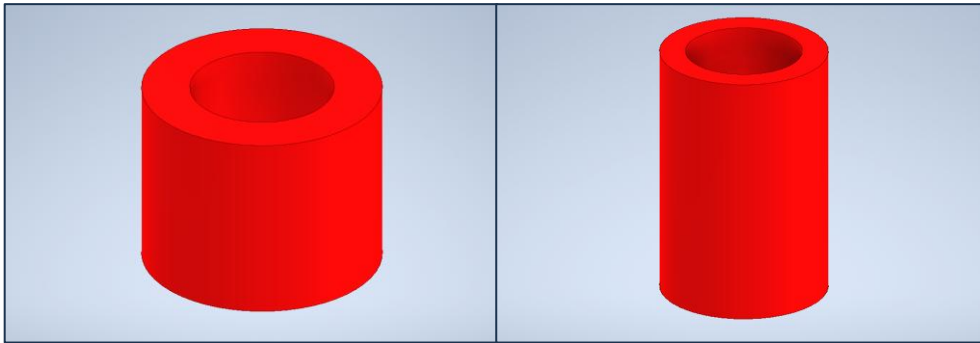


**Figura 3-12** Cuerpo inferior

### *3.3.2.2 Antivibrador*

Para minimizar las vibraciones generadas por los motores y el vuelo, se han diseñado antivibradores que se colocarán estratégicamente en el dron. Estas piezas tienen la función de absorber las vibraciones transmitidas a la estructura, evitando que interfieran con los componentes electrónicos sensibles, como la placa de control de vuelo y otros sensores. El modelado se ha realizado, creando dos variantes con diferente altura según su función, mostradas en la Figura 3-13:

- Antivibrador para separación de los cuerpos: Se trata de una pieza cilíndrica de mayor altura, cuya función es proporcionar un aislamiento entre el cuerpo superior y el cuerpo inferior del dron, reduciendo la transmisión de vibraciones entre ambas secciones.
- Antivibrador para separación de las placas de control de vuelo: Este modelo es más corto y se encarga de desacoplar las dos placas electrónicas, evitando que las vibraciones afecten la precisión de los sensores y el rendimiento del sistema de control.



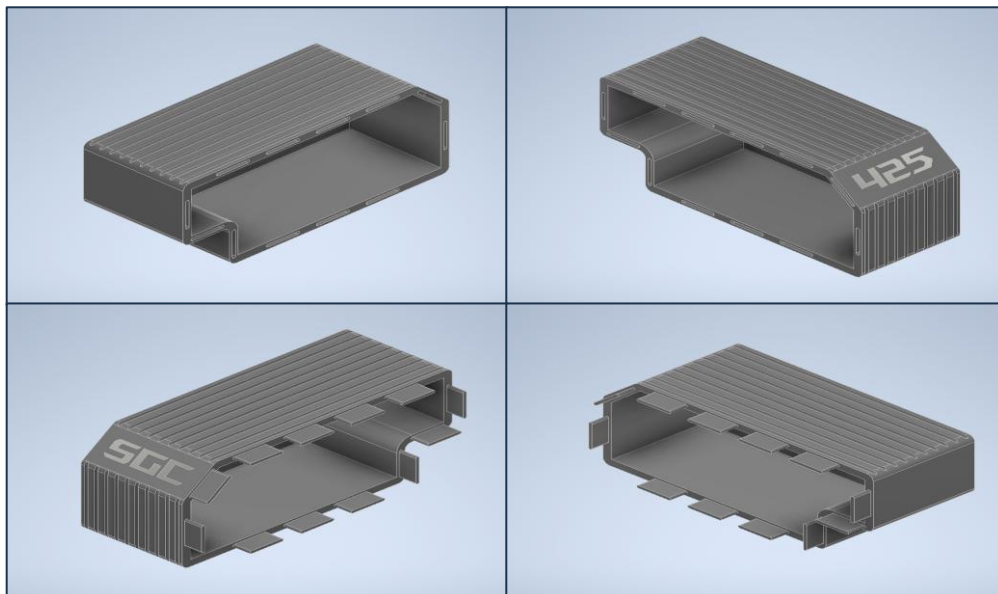
**Figura 3-13 Antivibradores**

Ambos antivibradores han sido diseñados con un orificio central para permitir el paso de los tornillos de fijación, garantizando un ensamblaje seguro dentro de la estructura del dron. Su diseño optimizado permite una instalación sencilla y una absorción eficaz de las vibraciones.

### 3.3.2.3 Batería

El diseño de la batería del dron se ha estructurado en dos partes principales: una pieza interna que simula el núcleo de la batería y una carcasa exterior que la protege y le da el acabado estético final. Este enfoque modular permite que la batería se integre correctamente en la estructura del dron, asegurando estabilidad y protección.

La carcasa de la batería está formada por dos piezas que se ensamblan entre sí mediante un sistema de ranuras y orificios de encaje, asegurando una sujeción firme y estable. Su diseño incorpora detalles funcionales y estéticos que mejoran tanto su integración en el dron como su apariencia. En su superficie, se han añadido ranuras decorativas que le otorgan un acabado más realista y un diseño técnico acorde con la estética general del dispositivo que se pueden ver en la Figura 3-14. Además, cuenta con un serigrafiado en los laterales que simula el modelo de la batería, aportando un nivel extra de detalle y personalización.



**Figura 3-14 Carcasas de la batería**

La pieza interna mostrada en la Figura 3-15, ha sido diseñada como un bloque sólido con dimensiones ajustadas para encajar perfectamente dentro de la carcasa. Su forma sencilla permite representar el volumen real de la batería, garantizando que el modelo final respete el espacio disponible dentro del dron.

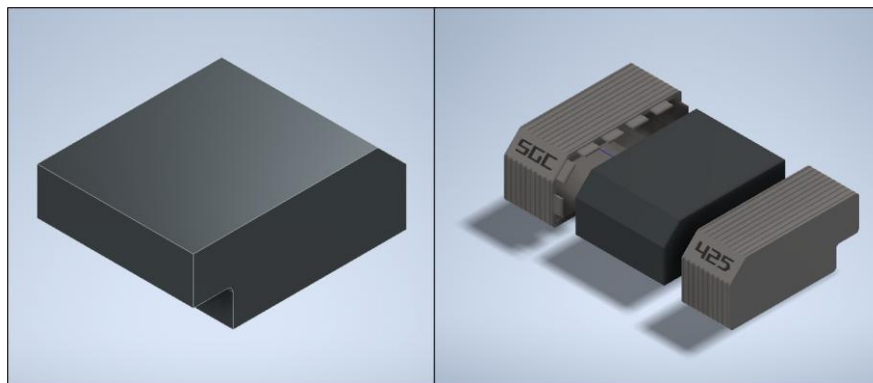


Figura 3-15 Batería y ensamble

Para garantizar un ensamblaje preciso, las carcasas incluyen guías y orificios estratégicamente distribuidos, facilitando su ajuste sin necesidad de elementos adicionales. El modelado de estas piezas en Autodesk Inventor se ha realizado mediante operaciones de extrusión, cortes y empalmes, logrando un diseño final que no solo cumple con criterios funcionales, sino que también mantiene un alto nivel de realismo en su representación.

### 3.3.2.4 Carga

Es importante destacar que el diseño de la carga explosiva presentado en este trabajo es orientativo y se ha realizado únicamente con el propósito de representar el espacio que ocuparía dentro del dron. No se ha llevado a cabo ningún estudio sobre el montaje real de una carga explosiva en este tipo de dispositivos, ni se ha considerado qué tipo de carga explosiva podría incorporar un dron de combate, ya que esta información no es divulgada por los fabricantes por razones de seguridad. Este proyecto se centra exclusivamente en la visualización de los componentes del dron y su integración dentro de la estructura.

El diseño de la carga, mostrado en la Figura 3-16, ha sido desarrollado asegurando que encaje correctamente dentro del compartimento inferior del dron. Para ello, se ha creado un bloque principal que simula el contenedor de la carga, con dimensiones adaptadas al espacio disponible en el modelo. El diseño de la carga ha sido desarrollado en Autodesk Inventor, asegurando que encaje correctamente dentro del compartimento inferior del dron. Para ello, se ha creado un bloque principal que simula el contenedor de la carga, con dimensiones adaptadas al espacio disponible en el modelo. Por último, se han incorporado elementos de fijación en la estructura de la carga, como tornillos y superficies de ensamblaje, para dar una mayor sensación de realismo en su integración con el cuerpo del dron. De esta forma, se ha logrado un diseño visualmente representativo que permite comprender cómo quedaría ubicada la carga dentro de la aeronave sin necesidad de entrar en especificaciones técnicas reales sobre explosivos.

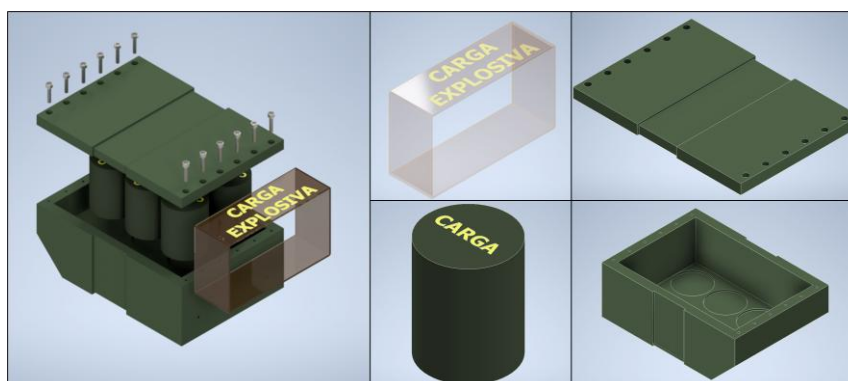


Figura 3-16 Conjunto de la carga explosiva

### 3.3.2.5 Brazos

El diseño de los brazos del dron ha sido desarrollado siguiendo la estructura del modelo Bolt-M, asegurando una forma aerodinámica y funcional para la correcta integración con el resto del ensamblaje. Se ha optado por un perfil circular, lo que no solo permite mantener la estética del modelo de referencia, sino que también contribuye a una mayor resistencia estructural.

Para facilitar el paso del cableado interno, se ha incorporado una ranura longitudinal a lo largo del brazo, asegurando una guía ordenada para los cables de alimentación y señal que conectan los motores con el sistema de control. En uno de los extremos, el diseño incluye un sistema de ranuras de encaje por apriete, optimizado para su integración con la pieza de acople del motor, garantizando una fijación segura sin necesidad de tornillería adicional. El modelado se ha realizado, utilizando operaciones de extrusión, revolución y cortes para lograr la forma deseada. Este diseño modular permite una fácil instalación y mantenimiento de los motores, al mismo tiempo que proporciona una estructura ligera pero resistente para soportar las cargas dinámicas durante el vuelo.

#### 3.3.2.5.1 Articulación del brazo

Esta pieza tiene un papel fundamental en la estructura del dron, ya que permite la articulación y plegado de los brazos, facilitando su almacenamiento y transporte sin comprometer la rigidez estructural del dispositivo. Además, actúa como conexión entre el chasis y los brazos, asegurando una fijación estable y funcional.

El mecanismo se basa en un sistema de bisagra con una pestaña de cierre, la cual permite que los brazos puedan moverse y bloquearse en la posición extendida. Este mecanismo se puede ver desglosado en la Figura 3-17, Este sistema garantiza que los brazos permanezcan firmes durante el vuelo y que, al liberarse la pestaña, puedan plegarse con facilidad. En la parte inferior del soporte, se han integrado ranuras de ajuste, que permiten el encaje preciso de los brazos del dron, asegurando una alineación correcta.

El diseño de este sistema de plegado se ha desarrollado desglosando el ensamblaje en varias piezas para facilitar el ensamblaje posterior. Los cilindros principales se han generado mediante una revolución, definiendo la estructura tubular donde se insertan los brazos del dron y el chasis en el otro lado. La pestaña de cierre se ha modelado como una pieza independiente con una geometría inclinada, permitiendo el movimiento de cierre y apertura, y se ha unido al cilindro mediante una bisagra para asegurar la fijación de los brazos en posición extendida. Por último, la pieza de fijación incorpora elementos que permiten sujetar la bisagra, reforzando la estructura del mecanismo y asegurando un plegado eficiente y resistente.

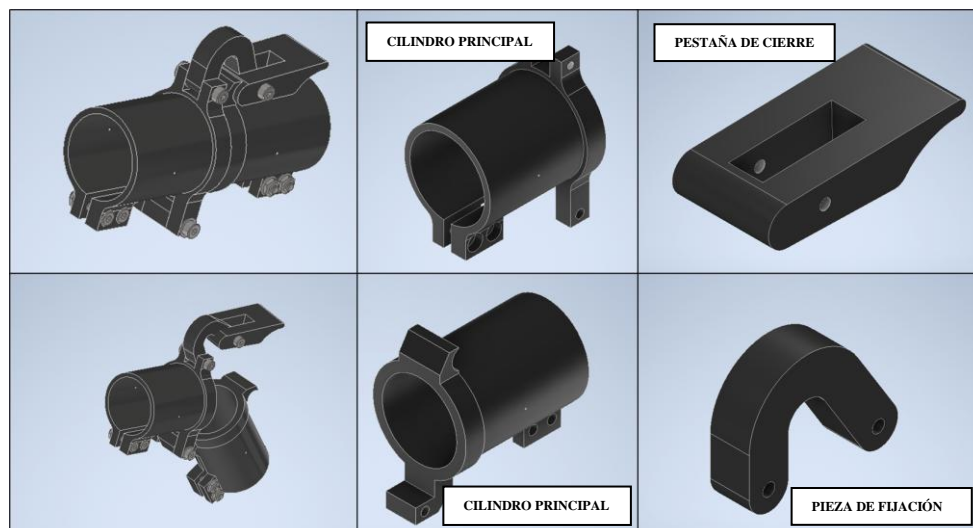


Figura 3-17 Articulación para el plegado de los brazos

### 3.3.2.6 Motor

El ensamblaje del motor del dron, mostrado en la Figura 3-18, está compuesto por varias piezas esenciales que permiten su correcto funcionamiento y fijación al brazo. El eje transmite el movimiento a las hélices, mientras que la bobina y el sistema magnético generan la rotación del motor. Los tornillos aseguran la estabilidad de los componentes, evitando desajustes durante la operación. Finalmente, el acople del motor al brazo proporciona una fijación firme, garantizando una alineación precisa y un rendimiento eficiente. Todo el diseño ha sido modelado asegurando que cada pieza encaje perfectamente dentro de la estructura del dron.

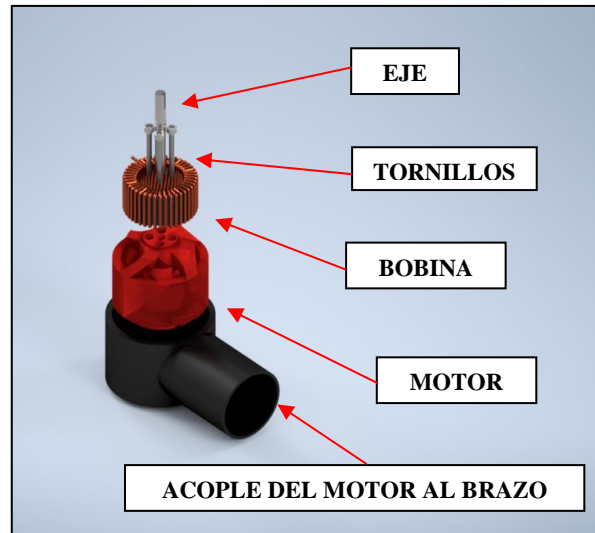


Figura 3-18 Conjunto del motor

Para el diseño del motor, se ha tomado como referencia un modelo *brushless* (sin escobillas), mostrado en la Figura 3-19, replicando su geometría y detalles clave para lograr una representación fiel dentro del dron. El modelado comenzó con la creación del cuerpo cilíndrico principal, asegurando que sus dimensiones se ajustaran a las especificaciones del motor real. Posteriormente, se añadieron las ranuras de ventilación y los soportes internos, que permiten disipar el calor y mejorar la eficiencia del motor. En la parte superior se han integrado los orificios de montaje, que permiten fijar el motor a su base, en este caso al acople del brazo. Además, en la parte inferior se han incorporado ranuras adicionales, diseñadas para mejorar la sujeción y garantizar un anclaje firme dentro del ensamblaje. Finalmente, se realizaron ajustes en la base para incorporar los elementos de conexión con el brazo del dron, asegurando un acople preciso y estable. Este diseño ha sido desarrollado utilizando operaciones de revolución, extrusión y cortes para lograr una forma detallada y funcional, asegurando que el modelo encaje correctamente en la estructura del dron.

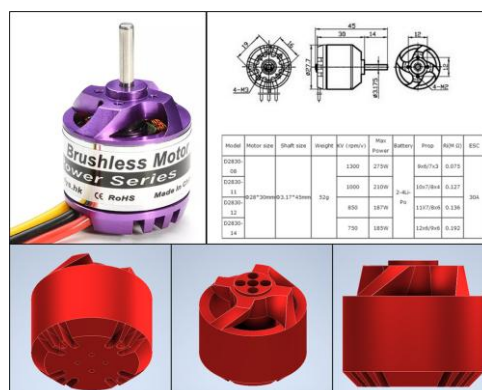


Figura 3-19 Motor

### 3.3.2.6.1 Bobina

El diseño de la bobina ha sido desarrollado para representar fielmente la estructura de un inductor toroidal, el cual es esencial en el funcionamiento del motor *brushless* del dron. Su modelado se ha centrado en la recreación del núcleo magnético y el devanado de cobre que lo rodea. El proceso comenzó con la creación del núcleo, que se ha modelado como un cuerpo sólido mediante una operación de revolución, definiendo su geometría circular característica. A continuación, se diseñó el bobinado de cobre, utilizando una serie de perfiles barridos a lo largo del contorno del núcleo, generando la apariencia realista del hilo conductor enrollado. Para mejorar la representación visual, mostrada en la Figura 3-20, se han añadido detalles como los extremos del cableado, los cuales sobresalen ligeramente para simular la conexión de la bobina con el sistema eléctrico del motor. Además, se han aplicado materiales y texturas en el software para resaltar el acabado metálico del cobre y el aislamiento del núcleo.

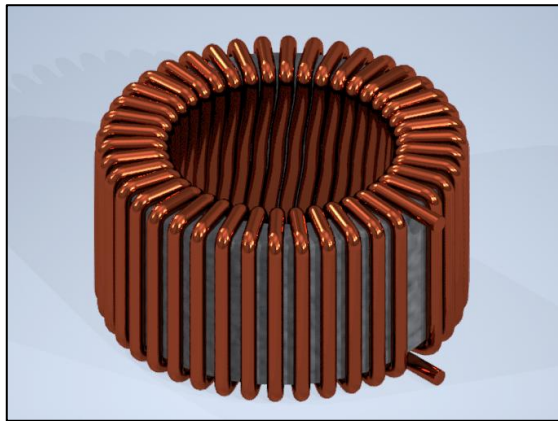


Figura 3-20 Bobina

### 3.3.2.6.2 Eje

En la Figura 3-21 se muestra el eje del motor que es un componente fundamental en la transmisión del movimiento a las hélices, garantizando que la potencia generada por el motor se transfiera de manera eficiente. Su diseño ha sido optimizado para encajar perfectamente dentro del sistema de propulsión del dron. El modelado comenzó con la creación de un cilindro sólido, definiendo su diámetro y longitud de acuerdo con las dimensiones del motor de referencia. Posteriormente, se añadió una ranura en la parte superior, diseñada específicamente para permitir un encaje por apriete de las hélices. Esta característica mejora la transmisión del par motor, evitando deslizamientos y asegurando que la hélice gire de manera sincronizada con el eje.

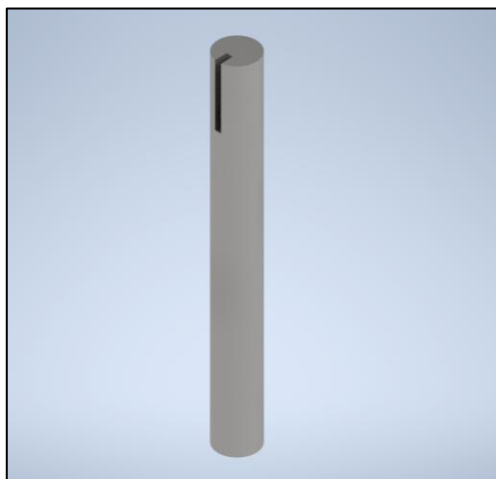


Figura 3-21 Eje

### 3.3.2.6.3 Acople del motor al brazo

El acople de los brazos, mostrado en la Figura 3-22, es una pieza esencial en la estructura del dron, ya que permite la unión entre el brazo del dron y el conjunto del motor. Su diseño ha sido optimizado para garantizar una sujeción firme mediante un sistema de ajuste por apriete, evitando el uso de tornillería adicional y asegurando una fijación estable durante el vuelo. El modelado comenzó definiendo la geometría cilíndrica principal, en la que se ha realizado un orificio con las dimensiones exactas del brazo, permitiendo un encaje preciso. Para mejorar la sujeción, se han añadido dos pestañas laterales que se acoplan con el brazo, reforzando la estabilidad del conjunto. Se han incorporado orificios para el paso del cableado, facilitando la conexión eléctrica entre los motores y los controladores del dron. Además, en la parte inferior se han añadido detalles geométricos que aportan mayor realismo visual al modelo sin afectar su funcionalidad. Se han utilizado operaciones de extrusión, revolución, patrones circulares y cortes, asegurando un modelo preciso y optimizado para su integración dentro del ensamblaje del dron.

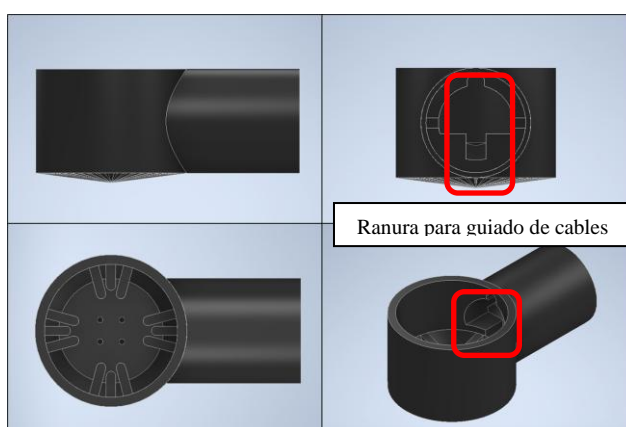


Figura 3-22 Acople del motor al brazo

### 3.3.2.7 Hélices

En la Figura 3-23 se muestran diferentes perfiles de las hélices. El proceso de modelado de las hélices se inició con la creación del perfil aerodinámico de la pala, basado en referencias comerciales. Se generó un boceto con la geometría de la pala en un plano de trabajo y se utilizó la herramienta de elevación para dar forma a la superficie aerodinámica a lo largo de su eje. Luego, se aplicó una elevación para definir la curvatura y el ángulo de ataque de la hélice, optimizando su eficiencia en la generación de empuje. El centro de la hélice fue diseñado con un orificio en la parte inferior, permitiendo el encaje del eje del motor. Además, se incluyó una pestaña que se inserta en la ranura del eje para asegurar la transmisión del par de giro, evitando deslizamientos. Finalmente, se realizaron ajustes en la geometría mediante la herramienta empalme para suavizar las transiciones y mejorar la aerodinámica.

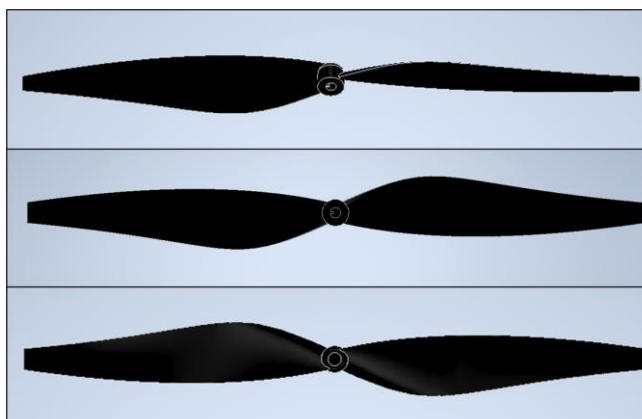


Figura 3-23 Hélices

### 3.3.2.8 Cámara

El diseño de la cámara del dron se ha desarrollado replicando la estética y configuración del sistema óptico del Bolt-M, integrando tres sensores que cumplen distintas funciones mostradas en la Figura 3-24.



Figura 3-24 Cámara y gimbal del modelo *Bolt-M* [38]

Para lograr un modelo fiel a la referencia, se ha comenzado creando la estructura cúbica principal, sobre la cual se han incorporado los distintos sensores y detalles ópticos. Se han utilizado herramientas de extrusión y revolución para dar forma a los objetivos, así como operaciones de cortes y chaflanes para definir la carcasa y sus bordes.

El sensor más grande, ubicado a la izquierda, simula el objetivo principal, encargado de capturar imágenes de alta calidad. En la parte superior derecha, se ha colocado el objetivo secundario, que complementa el sistema de visión con otro tipo de enfoque o espectro. Finalmente, en la parte inferior derecha, se ha integrado un telémetro láser, utilizado para medir distancias con precisión. Para lograr una representación realista, se ha trabajado en la aplicación de apariencias y reflejos, ajustando los materiales y el acabado superficial para que los lentes tengan un efecto similar al de una cámara real como se observa en la Figura 3-25. Se ha empleado una combinación de texturas reflectantes y transparencias, mejorando la percepción de profundidad en los sensores ópticos.

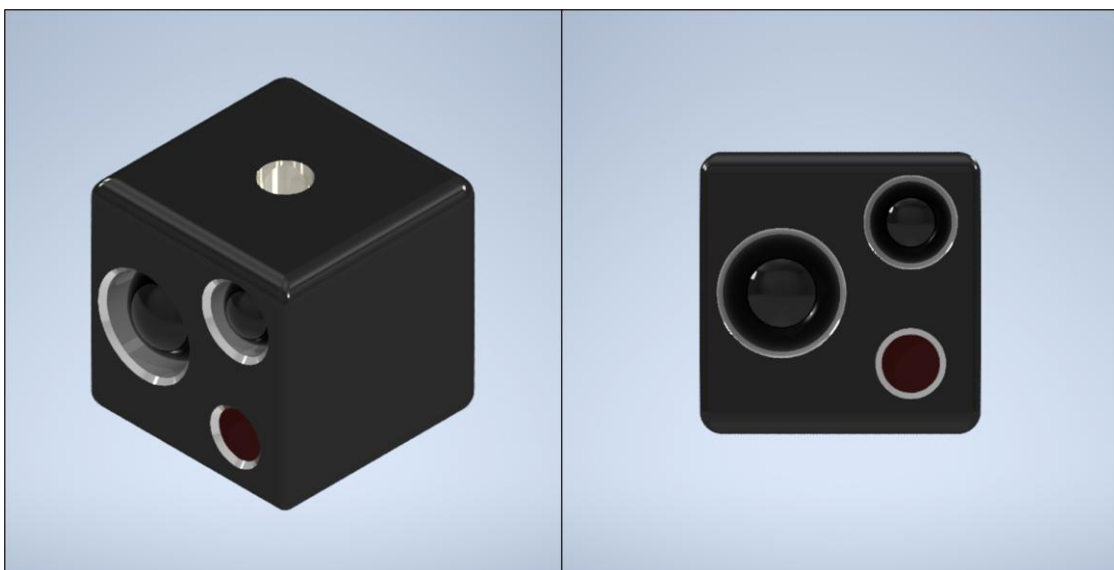


Figura 3-25 Cámara

### 3.3.2.9 Gimbal

El gimbal, Figura 3-26, ha sido diseñado para proporcionar movilidad de 360° a la cámara, permitiendo estabilización y ajustes de orientación para mejorar la captura de imágenes en vuelo. Su estructura se compone de dos piezas principales que trabajan en conjunto para garantizar un movimiento fluido en ambos ejes. La pieza más grande es la encargada de fijarse al chasis del dron, actuando como la base del sistema.

Su diseño permite el movimiento vertical de la cámara gracias a un mecanismo de rotación en su estructura. Para lograrlo, cuenta con superficies reforzadas y un orificio que funciona como punto de giro. Además, se han integrado topes laterales que aseguran la estabilidad del conjunto y evitan desplazamientos no deseados. La segunda pieza se encaja dentro de la primera mediante un eje de giro, lo que permite la rotación controlada.

Esta pieza, a su vez, incluye dos soportes adicionales que se conectan directamente con la cámara, habilitando el movimiento horizontal. Gracias a esta combinación de movimientos, el gimbal es capaz de mantener la cámara estabilizada y orientada en distintas direcciones sin comprometer la estabilidad del dron.

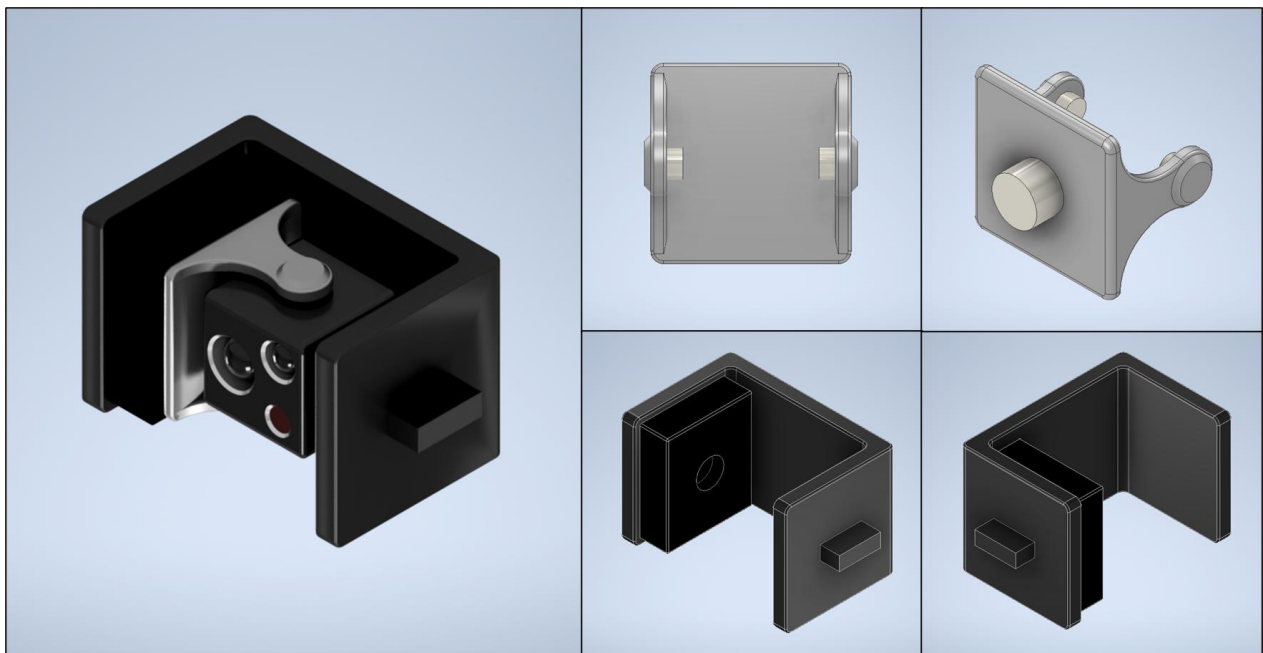


Figura 3-26 Gimbal

### 3.3.2.10 LiDAR

Para la realización del LiDAR, Figura 3-27, se ha tomado como referencia el modelo del Bolt-M, replicando tanto el sensor como sus elementos complementarios. Este sistema es fundamental para la recopilación de datos en tiempo real, proporcionando información clave para la navegación y detección de obstáculos.

El modelado se ha dividido en dos partes principales. En primer lugar, se ha diseñado el sensor cilíndrico, que es el núcleo del sistema LiDAR. Su geometría se ha trabajado mediante operaciones de barrido y extrusión, asegurando una estructura compacta y precisa. Se han agregado detalles como una banda amarilla alrededor del sensor, siguiendo la estética del modelo de referencia.

En segundo lugar, se han incorporado dos antenas laterales, que permiten la transmisión en tiempo real de los datos recopilados por los sensores. Estas antenas han sido modeladas con perfiles delgados y estilizados para mantener la fidelidad con el diseño del Bolt-M. Su construcción se ha basado en

operaciones de solevación y extrusión, asegurando una integración adecuada con el sensor principal. Finalmente, se la han aplicado diferentes materiales para simular las apariencias de un sensor en la realidad.



Figura 3-27 LiDAR

### 3.3.2.11 Chasis

Basándonos en el diseño del dron Bolt-M, el chasis del dron aéreo de combate se ha modelado dividiéndolo en dos secciones principales: la parte superior y la parte inferior. Esta separación permite una construcción modular, facilitando tanto la integración de componentes como el mantenimiento del dispositivo.

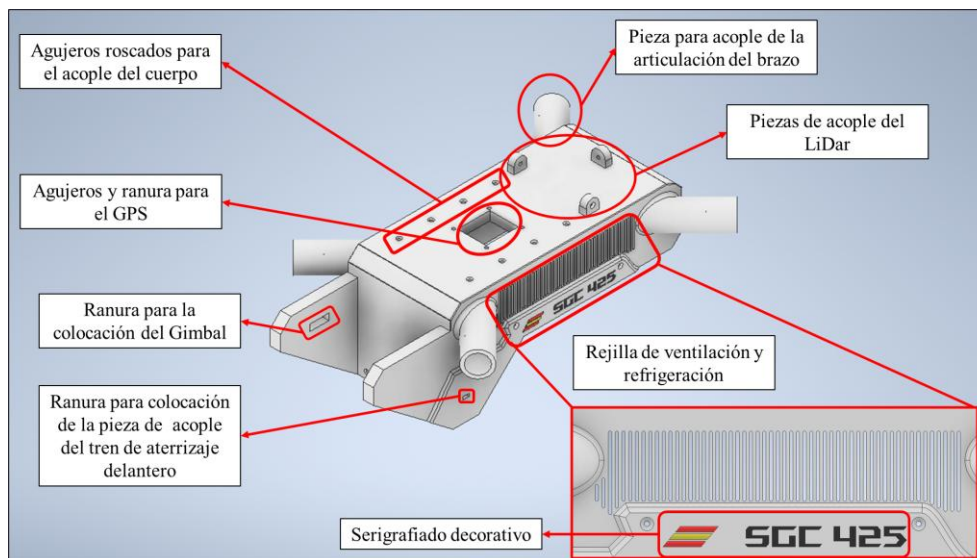
#### *Parte superior del chasis*

El chasis superior, Figura 3-28, ha sido diseñado tomando como referencia el dron Bolt-M, replicando su geometría general para mantener una apariencia similar. Aunque no se han realizado estudios aerodinámicos, su forma se ha desarrollado con el objetivo de aproximarse lo máximo posible al diseño original, priorizando la integración de los distintos componentes del dron.

Uno de los aspectos clave en el diseño del chasis es la inclusión de diversos puntos de acople para los diferentes accesorios y sistemas del dron. En la parte superior, se han incorporado agujeros roscados para la fijación del cuerpo del dron, así como una ranura y perforaciones para la colocación del módulo GPS. También se han modelado las piezas de acople del LiDAR, asegurando su correcta integración en la estructura.

Además, se ha incorporado una pieza de unión para la articulación de los brazos, permitiendo su montaje y plegado en caso de ser necesario. En la parte frontal, se han diseñado las ranuras para la colocación del gimbal, asegurando su correcta fijación sin comprometer la movilidad del sistema de estabilización de la cámara. De manera similar, en la parte inferior del chasis se han incluido las ranuras para el acople del tren de aterrizaje delantero, garantizando una conexión firme con la estructura.

Por último, se ha trabajado en detalles adicionales como la rejilla de ventilación y refrigeración, la cual contribuye a la disipación del calor generado por los componentes electrónicos internos. Además, se ha añadido un serigrafiado decorativo en los laterales del chasis, aportando un aspecto visual más detallado y realista al diseño del dron.



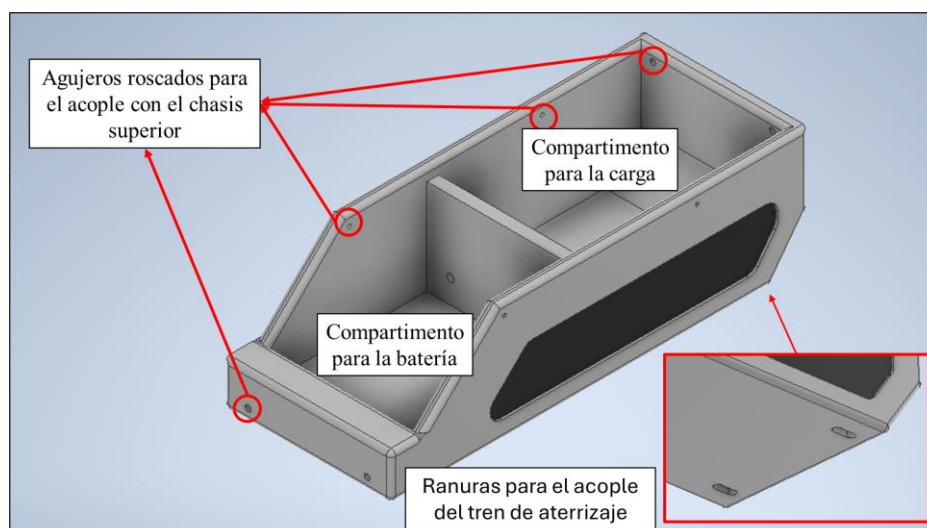
**Figura 3-28 Parte superior del chasis**

*Parte inferior del chasis*

El chasis inferior, Figura 3-29, ha sido diseñado con un enfoque en la protección y resguardo de los componentes más críticos del dron. Su función principal es alojar la batería y el espacio reservado para la carga, asegurando que estos elementos estén bien fijados dentro de la estructura y protegidos contra impactos.

Para garantizar una conexión estable con el chasis superior, se han modelado agujeros roscados en la parte superior de la estructura, permitiendo su acople de manera firme y precisa. El chasis inferior cuenta con un compartimento específico para la batería, diseñado con las dimensiones necesarias para encajar de forma segura y evitar movimientos que puedan comprometer su funcionamiento. De igual manera, se ha incluido un compartimento para la carga, asegurando un espacio adecuado para su colocación, aunque sin realizar estudios técnicos sobre su implementación, ya que este proyecto está enfocado en la visualización de las partes del dron y no en su operatividad real.

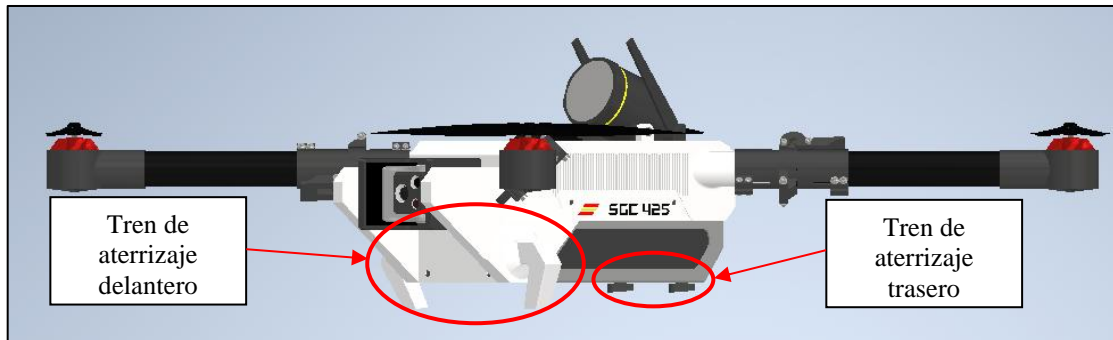
Además, se han incorporado ranuras de acople para el tren de aterrizaje, ubicadas en la parte inferior del chasis, lo que permite fijar este sistema de manera estable y alineada con la estructura general del dron. Gracias a este diseño, el chasis inferior proporciona una estructura robusta y funcional, contribuyendo a la estabilidad y protección del dron en su conjunto.



**Figura 3-29 Parte inferior del chasis**

### 3.3.2.12 Tren de aterrizaje

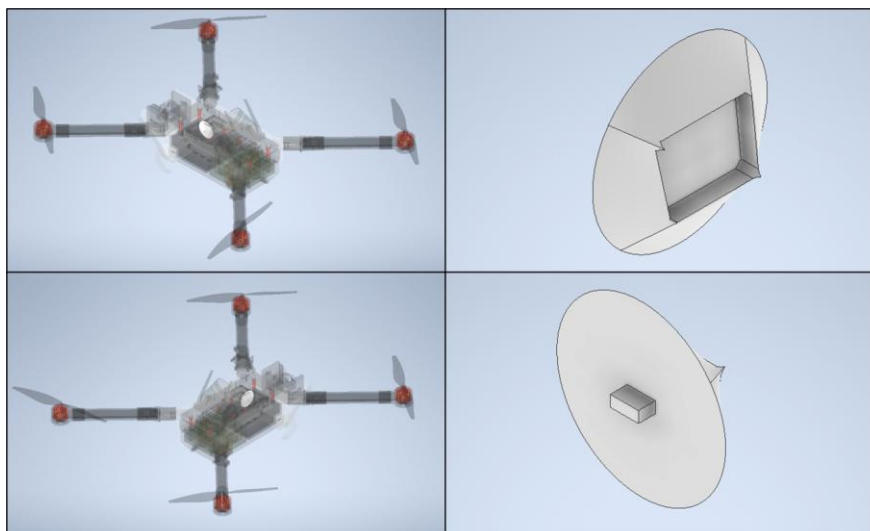
Durante el proceso de diseño y modelado se decidió hacer un tren de aterrizaje, mostrado en la Figura 3-30. A pesar de que el dron *Bolt-M*, no cuenta con un tren de aterrizaje, se ha considerado oportuno incluirlo. Dado que el propósito de este trabajo es la visualización de todas las partes del dron, se ha optado por integrar este componente, ya que es un elemento común en la mayoría de los drones y facilita la comprensión de su estructura y funcionalidad. El tren de aterrizaje se ha diseñado en dos secciones: delantera y trasera, adaptadas a la morfología del dron.



**Figura 3-30** Partes del tren de aterrizaje

El desarrollo del tren de aterrizaje se ha llevado a cabo en Autodesk Inventor, aplicando diversas operaciones para definir su geometría final. En primer lugar, se modelaron los soportes principales mediante extrusión, generando la base de conexión con el chasis del dron. Dado que el tren de aterrizaje debía permitir que el dron se apoyara de manera estable sobre una superficie horizontal, se aplicó una inclinación en ambas partes para corregir la diferencia de altura entre el tren delantero y el trasero.

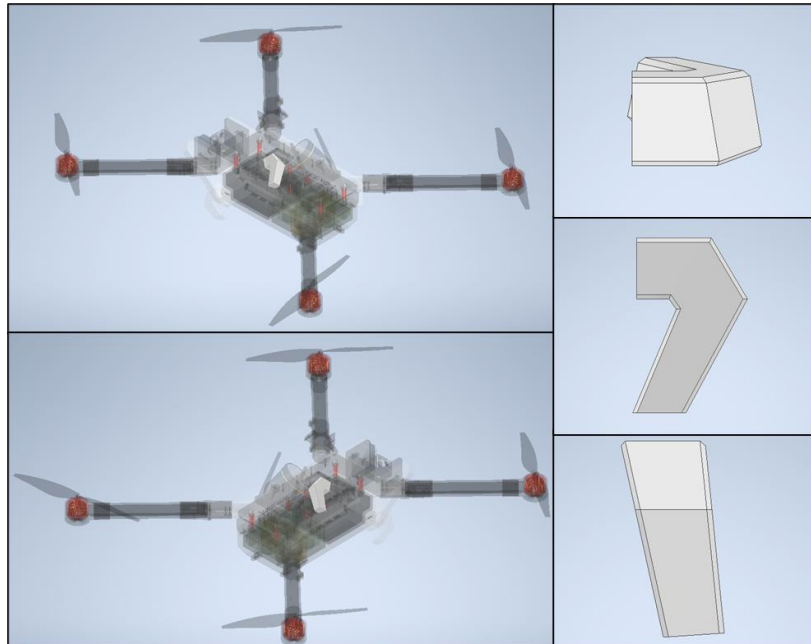
El tren de aterrizaje delantero se compone de dos elementos principales: la pieza de acople al chasis y las patas de apoyo. La pieza de acople, Figura 3-31, ha sido modelada para proporcionar una conexión estable entre el chasis del dron y el tren de aterrizaje. Se ha diseñado mediante extrusión, generando una base sólida que se adapta a la parte inferior del dron.



**Figura 3-31** Pieza de acople del tren de aterrizaje delantero

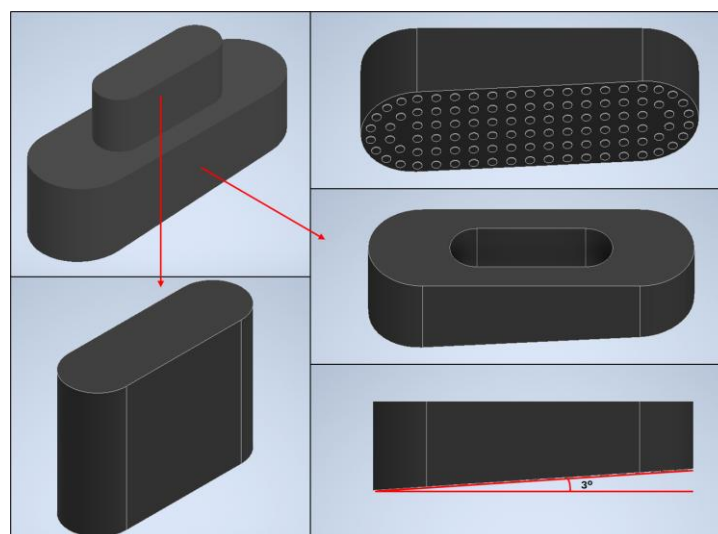
El tren de aterrizaje delantero, Figura 3-32, ha sido modelado utilizando una combinación de solevaciones, chaflanes y extrusiones para lograr una estructura resistente y funcional. En primer lugar, se definieron los bocetos iniciales para la geometría base, los cuales fueron utilizados en la operación de solevación para generar el volumen principal de cada pata. Posteriormente, se aplicaron chaflanes en distintos puntos estratégicos, suavizando las aristas y mejorando la transición entre las diferentes

secciones de la pieza. Finalmente, se realizó una extrusión adicional para definir detalles específicos de la estructura, asegurando que las patas mantuvieran un perfil adecuado para su integración con el acople al chasis. Cabe destacar la inclinación que tiene tanto la base para adaptarse con el cambio de alturas entre este y el tren de aterrizaje trasero.



**Figura 3-32 Tren de aterrizaje delantero**

El tren de aterrizaje trasero, Figura 3-33, por otro lado, se modeló utilizando una combinación de barrido y extrusión, permitiendo definir su forma adaptada a la parte posterior del dron. Para mejorar su capacidad de distribución del peso en el aterrizaje, la base inferior se diseñó con una superficie más ancha, reduciendo la presión en el punto de contacto con el suelo. A su vez, se incorporó una inclinación de  $3^\circ$ , asegurando que la diferencia de altura entre ambos soportes no afectara la estabilidad del dron y que este quedara perfectamente alineado con el plano de aterrizaje. Además en el tren de aterrizaje se le incorporo mediante extrusiones con la herramienta de patrón, una serie de cilindros de 3mm de altura para simular un patrón antideslizante por toda la superficie inferior. Con esto se consigue un tren de aterrizaje funcional.



**Figura 3-33 Tren de aterrizaje trasero**

### 3.3.2.13 Panel de control

Para el diseño del panel de control, Figura 3-34, se ha tomado como referencia el sistema integrado en el Bolt-M, replicando su apariencia y distribución de elementos. Este panel es una interfaz fundamental del dron, ya que permite el encendido, armado y monitoreo del estado de la batería.

El modelado ha comenzado con la creación de la base del panel mediante operaciones de extrusión, definiendo su geometría general y los biselados característicos en sus esquinas. Posteriormente, se añadieron los botones y luces indicadoras, generados como cuerpos sólidos individuales y posicionados de acuerdo con la referencia utilizada.

Uno de los aspectos más detallados en este diseño ha sido la incorporación de los textos serigrafiados en el panel. Debido al tamaño reducido de las letras, Inventor presentaba limitaciones para su generación automática, por lo que se optó por crear cada una manualmente, asegurando que el resultado fuera lo más fiel posible al modelo real. Además, se han aplicado apariencias y texturas personalizadas para mejorar la representación visual, otorgando al panel un acabado realista en términos de materiales, colores y reflejos.

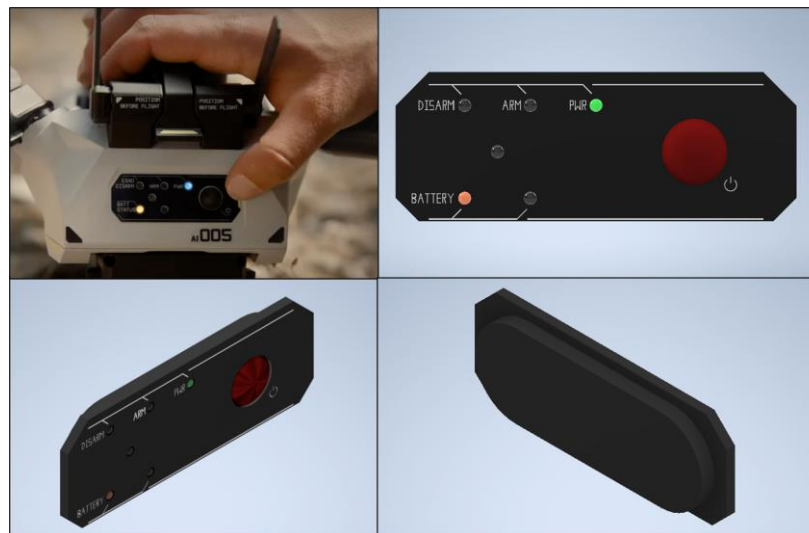


Figura 3-34 Panel de control

### 3.3.3 Ensamblaje

Para el ensamblaje del dron se ha continuado con la herramienta de Autodesk Inventor, esencial para la composición de conjuntos con múltiples piezas, gracias a las herramientas de unión y constricciones permitiendo movimientos específicos de piezas esenciales. Los ensambles del presente trabajo se pueden dividir en varios ensamblajes para una mejor explicación del proceso. Se van a dividir en los siguientes: ensamblaje interior, ensamblaje de la carcasa inferior, ensamblaje del motor, ensamblaje de la articulación del brazo y por último el ensamblaje final.

Para llevar a cabo el proceso de ensamblaje del proyecto se han empleado herramientas específicas del software Autodesk Inventor, mostradas en la Figura 3-35. Principalmente se ha trabajado con las herramientas de "Unión" y "Restringir", disponibles en la pestaña de "Ensamblar".

La herramienta "Unión" permite conectar componentes de manera automática o mediante opciones específicas, estableciendo diferentes tipos de conexión que facilitan el movimiento o la fijación de las piezas en relación entre sí.

Por otro lado, la herramienta "Restringir" se utiliza para aplicar restricciones geométricas o dimensionales precisas que determinan cómo interactúan entre sí las superficies y elementos específicos de los distintos componentes del ensamblaje. Estas restricciones pueden ser de tipo ensamblaje,

movimiento o transicionales, permitiendo definir con exactitud las posiciones relativas y grados de libertad de las piezas durante el proceso.

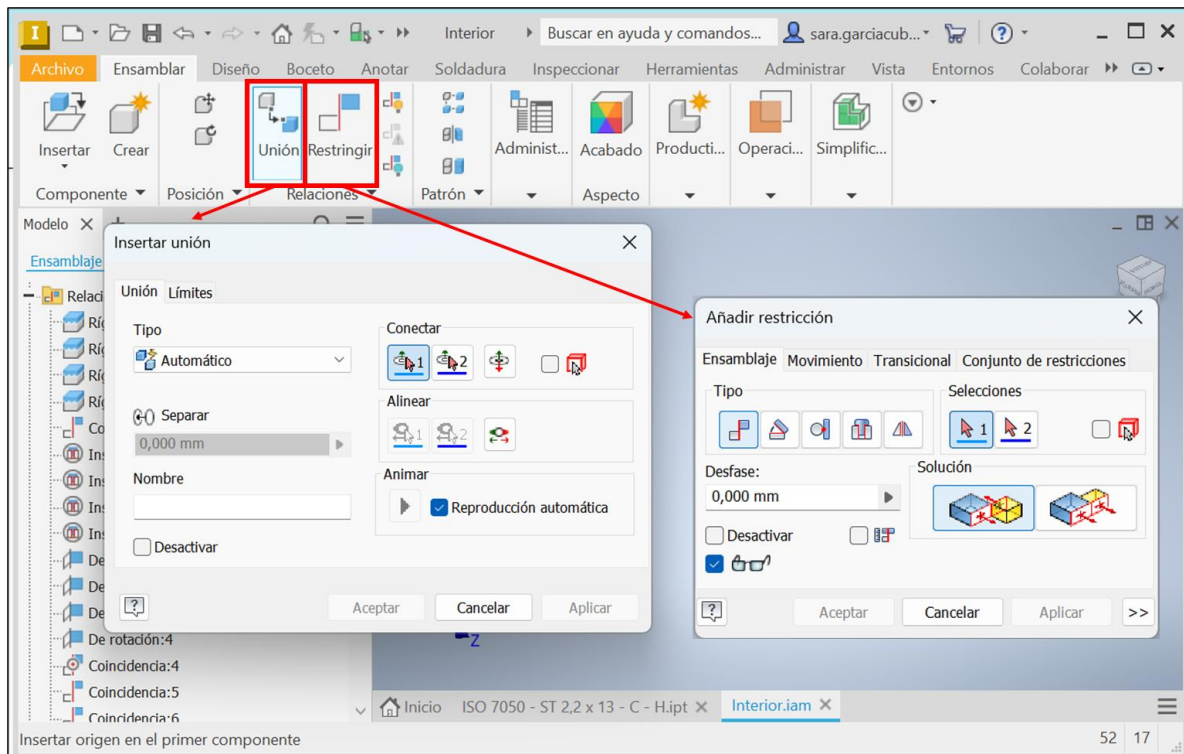


Figura 3-35 Interfaz de las herramientas de ensamblaje de unión y restricción

Otra herramienta relevante es "Conexión por perno", ubicada en la pestaña "Diseño", mostrada en la Figura 3-36, que permite generar de manera automatizada conexiones atornilladas seleccionando posiciones específicas como agujeros existentes o planos iniciales. Además, posibilita definir el tipo de rosca, como por ejemplo perfil métrico ISO, así como el diámetro requerido para cada conexión.

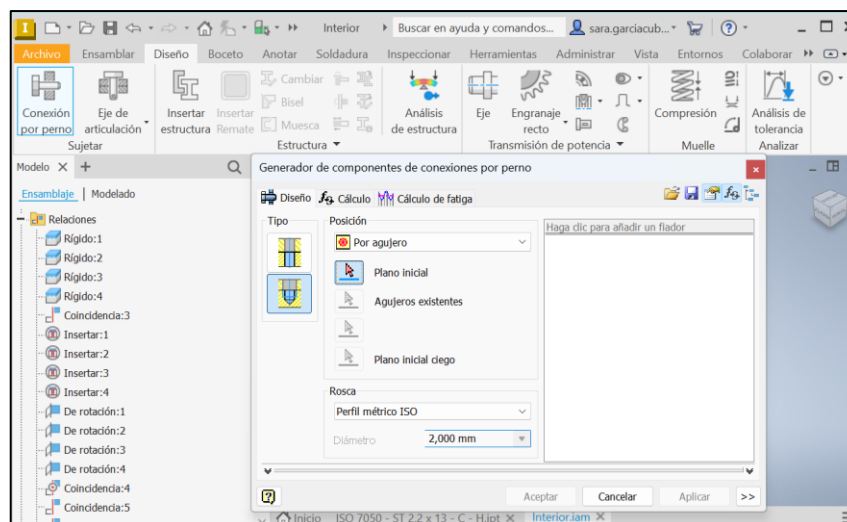


Figura 3-36 Interfaz de la herramienta de conexión por perno

### 3.3.3.1 Ensamblaje interior

El proceso de ensamblaje interior del proyecto, mostrado en la Figura 3-37, ha sido realizado considerando que todos los componentes involucrados son estáticos. Por ello, la mayoría de las piezas

se han unido utilizando restricciones geométricas y dimensionales del tipo rígido, lo cual permite fijar de manera permanente la posición y orientación de cada componente en relación con los demás. Estas uniones rígidas aseguran que cada elemento quede posicionado exactamente según el diseño original, sin posibilidad de movimiento relativo entre las piezas ensambladas. Las restricciones se han aplicado cuidadosamente sobre las superficies, bordes y orificios específicos para asegurar la precisión del ensamblaje completo.

La única excepción en este ensamblaje la constituyen los tornillos y tuercas, para los cuales se han empleado restricciones distintas. Se han utilizado conexiones por perno, lo que permite cierto grado de movilidad inicial para facilitar el montaje y ajuste final. Posteriormente, estas conexiones aseguran un anclaje firme y confiable al ser. Esta metodología garantiza una correcta alineación y sujeción, así como una alta precisión dimensional en todo el ensamblaje.

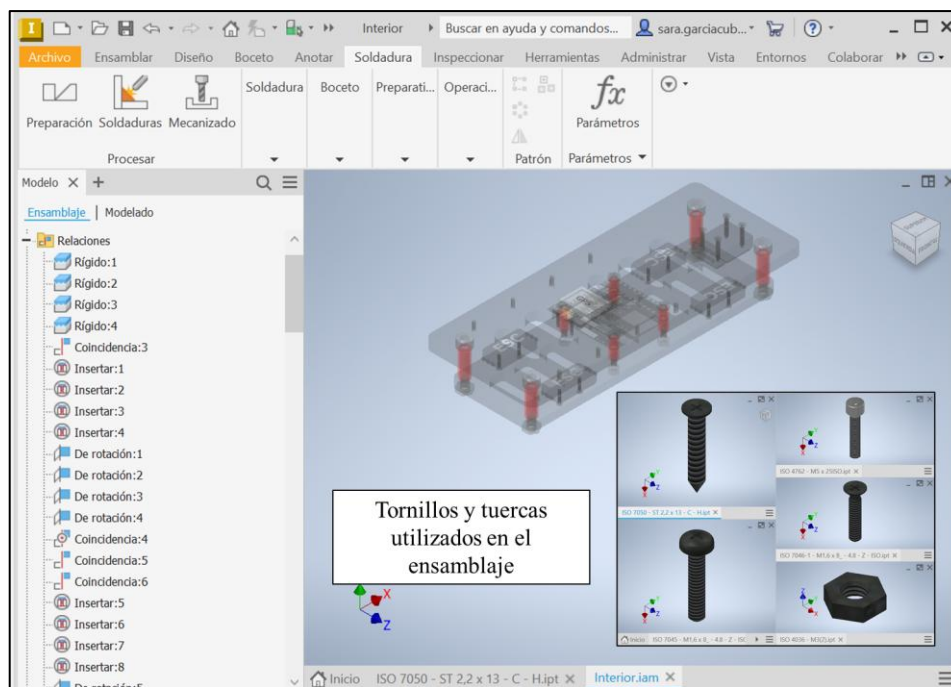


Figura 3-37 Ensamblaje interior

### 3.3.3.2 Ensamblaje del motor

En la Figura 3-38 se muestra el proceso de ensamblaje correspondiente al conjunto del motor con sus elementos asociados se llevó a cabo mediante diferentes tipos de uniones, dependiendo del comportamiento funcional que cada pieza debía tener. En primer lugar, el motor, la bobina y el acople del motor al brazo se unieron utilizando restricciones rígidas, asegurando una fijación completa sin posibilidad de movimiento relativo, garantizando así una posición precisa y estabilidad estructural del conjunto.

En cuanto al eje del motor, este componente fue ensamblado utilizando una restricción rotacional. Este tipo de unión permite que el eje pueda girar libremente, siguiendo el eje geométrico del motor, lo que posibilita una adecuada transmisión del movimiento generado por el motor hacia el eje.

Finalmente, las hélices fueron acopladas al eje de forma estática. Esto se logró gracias a una pestaña especialmente diseñada para esta función, que asegura una transmisión efectiva del par desde el eje hacia las hélices, sin permitir desplazamientos ni giros relativos entre estos dos elementos. Esta solución técnica garantiza la eficiencia del mecanismo, cumpliendo con precisión el objetivo funcional de transmitir directamente la rotación del motor hacia las hélices. Gracias a estas dos últimas uniones realizadas con la herramienta, se ha podido realizar un modelo que imita no solo la estética del dron pero

también la mecánica y permite el movimiento de sus componentes móviles. En este caso permite el giro 360 de las hélices y los ejes.

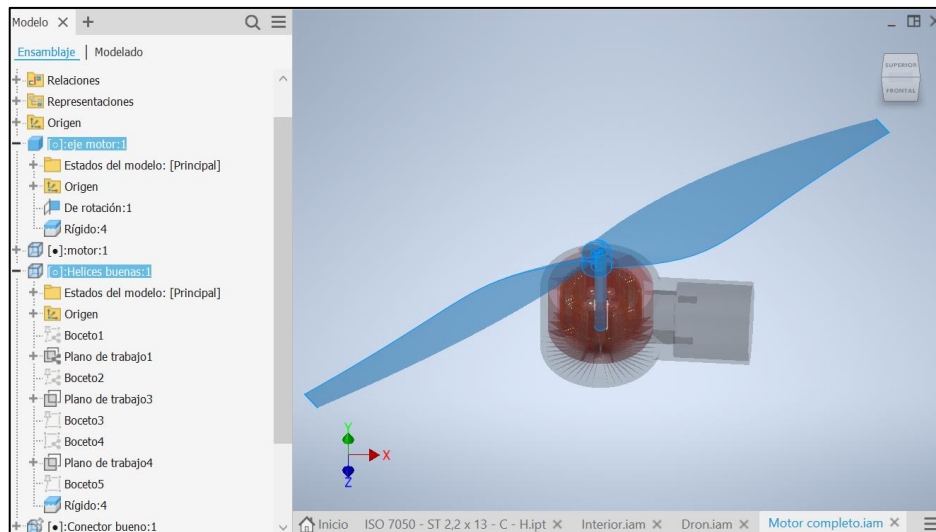


Figura 3-38 Ensamblaje del motor

### 3.3.3.3 Ensamblaje de la articulación del brazo

Uno de los ensamblajes más relevantes dentro del proyecto es aquel que permite el plegado y desplegado de los brazos del dron, funcionalidad clave para su portabilidad y practicidad. Para este conjunto en particular, la selección del tipo de unión fue crucial, optándose principalmente por uniones rotacionales. Las dos piezas destacadas en la Figura 3-39 son las que permiten el cierre y la apertura. Por otro lado, las dos piezas cilíndricas han sido ensambladas mediante una unión del tipo rotacional, facilitando así un movimiento controlado alrededor de un eje definido. Este tipo de restricción permite que ambas piezas puedan girar libremente entre sí, garantizando la funcionalidad de apertura y cierre necesaria para el despliegue o plegado del brazo.

En este proceso, se configuraron cuidadosamente tanto la conexión como la alineación, asegurando que el eje de rotación estuviese perfectamente definido, sin desplazamientos laterales, y permitiendo únicamente la rotación. Estas uniones de rotación han resultado esenciales para garantizar un movimiento fluido y exacto para garantizar el funcionamiento del mecanismo de plegado del dron.

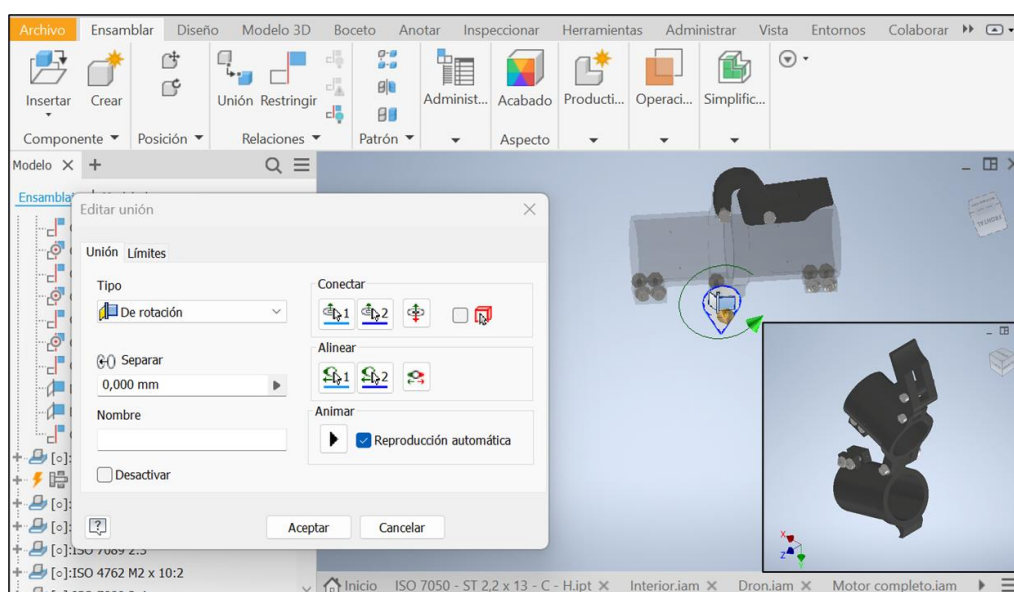


Figura 3-39 Ensamblaje de la articulación del brazo

### 3.3.3.4 Ensamblaje de la cámara

El ensamblaje correspondiente al soporte de la cámara es especialmente significativo debido a la necesidad de permitir una movilidad completa en dos ejes diferentes. En este conjunto, la pieza resaltada en la imagen juega un papel esencial, ya que permite que la cámara pueda moverse libremente 360°. Por un lado, dicha pieza posibilita a la cámara girar en el eje vertical gracias a una unión de rotación específicamente configurada para este movimiento.

Por otro lado, esta misma pieza también presenta una unión rotacional adicional, señalada en la Figura 3-40, con la estructura exterior, lo cual le permite realizar un movimiento giratorio alrededor del eje horizontal. La combinación estratégica de ambas uniones de rotación se ha colocado para otorgar a la cámara una libertad total de posicionamiento, ofreciendo así una gran flexibilidad para capturar imágenes o vídeos en cualquier dirección y ángulo requerido.

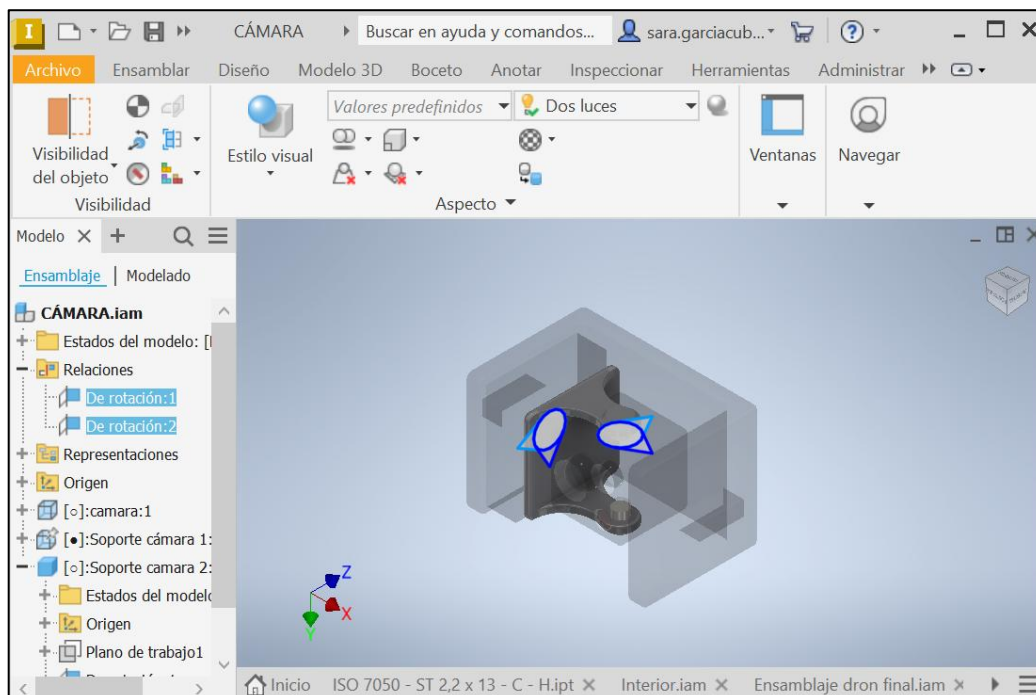


Figura 3-40 Ensamblaje de la cámara

### 3.3.3.5 Ensamblaje final

El ensamblaje final del dron, mostrado en la Figura 3-41, integra todos los componentes principales en una estructura completa. Este proceso se ha llevado a cabo añadiendo cada pieza de manera individual, sin crear subconjuntos intermedios. Esta metodología ha sido seleccionada específicamente debido a que era imprescindible mantener cada pieza por separado para su posterior visualización mediante realidad mixta.

Para realizar el ensamblaje global, se han empleado principalmente uniones rígidas en los componentes estáticos, tales como la batería, la carcasa superior e inferior y los componentes electrónicos. Estos elementos están cuidadosamente ubicados dentro de la estructura central del dron, asegurando su protección. Los brazos del dron están unidos al cuerpo mediante mecanismos de rotación cuidadosamente diseñados, que permiten plegarlos y desplegarlos fácilmente. Esto facilita la portabilidad. En los extremos de estos brazos se ubican los motores con las hélices. La cámara, ubicada en la parte frontal inferior del dron con dos grados de libertad. Esto permite movimientos rotatorios horizontales y verticales completos. La batería está firmemente sujeta en el interior del cuerpo principal mediante elementos de sujeción. La carga se encuentra fijada de manera segura al cuerpo del dron mediante restricciones rígidas específicas y precintos diseñados para evitar desplazamientos o

movimientos indeseados. De esta manera, se logra un ensamblaje final robusto y claramente estructurado que cumple plenamente con las especificaciones y requisitos del diseño inicial.

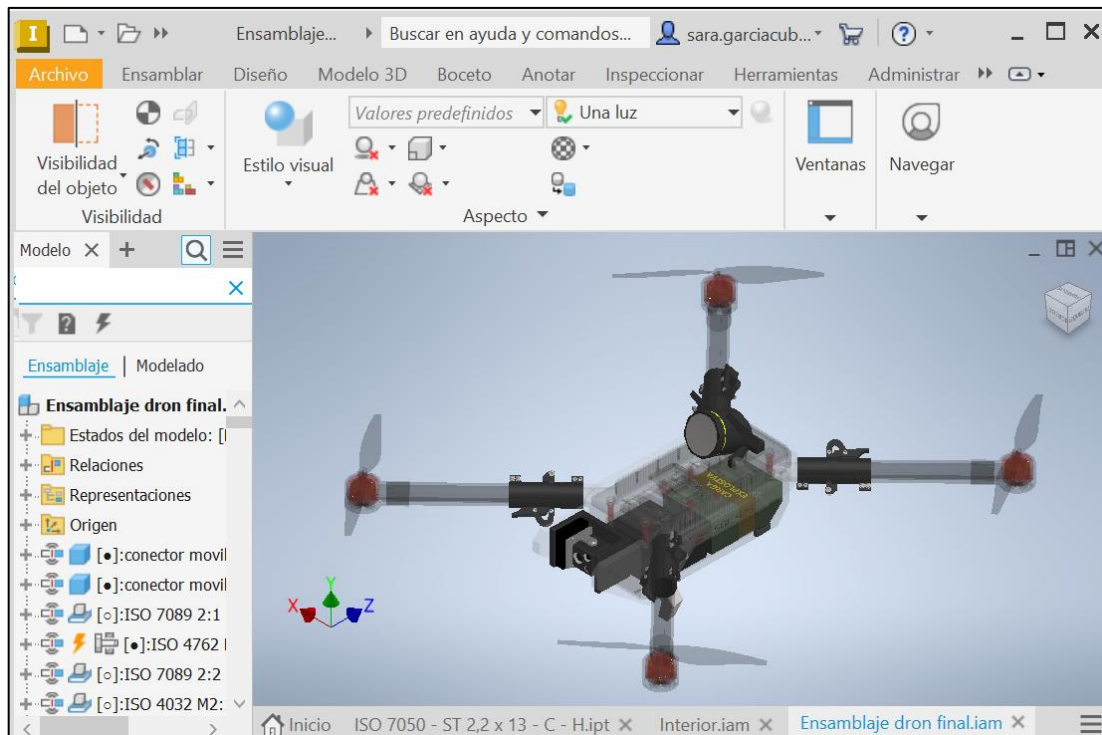


Figura 3-41 Ensamblaje final del dron

### 3.3.4 Renderizado

Para la visualización realista, el software de Inventor tiene una herramienta que permite jugar con las sombras, iluminaciones y entornos para asemejar el modelo a la realidad. Para hacer todas las figuras de resultado se ha utilizado esta herramienta para aportar realismo al modelo. En la Figura 3-42 se muestra la interfaz de esta herramienta durante un proceso de renderización en curso. Esta herramienta permite asimilar todo el entorno a la realidad, lo que ayuda en el proceso de diseño para ver los acabados finales del modelo.

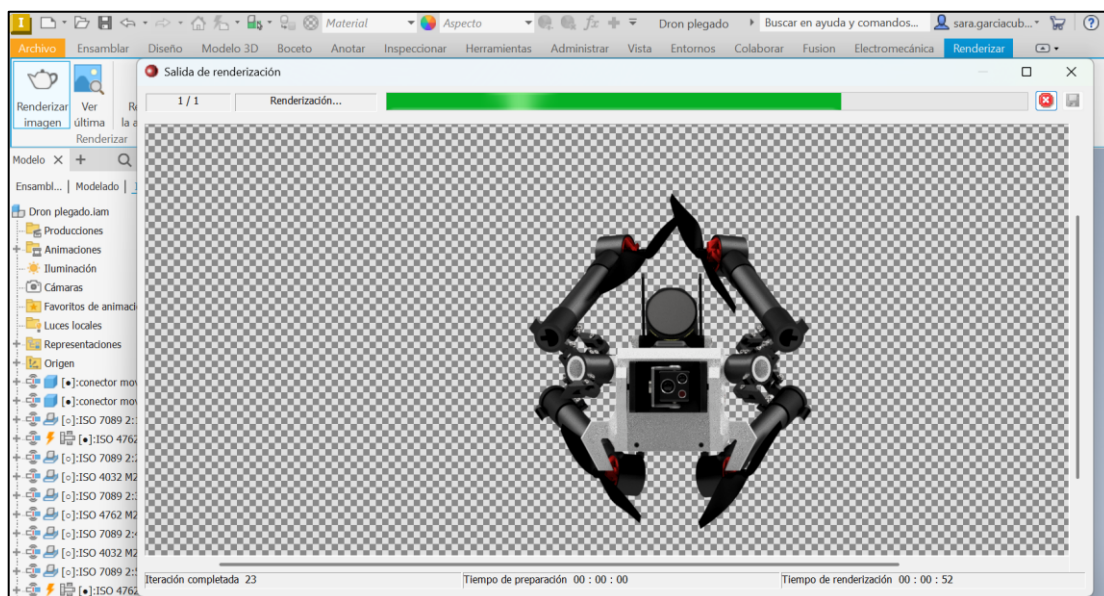


Figura 3-42 Interfaz de un proceso de renderizado

### 3.4 Programación visual

Para llevar a cabo la programación de la visualización del dron en realidad mixta se han utilizado los siguientes programas: Unreal Engine 5.5, Steam Link y Meta Quest Link, además de las gafas Meta Quest 3 para la visualización. El proceso de programación visual se ha dividido en tres partes. Primero, se ha importado el modelo 3D en el software de programación. A continuación, se ha programado el modelo para que ejecute una serie de acciones específicas. Finalmente, se ha adaptado el entorno para su visualización en realidad mixta. Las aplicaciones Steam Link y Meta Quest Link sirven para conectar las gafas al ordenador y poder ver de manera inmersiva lo que se está programando. El desarrollo del dron se ha iniciado creando un nuevo proyecto en un entorno de realidad virtual (más adelante se explicará el motivo por el cual se ha optado por realidad virtual en lugar de realidad mixta desde un inicio). En este proyecto se ha creado una nueva carpeta dentro del directorio de contenidos, en la cual se almacenarán todos los elementos que se vayan incorporando durante el proceso de programación.

#### 3.4.1 Importación del modelo

Para realizar la importación del modelo creado con el software Autodesk Inventor, se han explorado diferentes métodos con el objetivo de evaluar el resultado obtenido en cada uno y determinar cuál se ajustaba mejor al modelo diseñado y a la realidad deseada. Finalmente, se ha optado por utilizar la herramienta Datasmith.

Esta herramienta facilita la importación y optimización de modelos 3D provenientes de distintos programas de diseño, entre ellos Autodesk Inventor, directamente al entorno de programación de Unreal Engine 5. Datasmith ofrece diversas ventajas significativas, tales como: la conservación precisa de propiedades del modelo original incluyendo materiales, luces y colores; optimización automática del modelo para mejorar su rendimiento en Unreal Engine (por ejemplo, manteniendo la curvatura original sin convertirla en polígonos circulares); preservación de la jerarquía original del modelo, facilitando la gestión y manipulación de sus componentes y la importación de ensamblajes respetando sus uniones y restricciones; y flexibilidad para actualizar constantemente el modelo importado, permitiendo modificaciones continuas durante el proceso de desarrollo. Para poder hacer uso efectivo de la herramienta Datasmith, primero ha sido necesaria la instalación y activación de ciertos *plugins* específicos, señalados en la Figura 3-43, dentro de la plataforma de Unreal Engine, siguiendo los pasos recomendados por la documentación oficial [39].

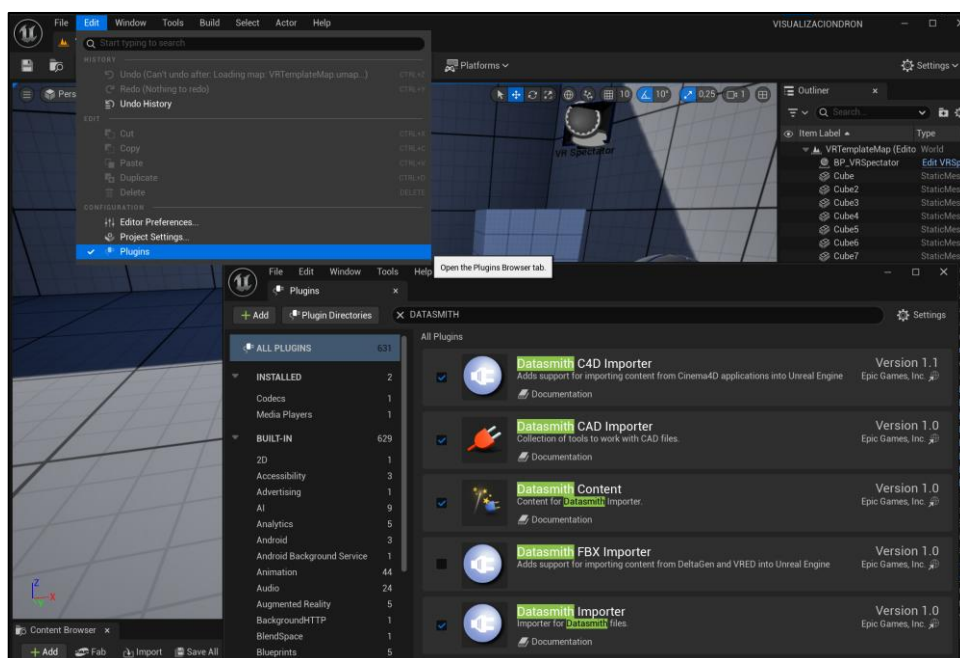


Figura 3-43 Activación de los *plugins* para uso de Datasmith

Una vez activados los *plugins* necesarios, se procedió a importar el modelo. Tras realizar varios intentos de importación directa con archivos del tipo ensamblaje de Autodesk Inventor (\*.iam), se observó que no se conservaban adecuadamente todos los acabados y colores diseñados inicialmente. Por esta razón, finalmente se decidió exportar el ensamblaje final desde Inventor a un archivo tipo STEP, para posteriormente importarlo de esta forma en Unreal Engine 5 con la herramienta de “Datasmith”, logrando así preservar fielmente los detalles visuales y estructurales del diseño original. La Figura 3-44 muestra el proceso de exportación del archivo.

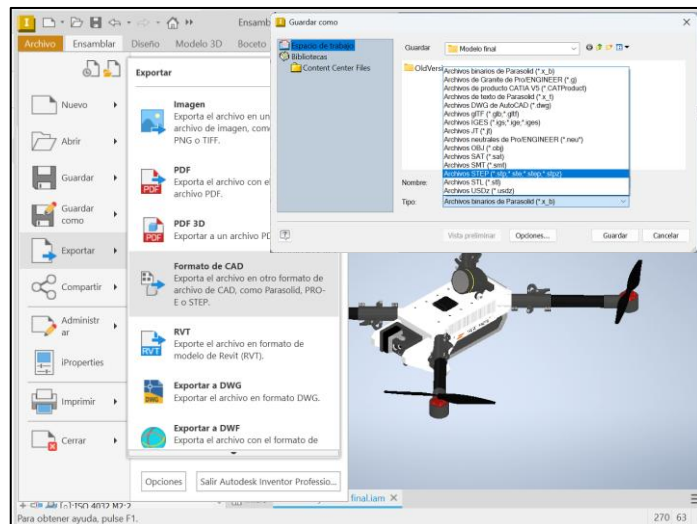


Figura 3-44 Exportación del modelo 3D en archivo STEP

Tras haber exportado el modelo en un archivo tipo STEP se ha realizado la importación de los archivos mediante la herramienta mencionada anteriormente, proceso mostrado en la Figura 3-45, a cada pieza se le ha asignado de manera automática un archivo tipo *Static Mesh Component* y *Scene Component*. Por un lado, el primero es una pieza de geometría que consiste en un conjunto fijo de polígonos, el segundo es un componente que tiene una transformación de escena y puede adjuntarse a otros componentes de escena.

Estos archivos permiten modificar su apariencia visual, así como varias propiedades físicas tales como la gravedad o la colisión con otros objetos del entorno. Sin embargo, en este caso, dado a que el uso del software de Unreal Engine 5 se limita exclusivamente para la visualización inmersiva, no se le han aplicado propiedades físicas adicionales, logrando así que las piezas permanezcan estáticas en un punto determinado del entorno virtual.

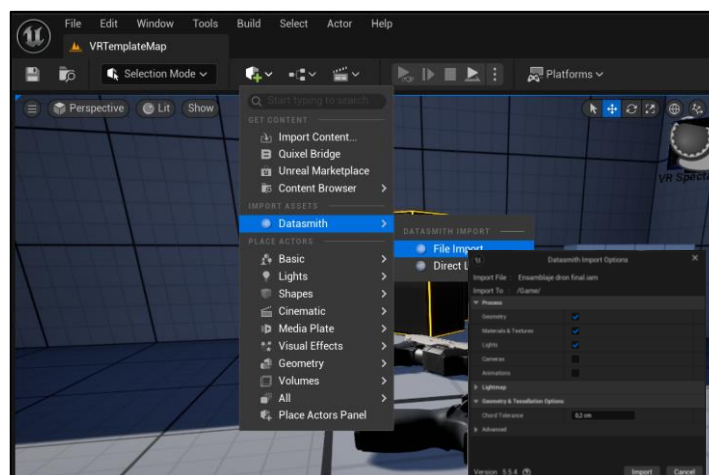


Figura 3-45 Importación del modelo 3D con la herramienta de Datasmith

Todos los archivos del dron se han guardado en la carpeta creada para el desarrollo del proyecto. Al importar el modelo se nos han creado una carpeta de los materiales, donde se ha almacenado todas las texturas y apariencias de las piezas, por otro lado, se ha creado otra carpeta con todos los sólidos que componen el conjunto llamada *Geometries* y por ultimo un *Datasmith Scene*. Esto último es el archivo de datos que contiene el contenido que se ha importado desde el software de diseño.

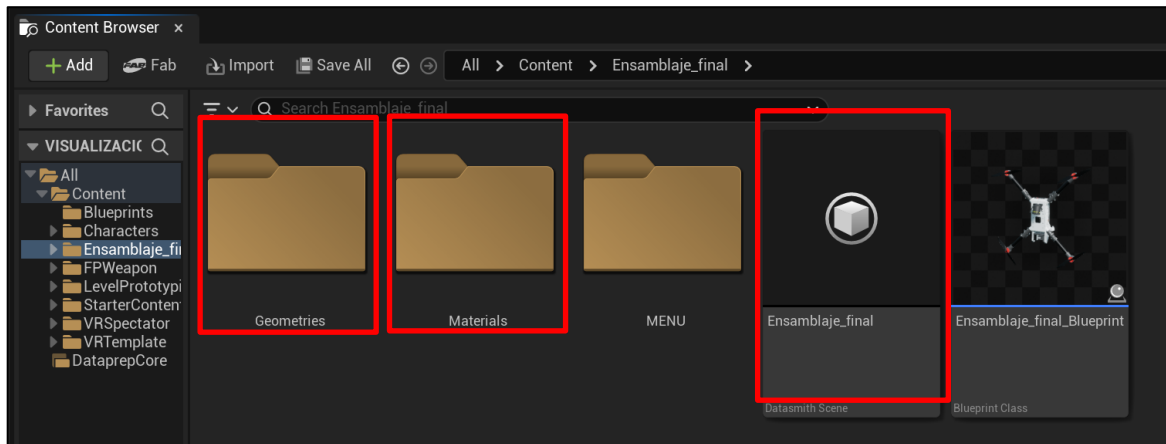


Figura 3-46 Carpetas y archivos creados con la importación del modelo 3D

### 3.4.2 Programación Blueprints

Para llevar a cabo programación del modelo dentro del entorno de Unreal Engine 5, se han desarrollado diferentes funcionalidades destinadas a mejorar la visualización y comprensión del diseño 3D, así como a ofrecer una interacción más fluida y efectiva al usuario. Las funciones implementadas se detallan a continuación:

- Visualización explosionada del modelo 3D.  
En esta sección se explicará cómo se ha programado el explosionado del modelo, facilitando la visualización del conjunto y su disposición en el ensamblaje.
- Visualización aislada de componentes esenciales del dron.  
En esta sección se describirá la creación de un menú interactivo mediante el cual es posible seleccionar y aislar visualmente partes específicas del dron para examinarlas detalladamente.

Para la programación de ambas funciones se ha utilizado un entorno de realidad virtual, ya que el proceso de compilación y ejecución resulta mucho más rápido en comparación con el de realidad mixta. Esto se debe a que no es necesario incorporar el entorno real, permitiendo así realizar todo el desarrollo directamente dentro de un entorno completamente virtual. Para ello se ha utilizado el entorno de prueba de realidad virtual de Unreal Engine 5.

La programación gráfica del modelo se ha llevado a cabo mediante el sistema de Blueprints incluido en Unreal Engine, que permite crear fácilmente la lógica visual del proyecto a través de diagramas de flujo. En este trabajo únicamente se ha utilizado el tipo Actor, adecuado para programar objetos que pueden colocarse e interactuar dentro del entorno virtual.

La interfaz del Blueprint ofrece herramientas organizadas en pestañas como *Components*, para incluir elementos visuales; *Graphs*, donde se define el comportamiento lógico del modelo; *Functions* y *Macros*, para simplificar tareas comunes; así como *Variables* y *Event Dispatchers*, que gestionan datos y eventos durante la ejecución.

La metodología empleada para realizar la programación comenzó con la elaboración previa de diagramas de flujo en papel, que posteriormente se trasladaron al sistema visual de Blueprint. Este método ha sido esencial para poder buscar las funciones y nodos que se han utilizado en la programación de todas las acciones. Las funciones programadas se dividieron en diferentes secciones, entre ellas el

explosionada visual, menús interactivos y otras acciones específicas, lo cual facilitó notablemente la verificación y corrección del código durante todo el desarrollo.

Para facilitar la programación de las partes del dron sin necesidad de tratar cada pieza por separado, se ha creado un Blueprint. Al crear un Blueprint, lo primero que se debe hacer es elegir su tipo, el cual depende directamente de la función que se quiera realizar. En este caso concreto, para generar el Blueprint del dron, se ha procedido del siguiente modo: primero, se han seleccionado todas las piezas que componen el modelo; posteriormente, con todas estas piezas seleccionadas, se ha creado un Blueprint de tipo Actor.

Existen distintos modos de importación que se pueden utilizar en el entorno de desarrollo, entre los cuales destacan New Subclass, Child Actors y Harvest Components. Cada uno de estos métodos ofrece ventajas particulares dependiendo del objetivo y la complejidad del proyecto. En este caso específico, se ha optado por utilizar el modo Harvest Components, ya que representa una solución eficiente y versátil para integrar múltiples elementos preexistentes en una estructura unificada.

El método Harvest Components permite reemplazar automáticamente los actores seleccionados en la escena por una instancia de una nueva clase Blueprint, la cual hereda directamente de la clase padre previamente definida. Esta nueva instancia contiene todos los componentes originales de los actores que han sido reemplazados, incluyendo sus propiedades, transformaciones y relaciones jerárquicas. Gracias a este enfoque, se conserva la funcionalidad original de los actores, pero se encapsula en una clase única que resulta mucho más manejable y reutilizable.

La adopción de esta técnica, mostrada en la Figura 3-47, ha facilitado considerablemente la organización y gestión del proyecto, permitiendo una integración coherente de todas las piezas dentro de un mismo entorno de programación. Al centralizar la lógica y los componentes en una clase Blueprint común, se ha logrado simplificar tanto el flujo de trabajo como el mantenimiento futuro del sistema, reduciendo la duplicación de código y mejorando la escalabilidad del desarrollo. Además, esta metodología favorece la reutilización de elementos y promueve una arquitectura más limpia y modular, lo cual es especialmente útil en proyectos con múltiples actores interdependientes.

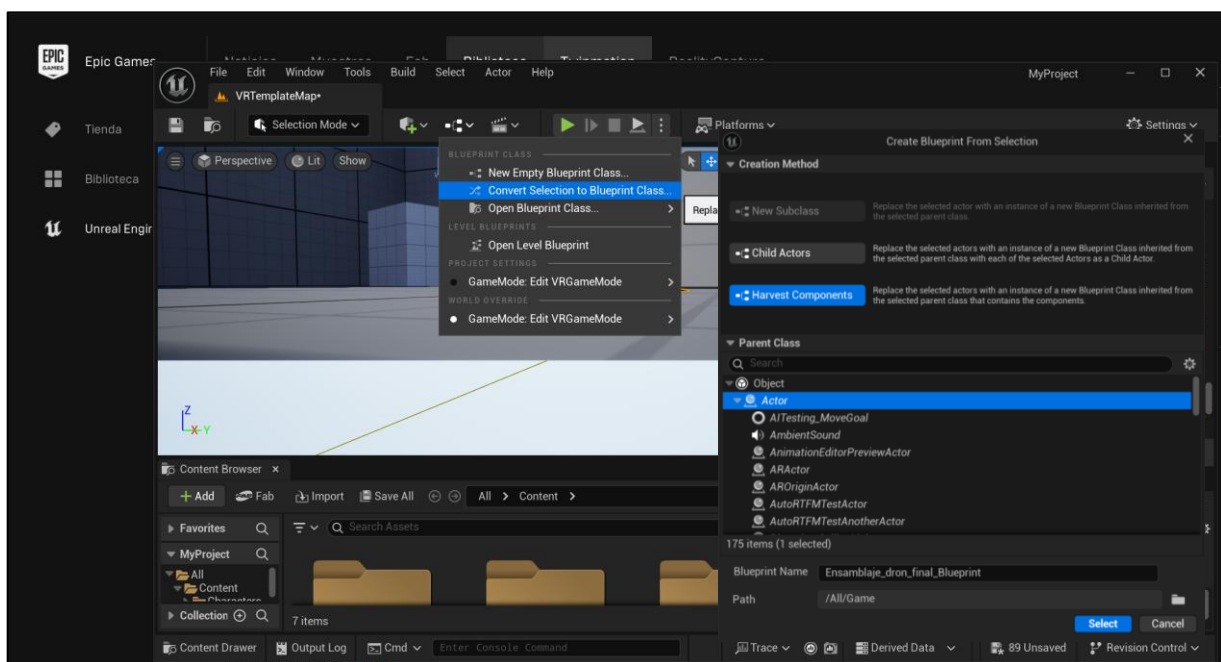


Figura 3-47 Creación del Blueprint del conjunto

Una vez se ha creado todo el entorno y el Blueprint del ensamblaje se ha procedido a la programación de ambas funciones mencionadas anteriormente.

### 3.4.2.1 Visualización explosionada del modelo 3D

Para programar esta función se comenzó realizando diversas pruebas con una única pieza. Una vez alcanzado el resultado deseado con esta pieza individual, se ha procedido a aplicar el mismo método con el resto de las piezas que conforman el conjunto completo.

#### Proceso de una pieza

Para el proceso de explosionado se han seguido los siguientes pasos. Este código permite que, al presionar el botón de disparo del mando, ya sea el izquierdo o el derecho, se active o desactive la explosión de la pieza de prueba según el estado previo de la acción. Una vez se consiguió que una pieza realizará el movimiento, se ha precedido a realizarlo con todos los componentes.

1. Se han creado varias variables. Por un lado, se ha creado una variable llamada “Explosionado” de tipo booleano, que almacena si se va a hacer el explosionado o se va a reestablecer la posición de la pieza. Por otro lado, se ha creado la variable de “Posición inicial de la pieza de prueba” de tipo vector donde se va a almacenar la posición inicial de la pieza.
2. Inicialización: Esta sección se ejecuta al iniciar el juego con el evento de “*Begin Play*”. Al iniciar se activa la entrada de controles con la acción de “*Enable Input*” y llama al evento “*Save initial location*” para que se ejecute al iniciar.

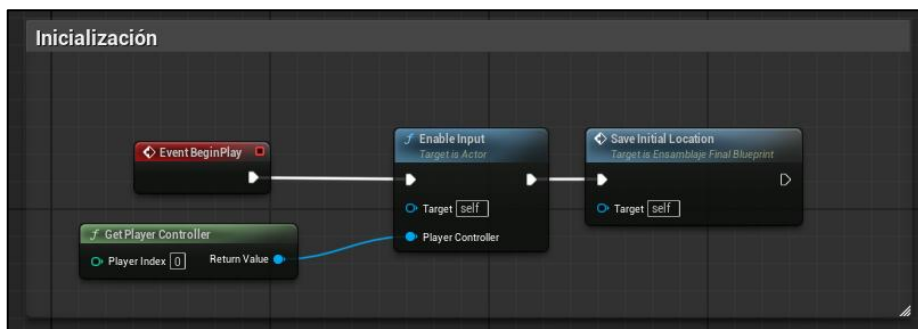


Figura 3-48 Código de "Inicialización"

3. Activación del explosionado: Esta sección de código se encarga de manejar la entrada del usuario. Se han usado los nodos de “*EnhanceInputAction*”, “*IA\_Shoot\_Right*” y “*IA\_Shoot\_Left*” para detectar cuando se presionan los botones del mando. Al presionar cambia el valor de la variable “Explosionado” y dependiendo del valor activa o reestablece el explosionado. La variable se inicializa en *false* para que la primera vez que se pulse el botón explote.

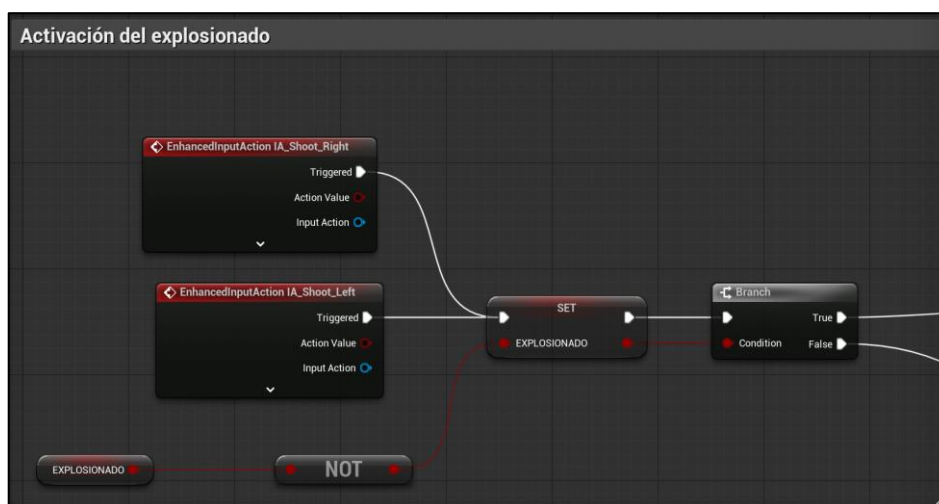


Figura 3-49 Código de "Activación"

- Proceso de guardar posición inicial y reestablecer el dron a su posición inicial: Esta sección se encarga de guardar la posición inicial y si la variable "Explosionado" es *false* recoloca las piezas. Para sacar la posición inicial se usa el nodo de "Get World Location" que luego se almacena en el vector que se ha creado al inicio.

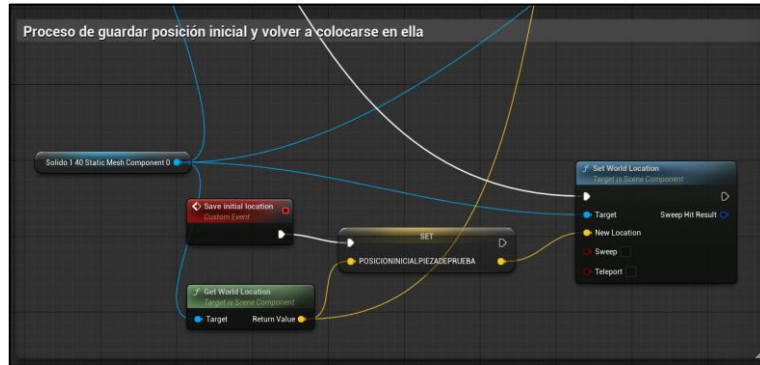


Figura 3-50 Código de "Reposicionar pieza de prueba a la posición inicial"

- Proceso de extrusión de la pieza: Para realizar la extrusión de la pieza, ha sido necesario efectuar una serie de cálculos vectoriales en relación con el origen, ya que el movimiento debe efectuarse respecto al centro del dron. Para ello, se ha seleccionado una pieza central del dron, concretamente el cuerpo del dron (Solido19). El primer paso ha sido obtener el centro del componente que se desea mover, ya que, en algunos casos, el centro del objeto no coincide con su origen. Esto se ha logrado utilizando la función "Get Component Bounds". Una vez determinado el centro de la pieza, se ha realizado un cambio de base del vector, utilizando la inversa de la transformación del vector de origen de la pieza central. Esto permite calcular el vector que va desde el centro de la pieza central hasta el centro de la pieza a mover. Posteriormente, este vector se ha duplicado y se ha aplicado nuevamente la transformación del vector de origen de la pieza central para trasladarlo al sistema de coordenadas original. Finalmente, una vez obtenida la nueva posición, la pieza se coloca en su nueva ubicación mediante el nodo "Set World Location".

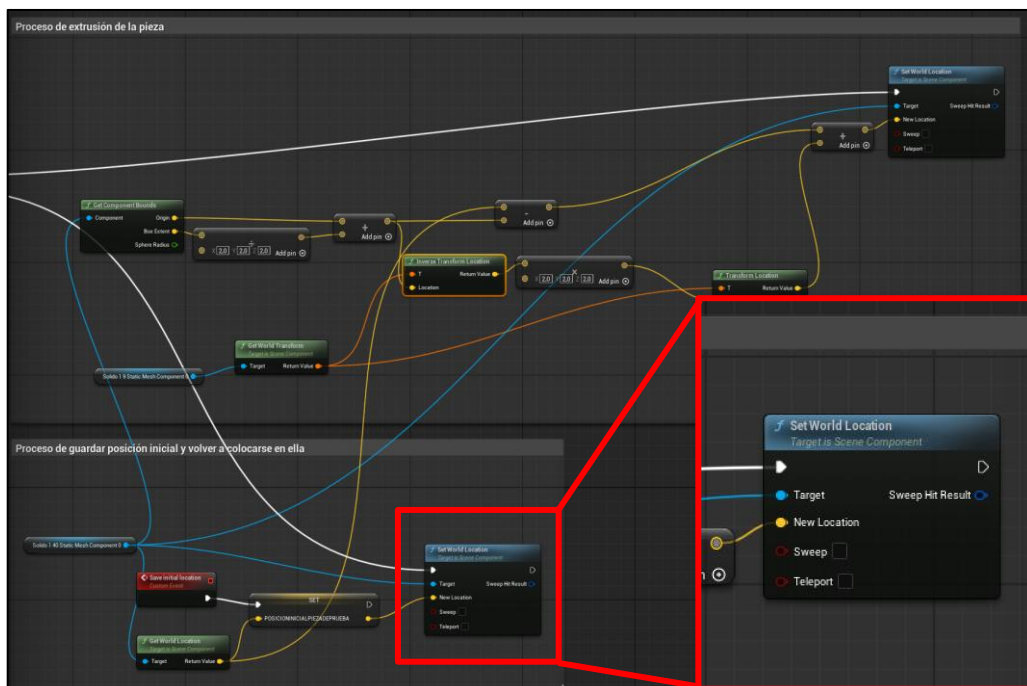


Figura 3-51 Código de "Explosionado de la pieza de prueba"

- Proceso de explosionado del conjunto

Para el proceso del explosionado se han utilizado el mismo código, adaptado a una matriz de muchos elementos, para ello ha sido esencial el uso de *Loops*, ya que nos permiten repetir una acción con cada una de las piezas sin tener que programar las piezas una a una. Con esto se ha conseguido un código eficiente y reducir el tiempo de programación.

1. En este caso en vez de que la posición inicial se guarde en un vector se guardará en una matriz, además se ha creado con la función de “*Get Children Components*” una matriz con todos los elementos del dron. Para ello sea utilizado la variable de “*Root component*”. Lo que hacen esta combinación de nodos es sacar todas las piezas del Blueprint, que en este caso son todos los componentes del dron y almacenarlos en una matriz. Esto nos ha permitido asignarle a cada pieza una posición inicial y una acción a la hora de realizar el explosionado sin tener que ir pieza por pieza.



Figura 3-52 Código de "Creación de la matriz de componentes"

2. El proceso de inicialización es muy similar al de una pieza. Lo único que se ha cambiado es que la posición inicial se guardará antes de explosionado, por lo que no hace falta el evento de guardar posición inicial.

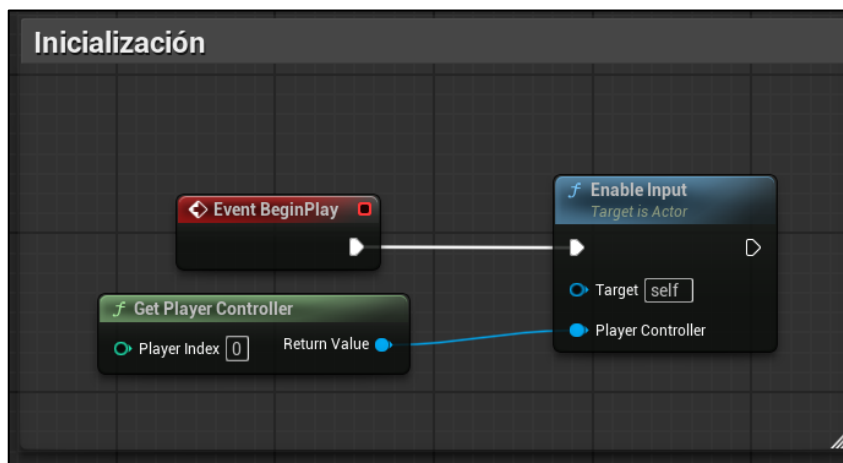


Figura 3-53 Código de "Inicialización"

3. El proceso de activación del explosionado es igual que en una pieza.
4. El proceso de reestablecer el dron en su posición inicial es igual que en una pieza, pero en vez de un vector se ha usado una matriz por lo que se ha hecho uso de un *Loop* para recorrer la matriz de componentes y asignarle su posición inicial.

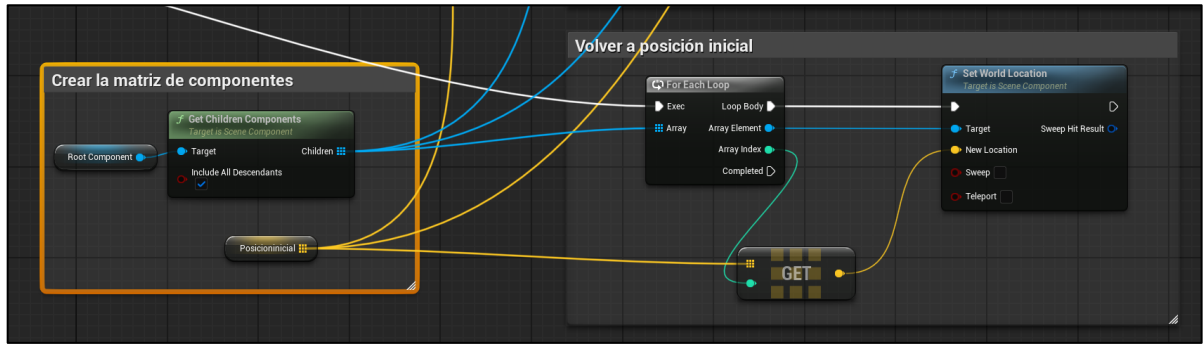


Figura 3-54 Código de "Reposición de las piezas a la posición inicial"

5. Antes de realizar el explosionado, se han eliminado todos los elementos de la matriz donde se almacenan las posiciones iniciales. Una vez vaciada la matriz, se han guardado las posiciones de cada pieza mediante un *Loop*, registrando su ubicación antes de proceder con la explosión. El explosionado se ha realizado de la misma manera que con una única pieza, con la diferencia en el factor de multiplicación del vector de desplazamiento. Dado que las piezas tienen diferentes distancias desde el centro del dron, se ha optado por multiplicar el vector por un factor variable, el cual disminuye de manera exponencial en función de la distancia de la pieza al centro. Cuanto más alejada esté la pieza del centro del dron, menor será el factor que multiplique el vector de desplazamiento. Esto ha permitido que el explosionado sea más contenido y equilibrado, evitando que las piezas más alejadas se dispersen en exceso.

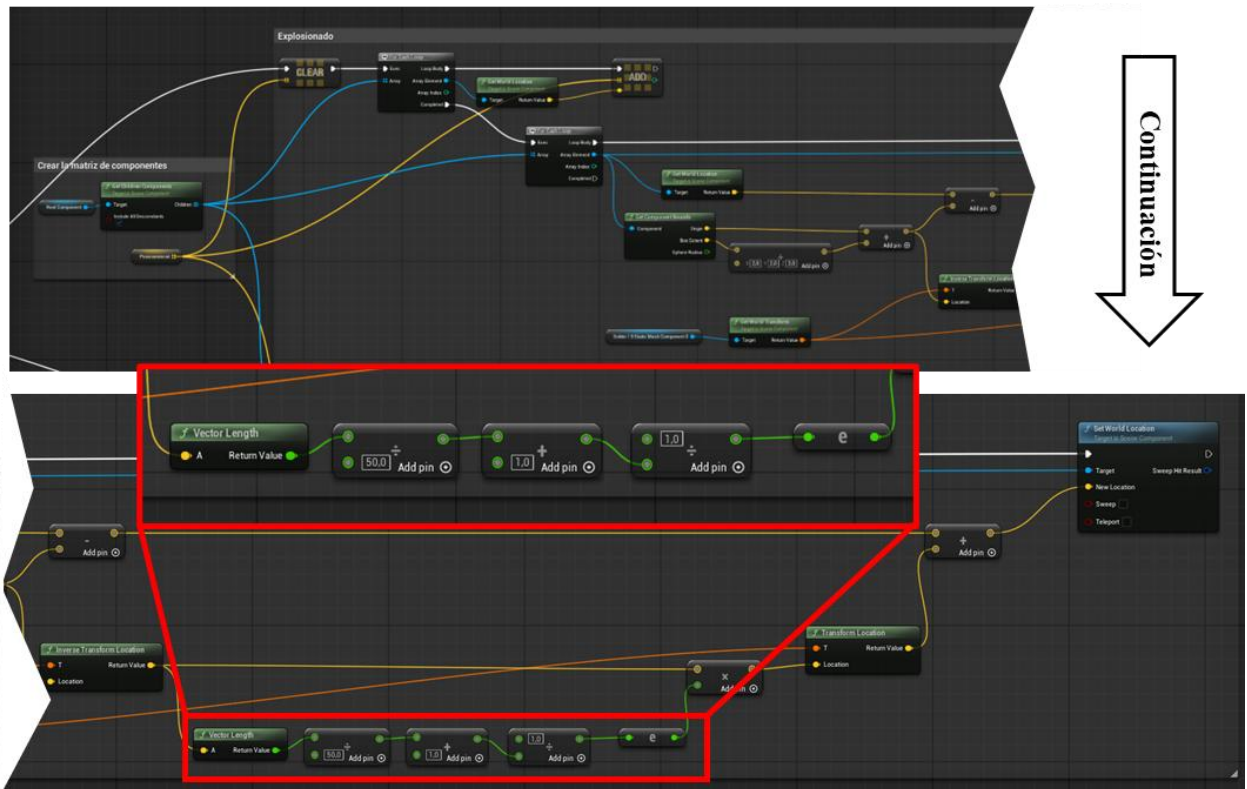


Figura 3-55 Código de "Explosionado del conjunto"

### 3.4.2.2 Visualización aislada de componentes esenciales del dron

En la programación de la visualización se ha aplicado el mismo procedimiento. Inicialmente, se desarrolló una forma de aislar y sombrear una pieza de forma individual. Tras lograr esta función con

éxito, se procedió a aplicarla al resto de las piezas. Posteriormente, se creó un menú interactivo que permite seleccionar las piezas específicas para su visualización aislada.

Antes de aplicar un sombreado distintivo a los componentes seleccionados del dron, es necesario garantizar que se cumplen dos condiciones fundamentales. En primer lugar, cada elemento debe ser de tipo *Static Mesh Component*, ya que únicamente este tipo de componentes permite modificar propiedades relacionadas con su apariencia visual. En segundo lugar, el material asociado a dicho componente debe ser *dinámico*, lo cual habilita la posibilidad de alterar sus parámetros durante la ejecución del programa. Para cumplir estos requisitos de forma automatizada, se ha desarrollado un Blueprint dentro del *Construction Script*, el cual recorre jerárquicamente los componentes del modelo y aplica dinámicamente el material adecuado a aquellos que cumplen las condiciones mencionadas.

El Blueprint se encuentra dentro del *Construction Script*, lo cual permite que su lógica se ejecute automáticamente en el editor cada vez que se realiza algún cambio en el actor. Antes de comenzar con el proceso de crear un material dinámico se ha creado una nueva variable de tipo *Map*, este tipo de variable permite asociar a cada elemento un parámetro que en este caso será el material dinámico. Para poder crear un material dinámico en cada pieza se han seguido los siguientes nodos:

1. *“Get Children Components”*:  
Se ha utilizado este nodo para obtener todos los componentes hijos del componente raíz del actor. El objetivo es asegurarse de que se inspeccionen todas las piezas del modelo del dron.
2. *“For Each Loop”*  
Con los resultados del nodo anterior, se inicia un bucle que itera sobre cada uno de los componentes obtenidos. Esto permite aplicar el proceso de verificación y asignación de material de forma individual a cada componente.
3. *“Cast to Static Mesh Component”*  
Durante la iteración, se intenta convertir cada componente al tipo *Static Mesh Component*. Este paso es crucial, ya que únicamente los componentes de este tipo pueden tener materiales asignables y modificables visualmente. Si el *cast* falla, se descarta el componente y se continúa con el siguiente.
4. *“Create Dynamic Material Instance”*  
Una vez verificado que el componente es un *Static Mesh*, se procede a crear una instancia dinámica de su material. Para ello, se extrae el material original (índice 0 por defecto) y se utiliza como base para crear una nueva instancia dinámica. Esta instancia permitirá modificar parámetros del material, como el color o la opacidad, en tiempo de ejecución. Toda esta información quedará almacenada en

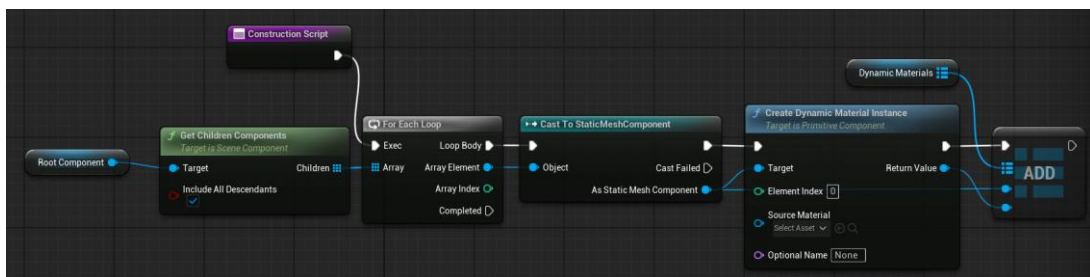


Figura 3-56 Código de “Creación de material dinámico sobre para cada pieza”

Una vez asignado un material dinámico a cada componente del modelo, se procedió a programar las funciones necesarias para permitir la visualización aislada de la pieza seleccionada. Para lograr este efecto, se implementaron dos acciones principales. En primer lugar, se desactivó la visibilidad de todos los componentes que no correspondían a la parte esencial seleccionada. En segundo lugar, se aplicó un sombreado distintivo a la pieza o conjunto de piezas seleccionadas. Para ello, se accedió al material base.

Dado que se había creado un único Blueprint que incluía todas las piezas, el material inicial (parent material) era común para todos los componentes, lo cual facilitó la programación de esta acción. A continuación, se modificó uno de sus parámetros, concretamente el de emisividad (*emissive color*), lo que permitió resaltar visualmente la pieza activa frente al resto del modelo. Todo este proceso se llevo acabo en la interfaz del material inicial mostrado en la Figura 3-57.

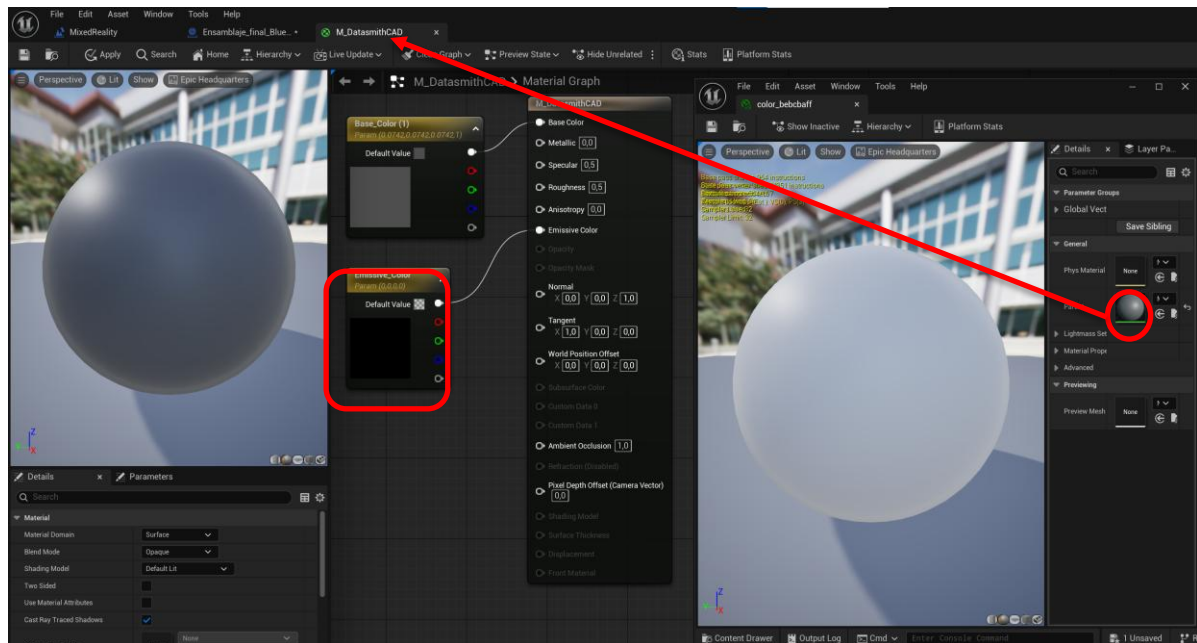


Figura 3-57 Interfaz del material base de las piezas

Una vez se ha implementado un parámetro de emisividad, se ha procedido a modificarlo su valor en función de la pieza que se deseaba visualizar. La lógica representada en el Blueprint permite ocultar todos los componentes que no correspondan a la pieza esencial seleccionada y, simultáneamente, aplicar un sombreado distintivo a dicha pieza. El proceso se basa en el uso de etiquetas (tags) y materiales dinámicos previamente asignados.

1. *“Component Has Tag”*  
En primer lugar, se comprueba si el componente actual posee una etiqueta específica que lo identifique como parte esencial del dron. Esta verificación permite distinguir entre los componentes que deben permanecer visibles y recibir el sombreado, y aquellos que deben ocultarse.
2. *“Branch”*  
La salida del nodo anterior se conecta a una rama condicional *“Branch”*. Si el componente tiene la etiqueta deseada (*True*), se ejecuta la lógica para resaltarlo. En caso contrario (*False*), se oculta su visibilidad.
3. *“Find (Dynamic Materials)”*  
Se accede al array de materiales dinámicos generados previamente. Utilizando el nodo *Find*, se localiza el material correspondiente al componente actual para poder modificar sus parámetros.
4. *“Set Vector Parameter Value”*  
Para los componentes etiquetados, se accede al material dinámico y se modifica su parámetro de color emisor (*Emissive\_Color*).
5. *“Set Visibility”*  
Para los componentes que no poseen la etiqueta especificada, se utiliza el nodo *“Set Visibility”* para desactivarlos visualmente en el entorno. Esto garantiza que únicamente la pieza seleccionada permanezca visible, facilitando su inspección detallada por parte del usuario.

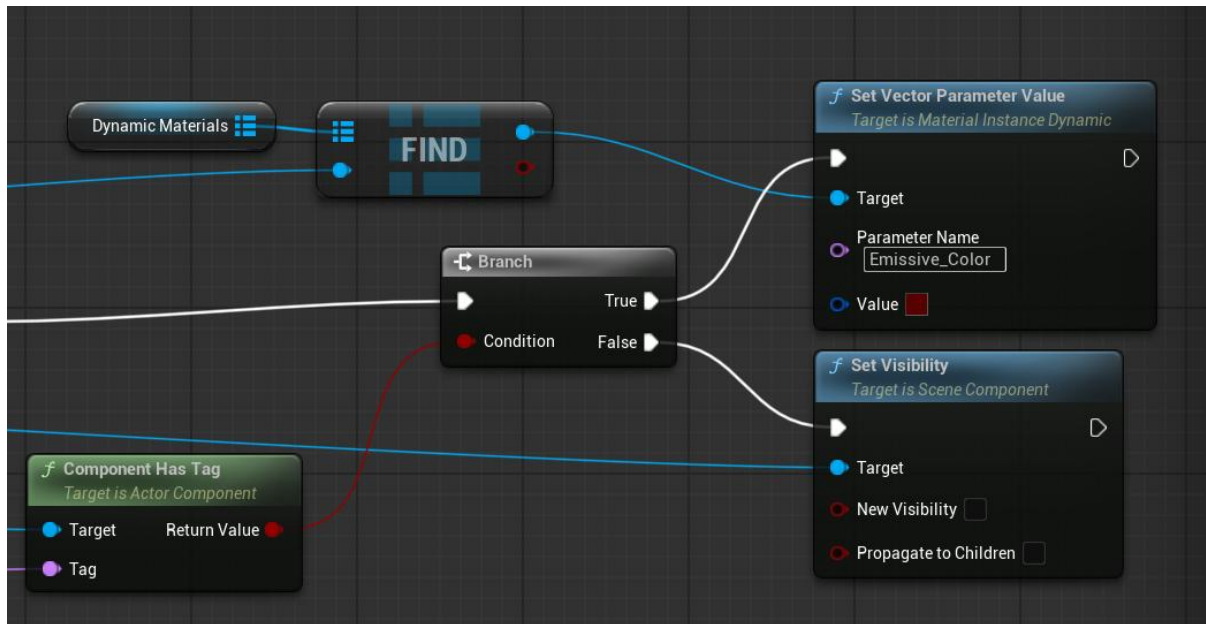


Figura 3-58 Código de “Visualización del conjunto seleccionado”

Para facilitar la aplicación de esta función sobre todas las piezas y posteriormente integrar un menú interactivo, se utilizó la herramienta de *Tag*. Esta herramienta permite asignar etiquetas específicas a cada pieza del modelo, lo que posibilita identificar la pieza seleccionada desde el menú y ejecutar la acción correspondiente sobre ella. Gracias a esta etiqueta ha sido posible la creación del menú de componentes. La asignación de etiquetas está mostrada en la Figura 3-59.

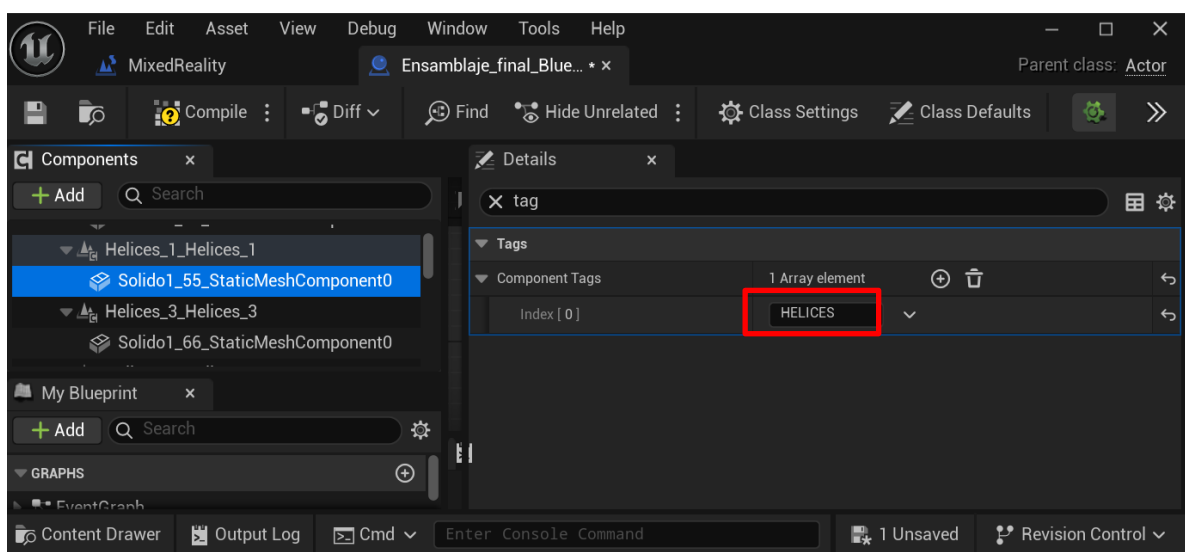


Figura 3-59 Interfaz para asignar una etiqueta a una pieza

El conjunto del dron se ha dividido en las siguientes categorías mediante etiquetas que se han ido poniendo a cada *Static Mesh Component* correspondiente:

- Hélices: Las cuatro hélices del dron.
- Motor: Los cuatro motores junto con sus bobinas y ejes respectivos.
- Tren de aterrizaje: Tanto el tren delantero como el trasero, incluyendo sus piezas de acoplamiento.
- Cámara: El gimbal y la cámara asociada
- Componentes electrónicos: LiDAR, placa de control de vuelo, los ESC, GPS y receptor radio.

- Carga: Las carcasas, el precinto y la carga.
- Batería: La carcasa de la batería y la batería en sí.
- Chasis: La estructuras superior e inferior.

Además de las piezas el menú se ha configurado para que ofrezca la función de reestablecer el dron y que vuelva a aparecer el dron completo con todas sus partes. Una vez se han puesto todas las etiquetas a los componentes necesarios, ya se puede ejecutar la acción dependiendo de la etiqueta seleccionada.

El Blueprint que se ha programado para la acción completa implementa la lógica general para el proceso de visualización aislada de componentes esenciales. Se compone de tres bloques funcionales principales: recorrido de componentes, reinicio de estado visual y resaltado de la pieza seleccionada.

### 1. Recorrer cada componente del conjunto

Esta primera acción inicial es igual que la que se ha utilizado para asignarle el material dinámico. Va a recorrer todos los elementos y va a asegurarse de que todos los componentes que vayan a ejecutar la siguiente acción sean de tipo *Static Mesh Component*. El único que cambio es que esta acción se ejecutará cuando se le llame a la función “Selección” que se ha creado. Esta función ha sido llamada una vez el usuario elija que parte quiere ver. Se explicará más adelante con el uso del menú.

### 2. Reset (Restablecer el estado de los materiales)

Antes de aplicar cualquier modificación visual específica, se realiza una fase de reinicio en la que se restablecen los valores de emisividad en todos los materiales dinámicos. Primero se vuelven a hacer visibles todos los componentes mediante el nodo de “*Set Visibility*”. Después, se accede a la referencia del material dinámico correspondiente mediante el nodo *Find*, buscando dentro de la variable *map* de materiales previamente creado. Una vez recuperado, se utiliza el nodo “*Set Vector Parameter Value*” para establecer el parámetro *Emissive\_Color* a un valor neutro (habitualmente negro o sin intensidad emisiva). Esto garantiza que no queden restos visuales de selecciones anteriores y que solo la nueva selección se destaque correctamente.

### 3. Resaltado de la pieza seleccionada

Este apartado es el que se ha explicado anteriormente. Cabe destacar que, antes de su ejecución, se incluye una bifurcación condicional mediante un nodo “*Branch*”, el cual determina si el usuario ha seleccionado la opción *RESET* o la visualización de un conjunto. En caso de que se haya activado la opción de *RESET*, no se continúa con la acción de resaltado. Por el contrario, si se ha seleccionado un conjunto, se comprueba si el componente posee la etiqueta correspondiente, y en caso afirmativo, se ejecuta la lógica previamente descrita para aplicar el sombreado y mantener la visibilidad activa.

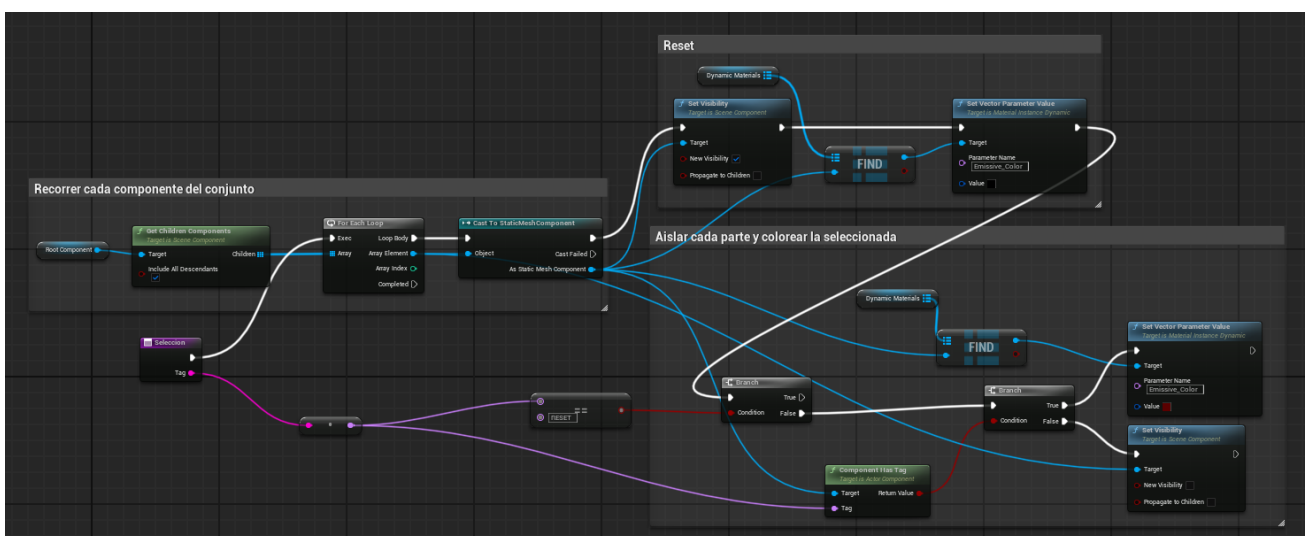


Figura 3-60 Código de “Sistema de resaltado, ocultación y reseteo de las piezas seleccionadas”

### 3.4.2.3 Menú interactivo

Una vez implementada la lógica para la visualización selectiva de componentes, ha sido necesario desarrollar un menú interactivo que permita al usuario seleccionar, de forma intuitiva, qué conjunto de piezas desea visualizar dentro del entorno virtual.

Este menú constituye el elemento principal de interacción, ya que conecta directamente al usuario con las funcionalidades programadas en el sistema, sin requerir intervención técnica ni conocimientos previos sobre el motor gráfico o la estructura del modelo. Para implementar el menú interactivo que permite al usuario seleccionar los diferentes grupos de componentes del dron, se han utilizado tres Blueprints principales mostrados en la Figura 3-61:

- *ButtonName*  
Este Blueprint sirve como clase de datos asociada a cada entrada del menú. Contiene la variable *Name*, que almacena el nombre de la categoría y se utiliza para vincular el texto del botón con la acción a ejecutar cuando se selecciona.
- *WidgetMenu*  
Es el Blueprint principal del menú. Se encarga de generar dinámicamente la interfaz visual que contiene todos los botones, utilizando una *ListView*. Este Blueprint contiene la lógica que recorre una lista de categorías predefinidas y crea un botón para cada una de ellas.
- *W\_Boton*  
Es el Blueprint que define la plantilla de cada entrada en la lista del menú. Se trata de un widget personalizado que representa un botón individual, con un texto asociado que indica el nombre del grupo de componentes correspondiente. Además, incluye la lógica para detectar cuándo se hace clic en el botón.

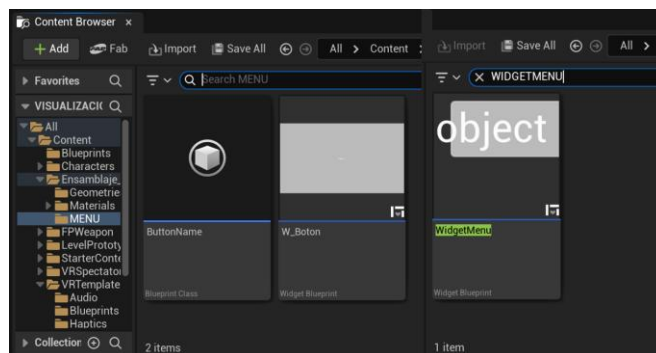


Figura 3-61 Blueprints utilizados para la elaboración del menú interactivo

El Blueprint *ButtonName*, se ha creado como una clase de objeto auxiliar que actúa como contenedor de datos para cada una de las entradas del menú interactivo. Su función es almacenar la información necesaria para identificar y etiquetar cada botón que se genera en el menú. Este Blueprint es de tipo *Object*, y su estructura es extremadamente sencilla, ya que contiene una única variable: “*Name*”. Variable de tipo *String*, que almacena el nombre del grupo de componentes que representará el botón (por ejemplo, Motor, Cámara, Tren de aterrizaje, etc.). Aunque su funcionalidad es simple, el Blueprint *Buttonname* cumple un papel clave, ya que permite separar los datos de la interfaz visual y mantener una estructura limpia.

El Blueprint *WidgetMenu* cuenta con dos vistas principales: *Designer* y *Graph*, mostradas en la esquina superior derecha de la Figura 3-62. La vista *Designer* es la encargada del diseño visual del menú interactivo. Desde esta interfaz se ha definido la estructura gráfica que compondrá el menú de selección dentro del entorno de realidad mixta. En esta interfaz se ha incorporado un contenedor de tipo *ListView*, que representa el listado de opciones visuales del menú. Este componente ha sido nombrado “*ListView\_252*” y permite mostrar múltiples elementos en forma de lista vertical, con opciones como el

espaciado, alineación o comportamiento de *scroll* personalizable. Para definir el aspecto y contenido de cada uno de los elementos de esta lista, se ha utilizado el widget personalizado *W\_Boton*, el cual ha sido asignado como clase de entrada (*Entry Widget Class*) en las propiedades de la *ListView*. De esta manera, cada fila del menú representará uno de los conjuntos de componentes del dron, con su propio botón interactivo. Esta organización modular permite mantener una interfaz limpia y escalable, donde cualquier cambio en el estilo o funcionalidad de los botones se puede gestionar directamente desde *W\_Boton*, afectando automáticamente a todos los elementos del menú.

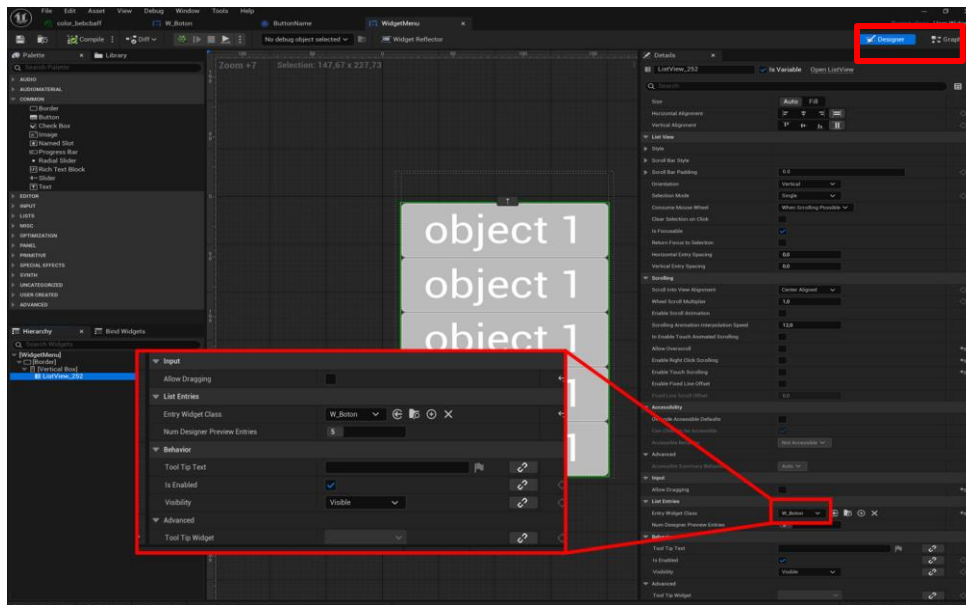


Figura 3-62 Interfaz *Designer* del *WidgetMenu*

El Blueprint *W\_Boton* representa cada una de las entradas individuales del menú interactivo. Este *widget* actúa como plantilla de botón que se instancia dinámicamente dentro del *ListView* del *WidgetMenu*, y se asocia a una categoría concreta del dron. Al igual que el *WidgetMenu* tiene dos interfaces, *Designer* y *Graph*.

En la vista *Designer*, se ha diseñado visualmente el botón mediante el uso de un componente *Button*, al que se le ha asignado un campo de texto que mostrará el nombre del conjunto de componentes correspondiente. Este texto se actualizará dinámicamente durante la ejecución. Además, desde esta vista se han configurado los estilos visuales del botón, incluyendo colores, tamaño, márgenes y comportamiento al pasar el puntero o hacer clic.

La vista *Graph*, mostrada en la Figura 3-63, contiene la lógica funcional del botón. Su comportamiento se estructura en dos partes principales:

1. Asignación del nombre visual.

Al producirse el evento “*On List Item Object Set*”, el botón recibe el objeto *ButtonName* correspondiente, explicado anteriormente. A través de un *cast*, se extrae la variable “*Name*”, y esta se utiliza para establecer el valor del texto mostrado en pantalla.

2. Acción al hacer clic.

Cuando el usuario pulsa el botón “*On Clicked*”, se ejecuta una búsqueda del actor principal seleccionado que contiene el ensamblaje del dron. A continuación, se llama a la función “*Selección*” dentro de ese actor, pasándole como parámetro el nombre almacenado. De este modo, se activa la lógica de visualización selectiva para el conjunto de piezas correspondiente explicada en la sección de Visualización aislada de componentes esenciales del dron. Con esta acción se consigue que el usuario se el que escoja que parte del dron quiere ver, lo que permite una interacción del usuario en el momento de visualización del modelo.

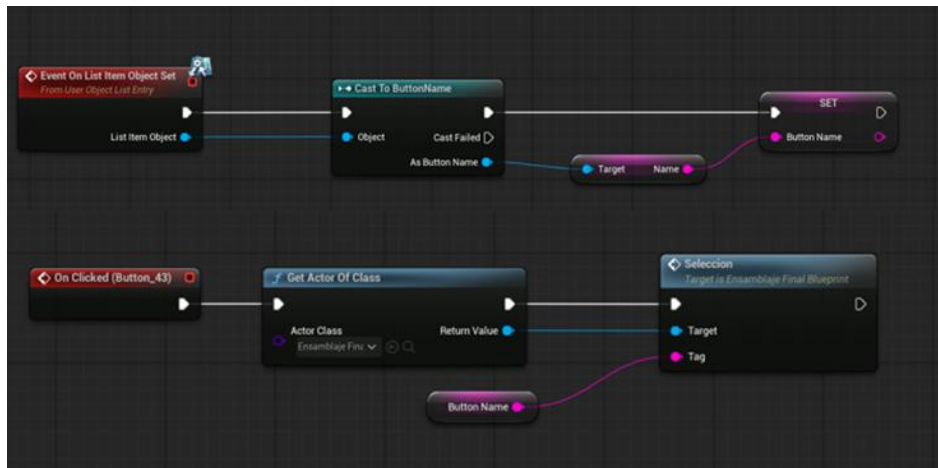


Figura 3-63 Código del Blueprint "W\_Boton"

La vista *Graph* del Blueprint *WidgetMenu*, mostrada en la Figura 3-64, contiene la lógica que se ejecuta automáticamente cuando se construye el menú en el entorno de realidad mixta. Su función principal es generar dinámicamente todos los botones del menú a partir de una lista de nombres predefinidos. El proceso se inicia con el evento “Construct”, que activa un bucle “For Each Loop” encargado de recorrer la variable “ObjectList”, un array que se ha creado de tipo *String* que contiene los nombres de todos los conjuntos de componentes que pueden seleccionarse mostrados en la esquina inferior izquierda. Para cada elemento del array, se realizan los siguientes pasos:

1. Se instancia el objeto *ButtonName*, con lo que se crea un proceso de crear una copia funcional para poder utilizarla dentro del programa con un nombre asignado individualmente, que servirá como contenedor del texto del botón.
2. Se asigna al objeto su nombre correspondiente mediante el nodo “Set Name”.
3. A continuación, este objeto se añade como nuevo ítem a la *ListView* con el nodo de “Add Item”, que mostrará el conjunto completo de botones al usuario.

Gracias a esta estructura, el menú se adapta automáticamente al contenido del array “ObjectList”, lo que permite agregar o eliminar opciones sin necesidad de modificar manualmente la interfaz visual.

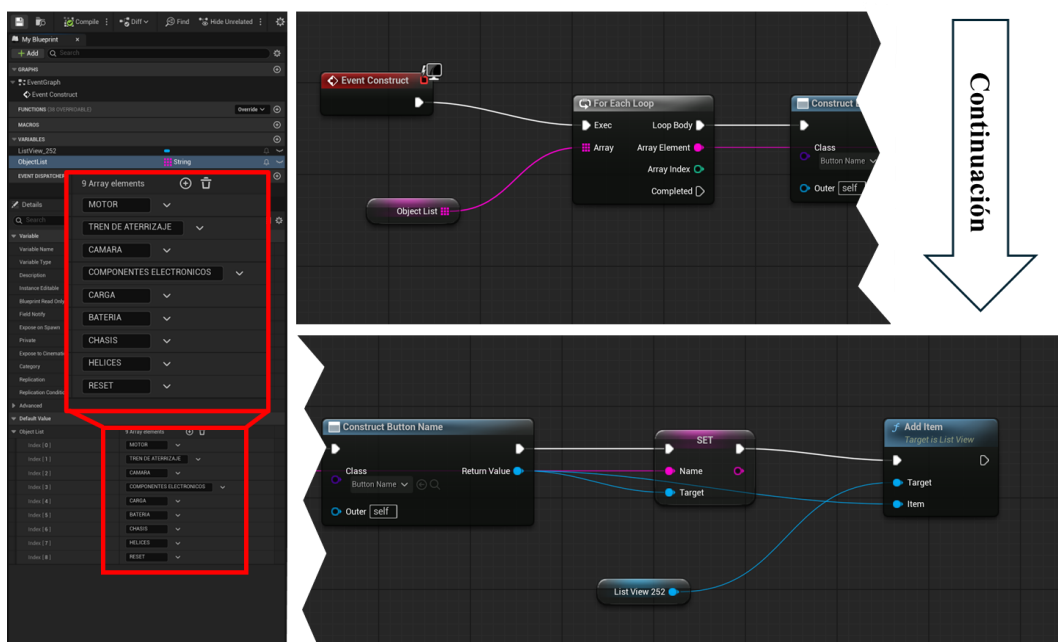


Figura 3-64 Código del Blueprint “WidgetMenu”

### 3.4.3 Realidad mixta

El cambio del entorno desarrollado, desde realidad virtual hacia realidad mixta, se ha realizado siguiendo las instrucciones proporcionadas por la documentación oficial de Meta para desarrolladores en Unreal Engine [40]. Esta guía ofrece información detallada sobre la configuración del proyecto, ajustes específicos y recomendaciones prácticas necesarias para adaptar correctamente la aplicación desarrollada al entorno de realidad mixta, asegurando así un funcionamiento óptimo en las gafas Meta Quest utilizadas.

Para adaptar el proyecto al entorno de realidad mixta, se activó y configuró el *plugin* “Meta XR”, siguiendo la documentación oficial de Meta. En primer lugar, se habilitó el *plugin*, y posteriormente se reinició el editor para aplicar los cambios. Una vez activado, se accedió a la sección de *Project Settings*, donde se ajustaron los parámetros del *plugin* “Meta XR”, como el sistema de renderizado, el espacio de color y la compatibilidad con dispositivos. Adicionalmente, se utilizó la herramienta “Meta XR Project Setup Tool”, que permite configurar automáticamente opciones recomendadas y requeridas según el tipo de dispositivo. Por último, desde la ventana *Meta XR Platform*, se definieron parámetros específicos como el directorio de compilación y el dispositivo objetivo, finalizando con un nuevo reinicio del editor para aplicar todas las configuraciones. Además de la configuración inicial del *plugin* “Meta XR”, se implementó el sistema de realidad mixta con *passthrough persistente* para permitir que el entorno físico del usuario sea visible a través del visor, integrando de forma fluida los elementos virtuales en el espacio real. Para ello, se utilizó el *Level Blueprint*, donde se añadió el nodo “Event BeginPlay”, que se ejecuta al iniciar el nivel. Desde este nodo, se llamó a la función “Initialize Persistent Passthrough”, perteneciente al *Passthrough Subsystem*, que permite activar la superposición del entorno real de forma continua durante la experiencia. Esta configuración es clave para lograr la inmersión propia de la realidad mixta, ya que habilita la visualización del entorno físico mientras se mantienen los elementos virtuales interactivos en pantalla.

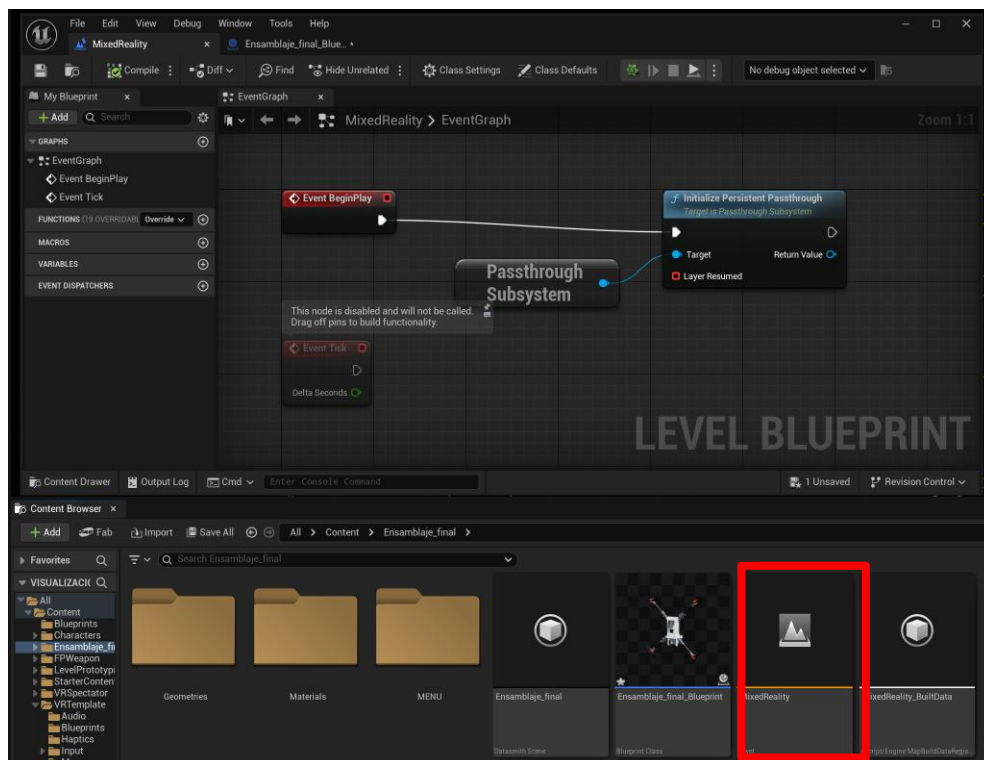
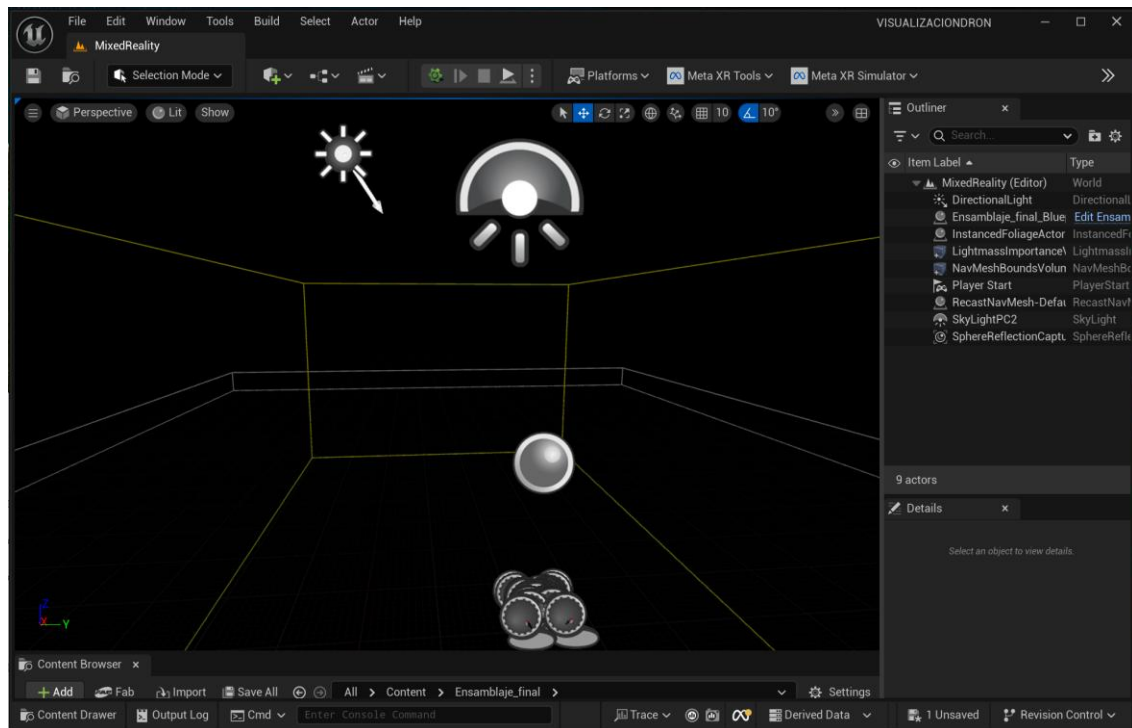


Figura 3-65 Blueprint para integrar realidad mixta en el programa

Una vez se configurado el entorno, se ha procedido a abrir la aplicación de Meta Quest Link, que cumple una función similar a Steam Link, encargándose de conectar las gafas Meta Quest con el

ordenador. El uso de esta aplicación es esencial para la realidad mixta, ya que permite no solo la transmisión de información desde el ordenador hacia las gafas, sino también el flujo de datos en sentido inverso, facilitando así la integración del entorno real con el virtual.

Para finalizar la integración del entorno en realidad mixta, se eliminó todo el contenido presente en el escenario, incluido el mundo virtual, con el objetivo de dar paso a la visualización del entorno real captado por el visor. No obstante, se mantuvo la iluminación propia del entorno de realidad virtual para que el dron proyectara sombras, aportando así mayor realismo e integración visual con el entorno físico.



**Figura 3-66** Interfaz del escenario adaptado a realidad mixta

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Descripción del apartado.

En el apartado anterior se detalló el proceso de diseño, ensamblaje y programación. En este apartado se exponen los resultados obtenidos, tanto en términos del prototipo digital desarrollado como su integración en la realidad mixta, evaluando su funcionalidad y rendimiento visual.

### 4.2 Resultado del modelo CAD

#### 4.2.1 Modelo digital

El modelo digital del dron ha sido desarrollado utilizando el software Autodesk Inventor, tomando como referencia la estética del dron BOLT-M, sobre el cual se ha basado el diseño general del proyecto. El objetivo ha sido representar de forma precisa la estructura y los componentes del dron, logrando una geometría realista y adaptada para su posterior integración en entornos de realidad virtual y mixta.

Cada componente se ha modelado de forma individual, permitiendo su uso modular dentro del motor gráfico y facilitando funciones como la visualización explosionada, la asignación de materiales y apariencias. El resultado final ha sido un modelo completo, funcional y visualmente fiel al diseño original. En la Figura 4-1 se muestra el dron completamente ensamblado con un acabado estético pulido. Se puede observar claramente la disposición simétrica de los cuatro brazos, las hélices, y el cuerpo central con los detalles del chasis. Este renderizado busca representar el estado final del modelo que será utilizado dentro del entorno virtual, transmitiendo una apariencia estética y cercana al producto real. En esta vista se pueden ver los diferentes detalles que le dan realismo al modelo, como los reflejos y las sombras ambientales.

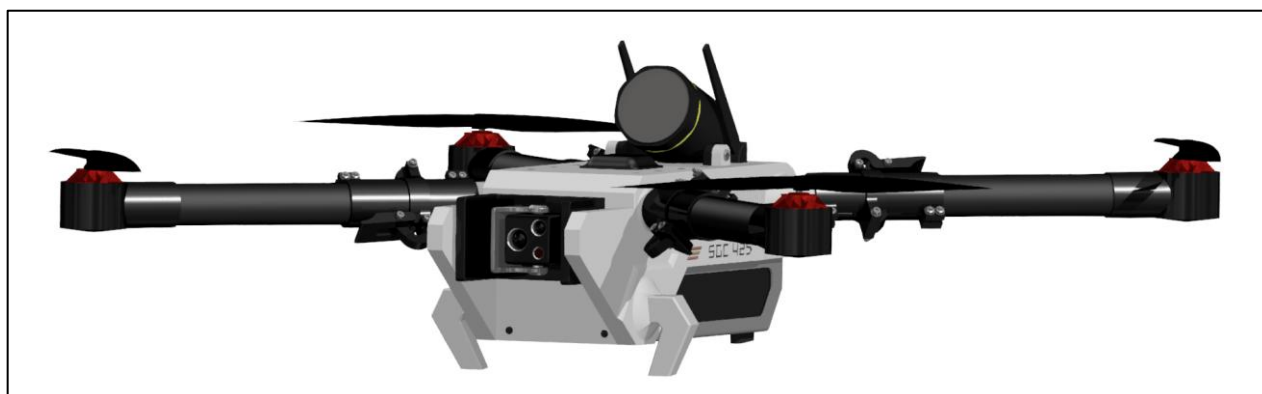
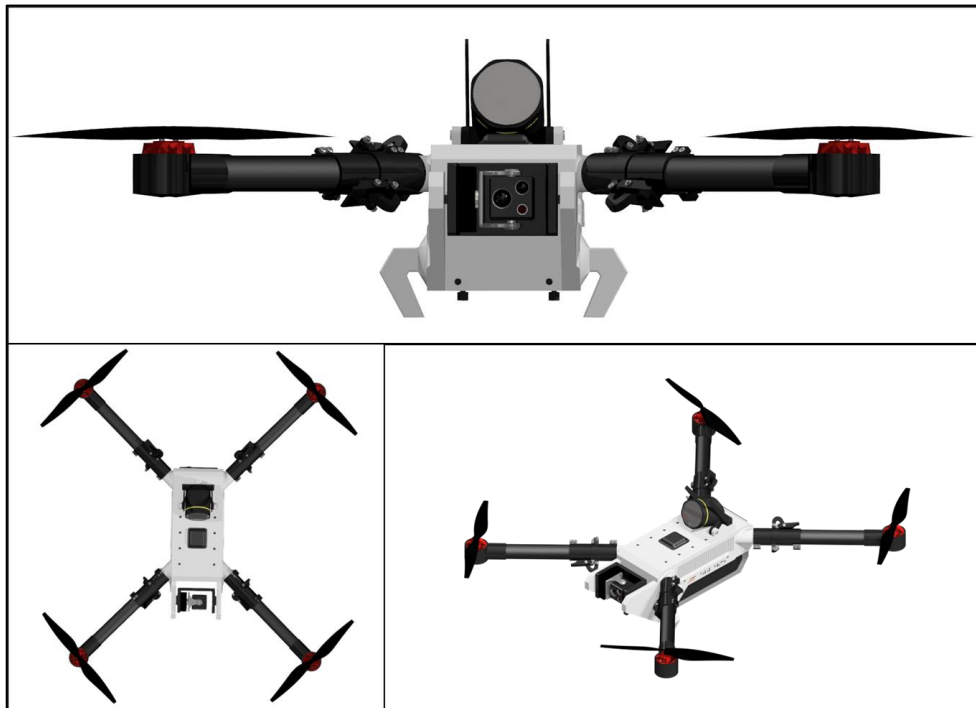


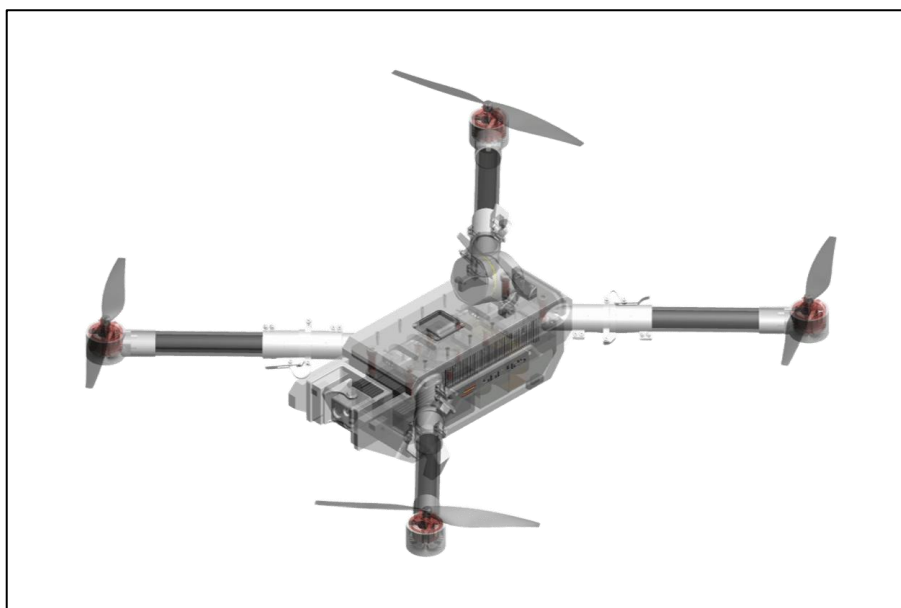
Figura 4-1 Vista de frente renderizada del modelo

En la Figura 4-2 se muestra el dron completo desde diferentes vistas, en esta composición se pueden ver prácticamente todos los detalles que le aportan realismo al modelo, aparte que le dan coherencia y sentido. En la parte superior se puede apreciar las diferentes texturas en los lentes de la cámara.



**Figura 4-2 Vista general del dron renderizado**

En la Figura 4-3 se presenta el modelo del dron en una vista semitransparente, que permite visualizar simultáneamente tanto el exterior como los componentes internos del dispositivo. Este tipo de representación es especialmente útil para comprender la distribución espacial de los elementos que conforman el sistema, tales como el chasis, los componentes electrónicos, las conexiones estructurales y los mecanismos de anclaje. Gracias a esta visualización, es posible analizar cómo se integran y relacionan las distintas piezas dentro del volumen total del dron, sin necesidad de realizar un desmontaje físico o virtual del modelo.



**Figura 4-3 Vista en modo transparente del modelo**

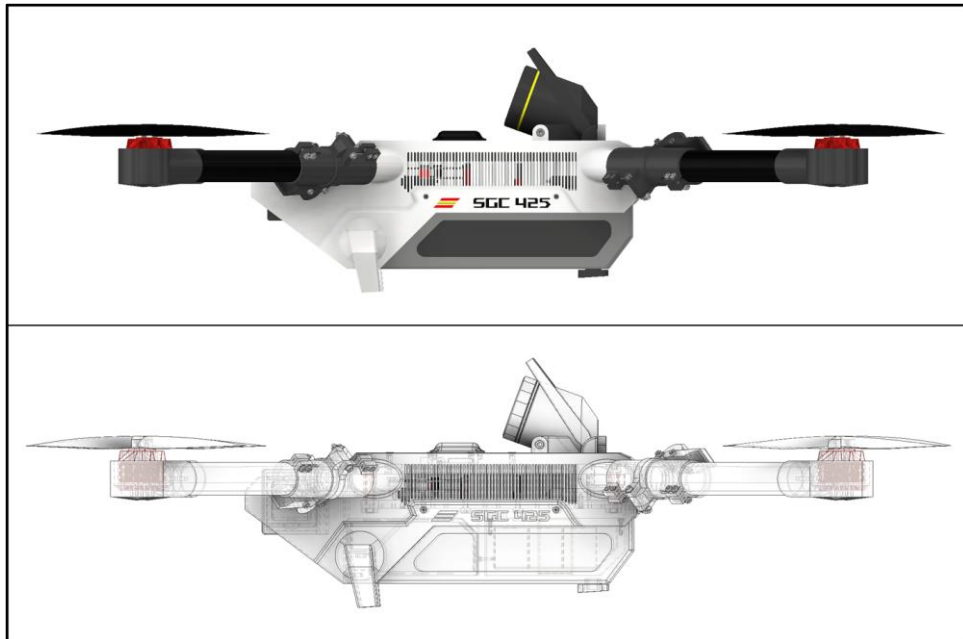
En la Figura 4-4 se representa el dron en su configuración compacta, con los brazos plegados hacia el cuerpo principal. Esta disposición forma parte del diseño mecánico del modelo, simulando una posible configuración de transporte o almacenamiento. La incorporación de este estado plegado no solo aporta mayor realismo y coherencia funcional al conjunto digital, sino que también refleja un enfoque práctico orientado a la portabilidad del sistema. Este tipo de diseño es común en drones de uso profesional, donde la optimización del espacio y la facilidad de traslado son factores clave.



**Figura 4-4** Modelo renderizado con los brazos plegados

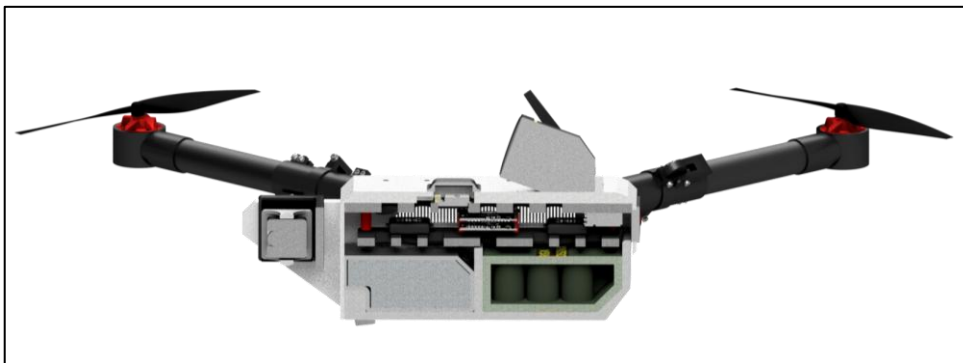
La Figura 4-5 presenta dos representaciones laterales del modelo tridimensional del dron. En la parte superior se observa la vista realista renderizada, donde se muestra el acabado exterior del dron con sus detalles visuales y proporciones definitivas, orientada a representar su apariencia final en un entorno de presentación. En la parte inferior, se incluye una vista alámbrica con aristas ocultas, una representación técnica que permite visualizar tanto el contorno exterior como la disposición interna del modelo. Esta vista resulta especialmente útil para el análisis estructural, ya que facilita la interpretación geométrica del conjunto sin necesidad de seccionar el modelo. La combinación de ambas vistas refleja el doble

enfoque del proyecto: por un lado, la fidelidad visual del diseño, y por otro, la claridad técnica necesaria para su estudio.



**Figura 4-5 Vista lateral sólida (superior) y alámbrica (inferior)**

El corte transversal mostrado en la Figura 4-6 ofrece una visión interna detallada del modelo, revelando la disposición de componentes críticos como la batería, el cableado, la electrónica y el sistema de montaje. Este tipo de vista es especialmente valiosa desde el punto de vista técnico, ya que proporciona una mejor comprensión del funcionamiento interno y de la lógica estructural aplicada durante el modelado.



**Figura 4-6 Renderizado de la sección transversal del modelo**

Como complemento al presente apartado, en el Anexo III: Modelo digital interactivo se ha incluido un modelo digital interactivo del dron, accesible desde cualquier navegador. Este recurso permite al lector visualizar el ensamblaje en distintas representaciones como sólido, transparente, ilustración o trama y explorar el modelo de forma libre, mediante acciones como rotar, desplazar, ampliar o reducir el tamaño.

Este visor resulta especialmente útil para aquellas personas que no estén familiarizadas con software CAD, ya que permite examinar el dron en detalle sin necesidad de conocimientos técnicos específicos. Además, en el panel lateral derecho se pueden seleccionar distintas vistas predeterminadas (frontal, lateral, superior, etc.), lo que facilita una observación estructurada del modelo. También se incluye un listado completo de componentes, de forma que, al seleccionar una pieza concreta, esta se resalta

visualmente mientras que el resto del modelo se muestra de manera transparente, lo que permite identificar su ubicación y características geométricas con mayor claridad.

#### 4.2.2 Planimetría

Como parte del proceso de documentación técnica del modelo, se ha procedido a la generación de la planimetría proyectiva del dron aéreo de combate desarrollado, presentados en el Anexo IV: Planimetría. Estos planos han sido elaborados a partir del modelo 3D en Autodesk Inventor y tienen como objetivo principal representar de forma clara y precisa la geometría de los distintos componentes del dron, mediante vistas ortogonales, secciones y detalles representativos.

Es importante destacar que la planimetría generada no corresponde a planos constructivos, ya que el propósito de este Trabajo Fin de Grado no es la fabricación real del vehículo. Por razones de confidencialidad y seguridad asociadas al carácter militar del dron representado, se ha optado por desarrollar únicamente planos proyectivos con finalidad descriptiva y didáctica. Estos documentos permiten definir geoméricamente los elementos del modelo, facilitando su análisis estructural y visualización técnica, pero no contienen información específica sobre tolerancias, materiales ni procesos de fabricación.

La planimetría generada constituye una herramienta esencial para la comprensión técnica del modelo digital desarrollado. A través de las diferentes tablas, se ofrece una representación estructurada y detallada de cada conjunto funcional del dron, permitiendo identificar tanto su forma como su disposición relativa dentro del sistema global. Aunque estos planos no están destinados a la fabricación, su elaboración proyectiva ha sido clave para definir con precisión la geometría de cada elemento y para establecer una base documental sólida del modelo 3D.

Además, la inclusión de secciones, vistas explosionadas y detalles específicos facilita el análisis técnico del conjunto desde múltiples perspectivas, sirviendo como soporte para futuras modificaciones, optimizaciones o integraciones del modelo en otros entornos de simulación. En conjunto, este apartado consolida el modelo no solo como una representación visual, sino como una estructura técnicamente coherente y rigurosamente documentada.

Designación	Numeración
Vista isométrica del ensamblaje completo a color	1
Vista isométrica del ensamblaje completo a línea	2
Vistas principales del ensamblaje completo a color	3
Vistas principales del ensamblaje completo a línea	4
Vista isométrica del ensamblaje plegado a color	5
Vista isométrica del ensamblaje plegado a línea.	6
Sección del ensamblaje completo	7
Explosionado general	8
Explosionado de conjunto	9

**Tabla 4-1 Planos del ensamblaje completo**

En la Tabla 4-1 se establecen los planos en los que se representa el dron en su conjunto, mostrando las vistas ortogonales principales y una vista isométrica. Este plano ofrece una visión general de la estructura global del modelo, siendo el punto de partida para comprender su forma y proporciones.

<b>Designación</b>	<b>Numeración</b>
Explosionado del conjunto del interior	10
Despiece del GPS	10.1
Despiece del ESC	10.2
Despiece de la placa de control de vuelo	10.3
Despiece del receptor radiocontrol	10.4
Despiece del cuerpo superior	10.5
Despiece del cuerpo inferior	10.6
Despiece del antivibrador exterior	10.7
Despiece del antivibrador interior	10.8

**Tabla 4-2 Planos del conjunto del interior**

En la Tabla 4-2 recoge los planos correspondientes al conjunto del interior del dron, estructurados en un formato jerárquico y numerado. Se inicia con una vista explosionada general del conjunto interior, la cual permite visualizar la disposición relativa de todos los componentes internos

<b>Designación</b>	<b>Numeración</b>
Explosionado del conjunto del motor	11
Despiece del brazo	11.1
Despiece de la hélice	11.2
Despiece del motor	11.3
Despiece del eje	11.4
Despiece de la bobina	11.5
Despiece del acople del motor	11.6

**Tabla 4-3 Planos del conjunto del motor**

La Tabla 4-3 presenta los planos proyectivos del conjunto del motor, un subsistema que combina tanto componentes estructurales como elementos de propulsión. Se inicia con una vista explosionada general del conjunto, que permite identificar cómo se ensamblan los distintos elementos que lo integran.

<b>Designación</b>	<b>Numeración</b>
Explosionado del conjunto de la carga	12
Despiece del precinto	12.1
Despiece de la carga	12.2
Despiece de la carcasa superior	12.3
Despiece de la carcasa inferior	12.4

**Tabla 4-4 Planos del conjunto de la carga explosiva**

La Tabla 4-4 recoge los planos proyectivos del conjunto de la carga explosiva. Se incluye una vista explosionada que muestra la disposición general del sistema, junto con los despieces del precinto, la carga y las carcasas superior e inferior que conforman el módulo.

<b>Designación</b>	<b>Numeración</b>
Explosionado del conjunto de la cámara	13
Despiece de la cámara	13.1
Despiece del soporte interior	13.2
Despiece del soporte exterior	13.3

**Tabla 4-5 Planos del conjunto de la cámara**

La Tabla 4-5 presenta los planos proyectivos del conjunto de la cámara. Incluye una vista explosionada del sistema y los despieces de la cámara, el soporte interior y el soporte exterior. Estos planos permiten analizar tanto la geometría de la cámara como los elementos de fijación que garantizan su estabilidad durante el vuelo.

<b>Designación</b>	<b>Numeración</b>
Explosionado del conjunto de la batería	14
Despiece de la carcasa izquierda de la batería	14.1
Despiece de la carcasa derecha de la batería	14.2
Despiece de la batería	14.3

**Tabla 4-6 Planos del conjunto de la batería**

La Tabla 4-6 muestra los planos proyectivos del conjunto de la batería. Incluye una vista explosionada general, así como los despieces de la carcasa izquierda, la carcasa derecha y la propia batería. Estos planos permiten analizar cómo se protege e integra el sistema de alimentación en el interior del dron, garantizando su fijación y accesibilidad para posibles sustituciones o mantenimiento.

<b>Designación</b>	<b>Numeración</b>
Explosionado del conjunto de la articulación del brazo	15
Despiece del acople al chasis	15.1
Despiece del acople al brazo	15.2
Despiece de la pestaña	15.3
Despiece del conector	15.4

**Tabla 4-7 Planos del conjunto de la articulación del brazo**

La Tabla 4-7 recoge los planos del conjunto de la articulación del brazo. Incluye una vista explosionada general y los despieces del acople al chasis, acople al brazo, pestaña de fijación y conector. Este conjunto resulta clave para comprender cómo se une y articula el brazo del dron con el cuerpo principal, permitiendo su montaje seguro y funcional. Gracias al modelado de estas piezas se ha conseguido un plegado del dron, que ha incrementado el realismo del modelo diseñado, ya que una de las funcionalidades de los drones es que sean portables y sin estas piezas, no sería posible.

<b>Designación</b>	<b>Numeración</b>
Explosionado del conjunto del tren de aterrizaje	16
Despiece del tren de aterrizaje	16.1
Despiece del acople al chasis	16.2
Despiece del tren de aterrizaje trasero	16.3
Despiece del amortiguador del tren de aterrizaje trasero	16.4

**Tabla 4-8 Planos del conjunto del tren de aterrizaje**

La Tabla 4-8 recoge los planos proyectivos del conjunto del tren de aterrizaje. Se incluye una vista explosionada del sistema completo, junto con los despieces del tren de aterrizaje delantero, el acople al chasis, el tren de aterrizaje trasero y su correspondiente amortiguador. Esta representación permite analizar cómo se distribuyen los puntos de apoyo del dron

<b>Designación</b>	<b>Numeración</b>
Despiece del chasis superior	17
Despiece del chasis inferior	18
Despiece del LiDAR	19
Despiece de la tapa del GPS	20

**Tabla 4-9 Planos de despiece**

La Tabla 4-9 recoge los planos de despiece de componentes que no estaban integrados en ninguno de los subconjuntos anteriores. Incluye los despieces del chasis superior e inferior, el sensor LiDAR y la tapa del compartimento GPS. Su representación individual permite documentar su geometría y disposición, completando así la planimetría técnica del modelo.

### **4.3 Informática gráfica**

Una vez finalizado el desarrollo del entorno virtual y completada la implementación de las funcionalidades programadas se ha procedido a verificar su correcto funcionamiento dentro del motor Unreal Engine. Para ello, se han cargado los modelos 3D, los sistemas de interacción visual, los materiales dinámicos y el menú de selección.

El entorno desarrollado ha sido probado en el visor Meta Quest 3, validando así su funcionamiento en condiciones reales. Durante la experiencia, el usuario puede visualizar el modelo del dron superpuesto sobre el entorno físico, e interactuar con él mediante un menú flotante y los mandos correspondientes.

El entorno resultante permite al usuario visualizar el dron superpuesto sobre su espacio real, mostrado en la Figura 4-7, f facilitando una experiencia inmersiva y realista mediante el uso de realidad mixta. La integración del modelo digital en el entorno físico permite al usuario recorrerlo desde diferentes ángulos y distancias, favoreciendo una mejor comprensión del volumen, proporciones y configuración del dron. Las distintas funciones interactivas implementadas, como la visualización explosionada o la selección de componentes mediante un menú contextual, pueden ser activadas fácilmente mediante los mandos del visor. Gracias a esta implementación en un entorno real, el usuario no solo puede observar el modelo en escala real directamente sobre el espacio físico, sino también

interactuar con él de forma dinámica, lo que refuerza su utilidad como herramienta didáctica y de exploración técnica.

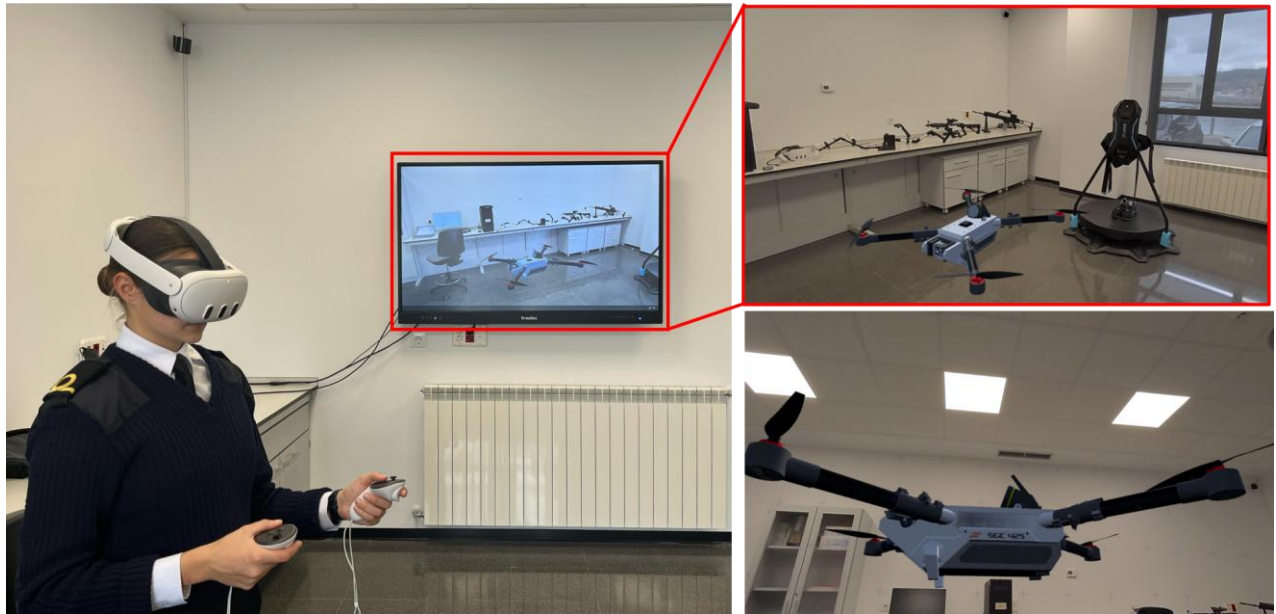


Figura 4-7 Visualización del dron en entorno de realidad mixta con Meta Quest 3

A continuación, en la Figura 4-8, se muestran los mandos utilizados en el sistema, junto con la asignación específica de funciones a cada uno de sus controles. Esta configuración permite al usuario interactuar con la aplicación mediante acciones como la selección de piezas, el uso del puntero, la activación del modo de explotado o el acceso a los menús.

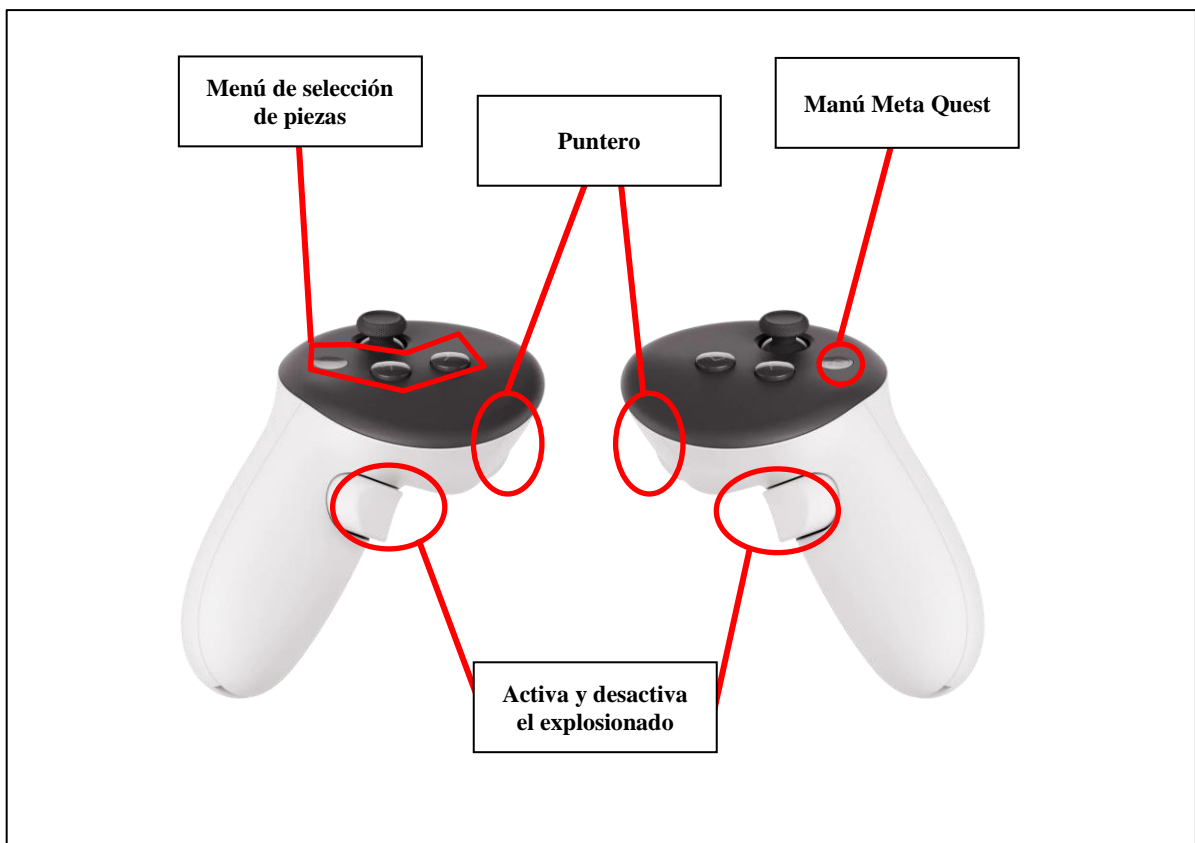
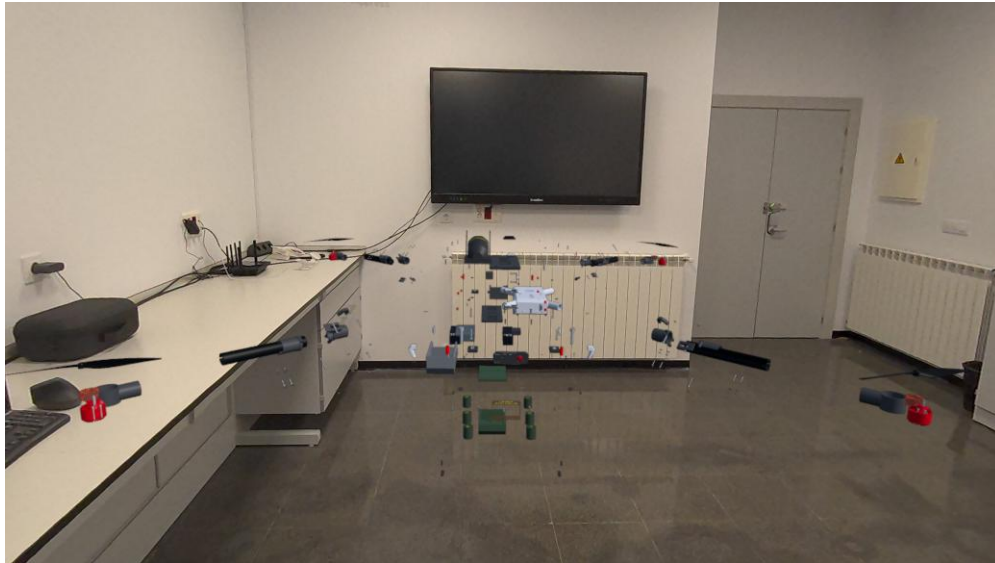


Figura 4-8 Tareas asignadas a los controles de los mandos

### 4.3.1 Visualización explosionada del modelo

Una de las funcionalidades implementadas en el entorno de realidad mixta ha sido la visualización explosionada del dron, cuyo objetivo principal es facilitar la observación individual de los distintos componentes que lo conforman.

Mediante la pulsación de un botón asignado en el mando, se ha conseguido que todas las piezas del modelo se desplacen a nuevas posiciones separadas entre sí, como se puede ver en la Figura 4-9, partiendo desde su configuración original ensamblada. Este movimiento genera un efecto de explosión controlada, en el que cada componente mantiene su orientación, pero se aleja de su centro relativo, dejando a la vista la estructura interna del dron.

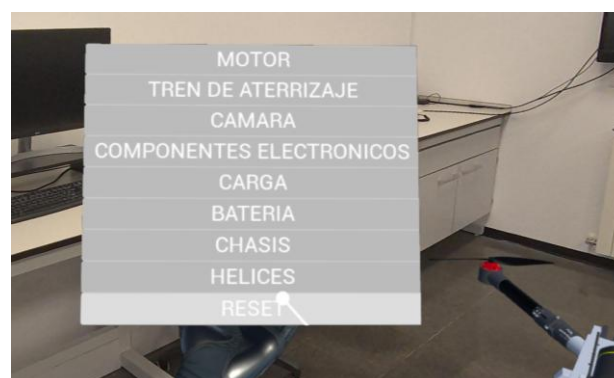


**Figura 4-9 Explosionado del Dron en realidad mixta**

Esta funcionalidad resulta especialmente útil dentro del entorno de realidad mixta, ya que permite al usuario visualizar la disposición completa de las piezas en su entorno físico, sin necesidad de desmontajes reales ni conocimientos técnicos. La experiencia proporciona una visión clara de la arquitectura del dron, favoreciendo tanto la comprensión estructural como su análisis didáctico.

### 4.3.2 Menú de selección y resaltado de componentes

Otra de las funcionalidades principales implementadas en el entorno de realidad mixta ha sido el menú de selección interactivo, diseñado para permitir al usuario explorar los diferentes conjuntos funcionales que componen el dron. Este menú aparece anclado dentro del entorno virtual, flotando frente al usuario y puede activarse. La interfaz del menú es intuitiva, y se complementa con una lógica de interacción fluida que responde con precisión a las acciones del usuario, esta interfaz se muestra en la Figura 4-10.



**Figura 4-10 Interfaz del menú**

Desde este menú se pueden seleccionar distintos grupos de componentes esenciales, como sistema de propulsión, sistema de alimentación o sensores, lo que permite enfocar la atención en una parte concreta del dron sin distracciones. Al seleccionar una de estas categorías, el sistema ejecuta dos acciones simultáneas. Por un lado, las piezas no pertenecientes al grupo seleccionado se ocultan, eliminando visualmente elementos irrelevantes para el análisis. Por otro lado, las piezas seleccionadas se resaltan mediante un efecto de sombreado, logrado a través de la modificación dinámica del parámetro de emisividad en su material.



**Figura 4-11 Ejemplo de visualización de un grupo de componentes seleccionados**

Este enfoque no solo mejora la claridad visual, sino que también favorece la comprensión técnica del modelo, permitiendo identificar con rapidez qué elementos forman parte de cada sistema funcional. Asimismo, el resaltado ayuda a situar espacialmente las piezas seleccionadas dentro del conjunto general, lo cual resulta muy útil en contextos educativos o divulgativos.

En conjunto, la implementación de las funcionalidades gráficas ha permitido dotar al modelo digital del dron de una interactividad avanzada, adaptada a un entorno de realidad mixta. Tanto la visualización explosionada como el menú de selección de componentes ofrecen al usuario una experiencia inmersiva y clara, facilitando la comprensión del sistema sin necesidad de conocimientos técnicos previos. Estas herramientas convierten el modelo en una herramienta visual y educativa eficaz, y validan el uso de tecnologías como Unreal Engine 5 y Meta Quest 3 en entornos de divulgación, formación técnica o simulación interactiva.

## 5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

### 5.1 Descripción del apartado

Se presentarán las conclusiones obtenidas y se explicará si se alcanzaron o no (y por qué razón, en este último caso) los objetivos establecidos al inicio del TFG. Se presentarán, asimismo, las posibles líneas futuras en las que se podría seguir trabajando para mejorar y ampliar el TFG presentado.

### 5.2 Conclusión de los objetivos iniciales

#### 5.2.1 Modelado tridimensional del dron

Se ha alcanzado con éxito la creación de un modelo digital en 3D de unUCAV, utilizando Autodesk Inventor como herramienta de diseño asistido por ordenador. El modelado se ha basado en referencias visuales y técnicas para reproducir con fidelidad la geometría y los componentes del dron, manteniendo proporciones coherentes y un nivel de detalle adecuado para su análisis. Esta representación tridimensional permite comprender la estructura global del vehículo sin necesidad de recurrir a un prototipo físico.

#### 5.2.2 Creación de un ensamblaje digital completo

El modelo desarrollado ha sido ensamblado de forma lógica y funcional, integrando todas las piezas del dron en un conjunto digital cohesionado. Este ensamblaje ha permitido comprobar la viabilidad estructural del diseño, así como estudiar la disposición interna de los componentes. El resultado final es un modelo visualmente coherente y técnicamente sólido, preparado para su exportación e integración en entornos de visualización interactiva.

#### 5.2.3 Programación visual mediante árboles de control

A través del uso de Blueprints en Unreal Engine, se han implementado funcionalidades interactivas que permiten al usuario explorar el modelo de forma dinámica. Se han desarrollado árboles de control para gestionar acciones como la visualización explosionada, la selección de componentes y la activación de menús interactivos. Esta programación visual ha permitido dotar al entorno de navegación intuitiva y didáctica, facilitando el análisis del dron por parte del usuario.

#### 5.2.4 Integración del modelo 3D en realidad virtual

El modelo ha sido correctamente adaptado e importado al motor gráfico Unreal Engine para su visualización en realidad virtual, logrando una experiencia inmersiva estable y realista. La representación ofrece una navegación fluida, así como la posibilidad de observar, explorar y analizar la estructura y montaje del dron desde distintos ángulos. Esta integración no solo garantiza un entorno

envolvente, sino que también ha demostrado ser eficaz como herramienta formativa y de apoyo al análisis técnico.

## **5.3 Objetivos adicionales**

### *5.3.1 Integración del modelo en realidad mixta*

Además de los objetivos inicialmente planteados, este Trabajo Fin de Grado ha logrado integrar de forma satisfactoria la maqueta digital del dron y sus funcionalidades interactivas en un entorno de realidad mixta (MR). A través de la combinación del modelo 3D con el entorno real, ha sido posible visualizar el dron como una maqueta virtual a escala, superpuesta en el espacio mediante dispositivos de realidad mixta, como las Meta Quest 3. Esta integración ha permitido ejecutar todas las funcionalidades programadas, como la visualización explosionada, la selección de componentes o la navegación por el modelo, dentro de un entorno real, ofreciendo una interacción fluida entre el usuario, el espacio físico y el modelo digital.

Se trata del primer proyecto desarrollado en el CUD-ENM que implementa un sistema de visualización en realidad mixta, lo que abre nuevas posibilidades para su aplicación en el ámbito educativo. Este sistema permite, por ejemplo, mostrar modelos complejos en el entorno de un aula, facilitando su análisis visual y estructural sin necesidad de prototipos físicos, lo que lo convierte en una herramienta didáctica de gran valor para la formación en ingeniería y diseño.

## **5.4 Conclusión final**

Todos los objetivos planteados en este Trabajo Fin de Grado han sido alcanzados con éxito, incluyendo la implementación adicional del modelo en un entorno de realidad mixta. El resultado ha sido una maqueta digital funcional, precisa e interactiva, capaz de integrarse tanto en realidad virtual como en entornos físicos mediante tecnologías de realidad mixta. Este proyecto se alinea con los principios de la Industria 4.0, aplicando herramientas como el diseño CAD, la programación visual y la visualización inmersiva para mejorar la comprensión de sistemas complejos. La simulación del dron en entornos virtuales y mixtos se presenta como una herramienta didáctica innovadora, útil para complementar la formación técnica y mejorar la experiencia de aprendizaje en el aula.

Cabe destacar que el uso de la realidad mixta no formaba parte de los objetivos iniciales del proyecto, sino que fue incorporado a raíz de la evolución del trabajo y las oportunidades detectadas durante su desarrollo. Esta ampliación permitió enriquecer los resultados obtenidos y demostrar la versatilidad del modelo propuesto y su uso en diferentes entornos de la realidad extendida.

## **5.5 Líneas futuras**

### *5.5.1 Corto plazo: Análisis aerodinámico del dron*

Por un lado, una primera línea de desarrollo futuro consistirá en profundizar en el análisis aerodinámico del dron mediante simulaciones de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD). Si bien el presente TFG se centró en la construcción del modelo gráfico y su visualización, resulta de gran interés evaluar el comportamiento aerodinámico de la aeronave virtual para validar y mejorar su diseño. Empleando entornos CFD avanzados, se podrían simular flujos de aire alrededor del dron en distintas condiciones de vuelo, obteniendo datos sobre sustentación, resistencia al avance, distribución de presiones y posibles zonas de turbulencia. Estos estudios aerodinámicos permitirían identificar mejoras de eficiencia en el diseño, tales como optimizar la geometría de las palas y superficies de control, reducir el arrastre aerodinámico o perfeccionar la ubicación de cargas y armamento para minimizar interferencias con el flujo de aire. Como resultado, el modelo gráfico podría evolucionar hacia un diseño no solo visualmente realista, sino también aerodinámicamente optimizado, acercándolo más a un

prototipo funcional. Esta línea futura añadiría una dimensión de simulación de ingeniería al trabajo, complementando la visualización inmersiva con la validación técnica del rendimiento del UAV en vuelo.

### *5.5.2 Medio plazo: Fabricación de un prototipo físico*

Como siguiente paso, se propone la posible fabricación de un prototipo físico del dron modelado, utilizando técnicas de fabricación aditiva o métodos híbridos. Esto permitiría evaluar la viabilidad estructural del diseño, estudiar la disposición real de los componentes y, eventualmente, iniciar pruebas funcionales en tierra. Esta fase también abriría la puerta a un análisis más profundo de materiales, ensamblajes y tolerancias mecánicas.

### *5.5.3 Largo plazo: Creación de un simulador de vuelo con realidad mixta*

A largo plazo, una línea de trabajo ambiciosa sería la integración del modelo en un simulador de vuelo avanzado basado en realidad mixta. Esta plataforma permitiría recrear escenarios tácticos completos en los que el usuario pueda operar el dron virtual desde una estación física de control. La combinación de elementos reales y virtuales proporcionaría una experiencia formativa inmersiva, ideal para el adiestramiento de operadores de UAV. Además, permitiría ensayar misiones cooperativas, comunicación entre unidades y toma de decisiones en entornos controlados y seguros.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] ResearchGate. Accedido: 25 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-9-Aplicaciones-y-tareas-que-se-realizan-actualmente-con-los-drones-Fuente\\_fig3\\_354934843](https://www.researchgate.net/figure/Figura-9-Aplicaciones-y-tareas-que-se-realizan-actualmente-con-los-drones-Fuente_fig3_354934843)
- [2] V. Prisacariu, «The history and the evolution of UAVs from the beginning till the 70s», *J. Def. Resour. Manag. JoDRM*, vol. 8, n.º 1, pp. 181-189, 2017.
- [3] E. McLaren, «FDRA - Fuerza Aérea: El primer bombardeo aéreo de la historia: En 1849, Austria bombardea Venecia con globos», FDRA - Fuerza Aérea. Accedido: 25 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://fdra-aereo.blogspot.com/2022/10/el-primer-bombardeo-aereo-de-la.html>
- [4] M. Palik y M. Nagy, «Brief history of UAV development», *Repüléstudományi Közlemények*, vol. 31, n.º 1, pp. 155-166, 2019, doi: 10.32560/rk.2019.1.13.
- [5] «Kettering Aerial Torpedo “Bug”», National Museum of the United States Air Force<sup>TM</sup>. Accedido: 26 de febrero de 2025. [En línea].
- [6] «Drones, un arma con mucha historia», Historia National Geographic. Accedido: 26 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/drones-arma-mucha-historia\\_21118](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/drones-arma-mucha-historia_21118)
- [7] K. L. B. Cook, «The Silent Force Multiplier: The History and Role of UAVs in Warfare», en *2007 IEEE Aerospace Conference*, Big Sky, MT, USA: IEEE, 2007, pp. 1-7. doi: 10.1109/AERO.2007.352737.
- [8] A. Velázquez Olivera, El mundo de los drones, CIENCIORAMA, UNAM, México, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://cienciorama.unam.mx/>
- [9] S. A. H. Mohsan, M. A. Khan, F. Noor, I. Ullah, y M. H. Alsharif, «Towards the Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Comprehensive Review», *Drones*, vol. 6, n.º 6, p. 147, jun. 2022, doi: 10.3390/drones6060147.
- [10] S. Agostino, M. Mammone, M. Nelson, y T. Zhou, «CLASSIFICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES».
- [11] «Scan Eagle, el dron de la Armada que ayudó a derrotar al Daesh», Diario ABC. Accedido: 3 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.abc.es/espana/abci-scan-eagle-dron-armada-ayudo-derrotar-daesh-201806040357\\_noticia.html](https://www.abc.es/espana/abci-scan-eagle-dron-armada-ayudo-derrotar-daesh-201806040357_noticia.html)

- [12] «SCRAB II», SCR Drones. Accedido: 8 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://scrdrone.com/producto-item/scrab-ii/>
- [13] «Armada - Ministerio de Defensa». Accedido: 8 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/iniciohome/prefLang-es/>
- [14] L. Tremosa, «Beyond AR vs. VR: What is the Difference between AR vs. MR vs. VR vs. XR?», The Interaction Design Foundation. Accedido: 4 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/article/beyond-ar-vs-vr-what-is-the-difference-between-ar-vs-mr-vs-vr-vs-xr>
- [15] J. S. Hurtado, «Realidad Virtual, Aumentada y Extendida: Qué son, diferencias y futuro del sector», *Think. Innov.*, oct. 2021, Accedido: 4 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.iebschool.com/blog/realidad-extendida-virtual-aumentada-mixta-tecnologia/>
- [16] cursosMolones, «Realidad Virtual, Aumentada y Mixta: Diferencias clave», Editeca. Accedido: 4 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://editeca.com/realidad-virtual-aumentada-mixta-diferencias/>
- [17] N. Nath *et al.*, «Integrating Cognitive Behavioral Therapy and Heart Rate Variability Biofeedback in Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality as a Mental Health Intervention», en *2024 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 2024, pp. 1200-1201. doi: 10.1109/VRW62533.2024.00394.
- [18] «Realidad Extendida: El Futuro de las Tecnologías Inmersivas». Accedido: 4 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.onirix.com/es/realidad-extendida/>
- [19] P. J. Ortega-Rodríguez, «De la realidad extendida al metaverso: una reflexión crítica sobre las aportaciones a la educación= from extended reality to the metaverse: a critical reflection on contributions to education», *Teoría Educ. Rev. Interuniv.* 34 2 2022, pp. 189-208, 2022.
- [20] A. Efe, «Taking Virtual Reality and Augmented Reality to The Next Level: Artificial Intelligence with Mixed Reality», *Uluslar. Önetim Bilişim Sist. Ve Bilgi. Bilim. Derg.*, dic. 2022, doi: 10.33461/uybisbbd.1190125.
- [21] «El Ejército de Tierra diseña su primer sistema de adiestramiento de Realidad Aumentada - Ministerio de Defensa de España». Accedido: 4 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.defensa.gob.es/comun/slider/2019/06/190627-realidad-aumentada-et.html>
- [22] Jose Maria Navarro García, «Ejército de Tierra estudia impacto de la realidad virtual en el entrenamiento - Noticias Defensa España», *Defensa.com*. Accedido: 4 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.defensa.com/espana/ejercito-tierra-estudia-impacto-realidad-virtual-entrenamiento>
- [23] R. D. InfoDefensa, «La Armada mejora el aprovisionamiento en la mar con la realidad aumentada», *Infodefensa - Noticias de defensa, industria, seguridad, armamento, ejércitos y tecnología de la defensa*. Accedido: 4 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3073256/armada-mejora-aprovisionamiento-mar-realidad-aumentada>
- [24] R. D. InfoDefensa, «Las tecnologías de los videojuegos llegan al S-80: un simulador con realidad virtual y avatar para recorrer el submarino», *Infodefensa - Noticias de defensa, industria, seguridad, armamento, ejércitos y tecnología de la defensa*. Accedido: 4 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/5099535/tecnologias-videojuegos-llegan-simuladores-s-80-realidad-virtual-avatar-recorrer-submarino>
- [25] P. Milgram y F. Kishino, «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays», *IEICE Trans Inf. Syst.*, vol. E77-D, n.º 12, pp. 1321-1329, dic. 1994.

- [26] H. Tamura, H. Yamamoto, y A. Katayama, «Mixed reality: future dreams seen at the border between real and virtual worlds», *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 21, n.º 6, pp. 64-70, 2001, doi: 10.1109/38.963462.
- [27] S. Rokhsaritalemi, A. Sadeghi-Niaraki, y S.-M. Choi, «A Review on Mixed Reality: Current Trends, Challenges and Prospects», *Appl. Sci.*, vol. 10, n.º 2, 2020, doi: 10.3390/app10020636.
- [28] J. Huang, J. Zhao, y X. Chen, «A Novel Quadcopter Drone Simulation Platform Based on Mixed Reality», en *2024 43rd Chinese Control Conference (CCC)*, 2024, pp. 9116-9120. doi: 10.23919/CCC63176.2024.10661945.
- [29] «Ya puedes comprar las gafas de realidad mixta y virtual Meta Quest 3». Accedido: 9 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.meta.com/es/quest/quest-3/>
- [30] M. Kennedy *et al.*, «Computer aided design», *BDJ*, vol. 206, pp. 386-386, dic. 2018, doi: 10.1201/b17741.
- [31] O. R. Lazo y L. R. Rojas, «Diseño asistido por computador», *Ind. Data*, vol. 9, n.º 1, pp. 7-15, 2006.
- [32] C. Waguespack, «Mastering Autodesk Inventor 2014 and Autodesk Inventor LT 2014: Autodesk Official Press», jul. 2013, [En línea]. Disponible en: <https://consensus.app/papers/mastering-autodesk-inventor-2014-and-autodesk-inventor-lt-waguespack/422842262c5153419b17c6931e554c6b/>
- [33] «La herramienta de creación 3D en tiempo real más potente - Unreal Engine». Accedido: 8 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.unrealengine.com/es-ES>
- [34] «Bolt». Accedido: 11 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.anduril.com/bolt/>
- [35] A. Sánchez, «¿Cuáles son las partes de un Dron? Listado completo», UMILES. Accedido: 10 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://umilesgroup.com/partes-de-un-dron/>
- [36] «OpenELAB Technology Ltd.», OpenELAB Technology Ltd. Accedido: 10 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://openelab.io/es/blogs/learn/comprehensive-guide-to-drone-motors>
- [37] AdvDrone, «Guia completa: Hélices para Drones FPV». Accedido: 10 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://advdron.com/guia-completa-helices-para-drones-fpv/>
- [38] «Anduril's Bolt FPV Drone With Machine Vision: Promising Concept, Wrong Approach | Defense Express». Accedido: 15 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://en.defence-ua.com/weapon\\_and\\_tech/andurils\\_bolt\\_fpv\\_drone\\_with\\_machine\\_vision\\_promising\\_concept\\_wrong\\_approach-12162.html](https://en.defence-ua.com/weapon_and_tech/andurils_bolt_fpv_drone_with_machine_vision_promising_concept_wrong_approach-12162.html)
- [39] «Importing Datasmith Content into Unreal Engine | Unreal Engine 5.4 Documentation | Epic Developer Community», Epic Games Developer. Accedido: 21 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/importing-datasmith-content-into-unreal-engine-4>
- [40] «Building with Unreal Engine». Accedido: 21 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://developers.meta.com/horizon/develop/unreal/>

## **ANEXO I: IMPLICACIONES SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES**

El presente proyecto contribuye positivamente al desarrollo de herramientas tecnológicas aplicadas a la formación y preparación del personal militar. La creación de un modelo gráfico de un dron aéreo de combate, integrado en un entorno de realidad virtual y mixta, supone una mejora significativa en los métodos de enseñanza y adiestramiento de los futuros operadores de UAVs. Este tipo de soluciones favorece el aprendizaje autónomo, inmersivo y sin riesgo físico, lo que no solo refuerza la preparación técnica, sino también la seguridad del personal en fases iniciales de instrucción.

Además, la implementación de entornos virtuales en la formación militar reduce la necesidad de emplear material real en ejercicios presenciales, minimizando los riesgos asociados a la manipulación de plataformas complejas por personal en formación. Esto se traduce en una mayor accesibilidad a los conocimientos técnicos de los operadores, facilitando el acceso a entornos simulados de alto realismo.

Desde un punto de vista más amplio, el uso de tecnologías inmersivas como la realidad mixta potencia la innovación tecnológica dentro del sector defensa, fomentando un ecosistema interdisciplinar en el que convergen ingeniería, programación y simulación táctica. Esto favorece la aparición de nuevos perfiles profesionales y plantea un impacto positivo en la especialización técnica del personal militar y civil.

El desarrollo de simuladores basados en modelos digitales tridimensionales, como el propuesto en este trabajo, representa una alternativa económica eficiente frente al uso de drones reales en fases formativas o de ensayo. La posibilidad de entrenar a operadores mediante réplicas virtuales de UAVs permite reducir de forma significativa los costes asociados al desgaste, mantenimiento, reparaciones y consumo energético de las aeronaves reales, así como una disminución de los costes de los potenciales errores que, principalmente en las fases iniciales de cualquier proceso de formación tienen lugar. Asimismo, el empleo de plataformas digitales disminuye los costes logísticos, al eliminar la necesidad de desplazamientos físicos para realizar prácticas operativas, especialmente en unidades repartidas geográficamente. Esta descentralización del entrenamiento, facilitada por entornos virtuales, optimiza los recursos de la institución y permite una planificación más eficiente del adiestramiento militar. Por otro lado, la integración de este tipo de modelos en simuladores virtuales y de realidad mixta genera un potencial de reutilización a largo plazo, ya que, una vez desarrollado el entorno virtual, su uso puede ampliarse a múltiples escenarios y perfiles, permitiendo la simulación de diferentes misiones, adaptaciones de diseño o ejercicios colaborativos entre unidades. Esta escalabilidad maximiza el retorno de la inversión inicial, consolidando este tipo de tecnologías como una apuesta sostenible para la formación militar.

La aplicación de tecnologías de simulación virtual y mixta, como la desarrollada en este TFG, tiene un impacto ambiental positivo al reducir de manera directa la huella ecológica derivada del uso de UAVs físicos en tareas formativas. Las fases de entrenamiento realizadas exclusivamente en entornos virtuales evitan el consumo de combustible, el desgaste de componentes, la generación de residuos electrónicos y el impacto acústico asociado al vuelo de drones reales. Además, se minimiza la utilización de recursos materiales para la fabricación de prototipos físicos en fases tempranas de diseño, ya que la validación estructural y funcional puede llevarse a cabo de forma virtual, mediante simulaciones interactivas. Este enfoque favorece un modelo de desarrollo más sostenible, al priorizar la evaluación digital previa a cualquier proceso de producción real.

Por otro lado, al limitarse el uso de plataformas reales para actividades exclusivamente operativas o de validación final, se contribuye a una disminución de los residuos y emisiones generadas en la vida útil del producto, alineando la actividad de formación militar con principios de sostenibilidad y responsabilidad medioambiental. Esta transición hacia soluciones digitales en la instrucción es coherente con los objetivos de sostenibilidad cada vez más presentes en las políticas de defensa nacionales e internacionales.

## **ANEXO II: REFLEXIONES ÉTICAS Y SOCIALES**

El desarrollo de tecnologías aplicadas a sistemas no tripulados, como los drones de combate, plantea importantes reflexiones éticas y sociales, especialmente debido a su condición de tecnología de doble uso. Estas plataformas, que en un contexto civil pueden ser utilizadas para actividades como vigilancia ambiental, asistencia en emergencias o monitorización de infraestructuras, adquieren en el entorno militar un carácter operativo que puede incluir tareas de reconocimiento, ataque o apoyo táctico. Esta dualidad de funciones exige una reflexión ética constante sobre los límites y condiciones en los que debe permitirse su uso.

La existencia de tecnologías con capacidad para ser utilizadas tanto en misiones humanitarias como en operaciones de combate obliga a establecer criterios claros que garanticen que su utilización militar se ajuste siempre a la legalidad internacional vigente y al principio de proporcionalidad. La capacidad de estos sistemas para ejecutar operaciones con alta precisión no elimina los riesgos inherentes al uso de fuerza en escenarios complejos, por lo que su empleo debe estar acompañado de protocolos que eviten efectos colaterales y daños innecesarios. En este contexto, la aplicación de entornos virtuales y de realidad mixta como herramientas para la formación y el entrenamiento aporta un valor añadido desde el punto de vista ético y social. La posibilidad de simular situaciones operativas en un entorno controlado y sin riesgo real permite preparar al personal militar en condiciones realistas, pero sin los efectos destructivos que implicaría el uso directo de armamento o aeronaves reales. Además, este tipo de formación reduce los costes materiales, el impacto ambiental derivado de ejercicios con drones físicos y, sobre todo, minimiza la posibilidad de errores humanos durante la instrucción en fases iniciales. Esta tecnología, por tanto, representa una alternativa formativa eficaz, segura y más alineada con los principios de responsabilidad y precaución.

Desde la perspectiva del marco legal internacional, es fundamental que el uso de sistemas de combate ya sea en su desarrollo técnico o en su simulación operativa, se realice en cumplimiento de los principios del Derecho Internacional Humanitario. En particular, los principios de distinción, proporcionalidad y necesidad deben estar presentes en todo planteamiento que involucre tecnologías de uso potencialmente ofensivo. Estos principios exigen que se distingan claramente los objetivos militares de los civiles, que la fuerza empleada sea proporcional al objetivo perseguido, y que se actúe solo cuando sea estrictamente necesario para el cumplimiento de la misión, evitando daños colaterales o sufrimientos innecesarios.

En definitiva, el presente proyecto, aunque centrado en la simulación y visualización del diseño de un dron de combate, pone de relieve cómo la tecnología, aplicada de forma responsable y con las herramientas adecuadas, puede contribuir a una formación más eficiente, segura y ética en el entorno militar. Este tipo de desarrollos deben mantenerse dentro de un marco de regulación y supervisión que asegure su uso legítimo y proporcione garantías de que se respeten los derechos fundamentales y los principios humanitarios en todo momento.

## **ANEXO III: MODELO DIGITAL INTERACTIVO**

TÍTULO Dron de combate

DESIGNACIÓN Modelo Interactivo

AUTORA Sara García-Cubillana López

MATERIA Trabajo Fin de Grado

CENTRO CUD / ENM

#### NOTAS

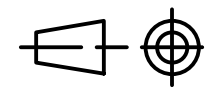
LA INFORMACIÓN Y LOS MATERIALES DE ESTE DOCUMENTO SON PROPIEDAD E INFORMACIÓN RESTRINGIDA O MATERIALES DEL AUTOR. ESTA INFORMACIÓN NO SE PUEDE UTILIZAR, REPRODUCIR, PUBLICAR O REVELAR A TERCEROS SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO.



## **ANEXO IV: PLANIMETRÍA**

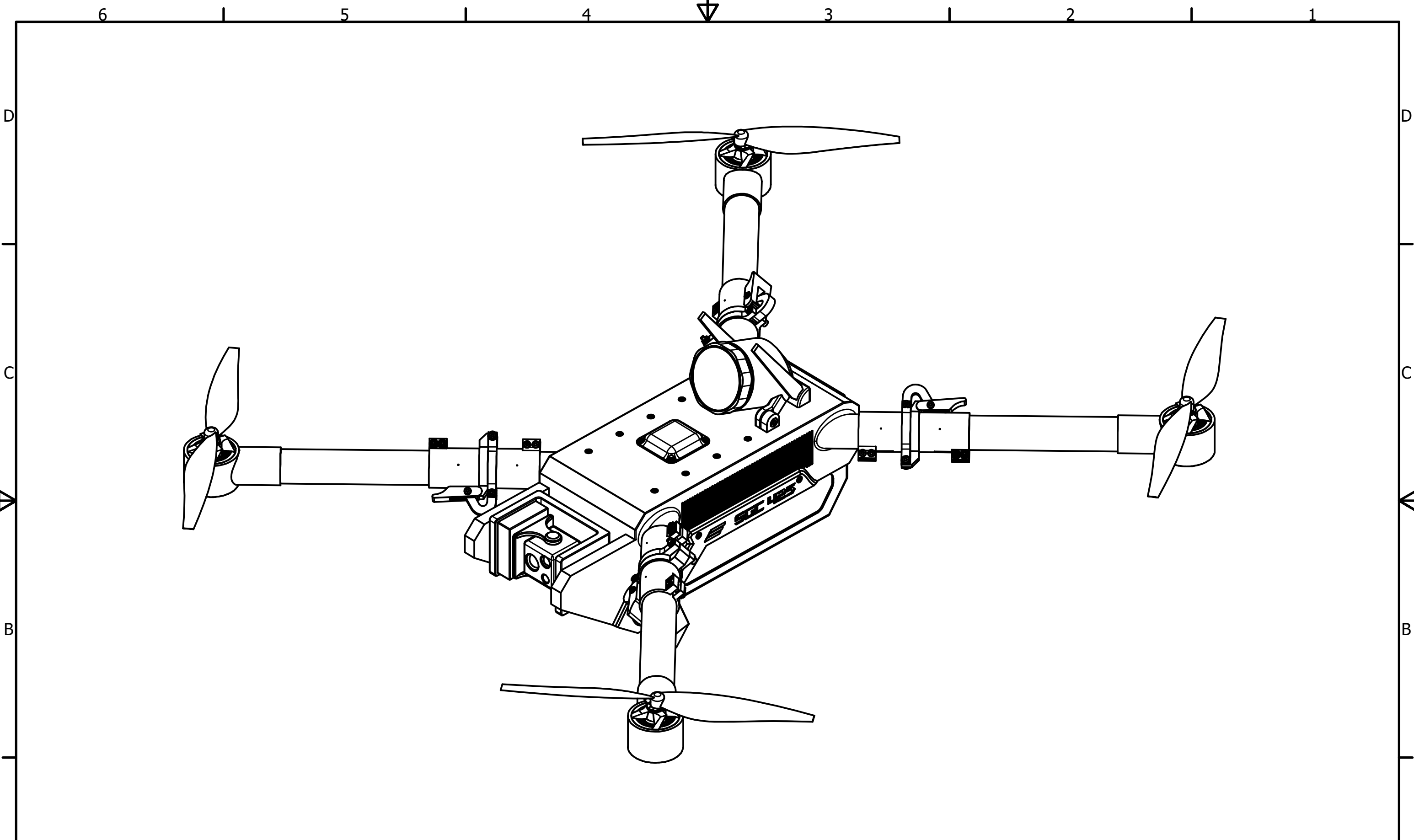


Nº de plano:	1
Formato:	A3
Escala:	<b>1 : 2</b>

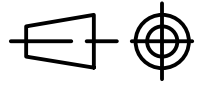


Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Vista isométrica del ensamblaje completo a color
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



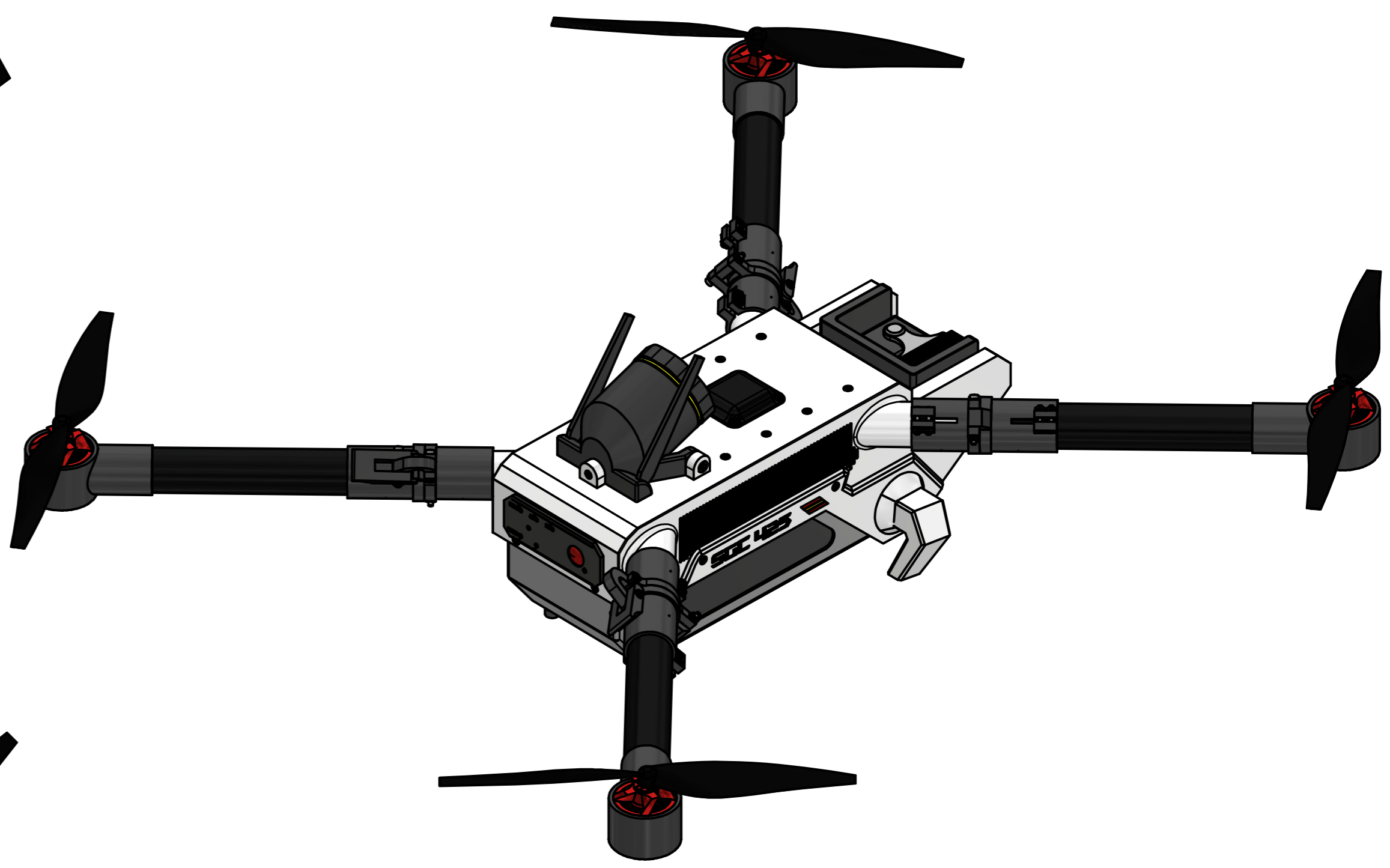
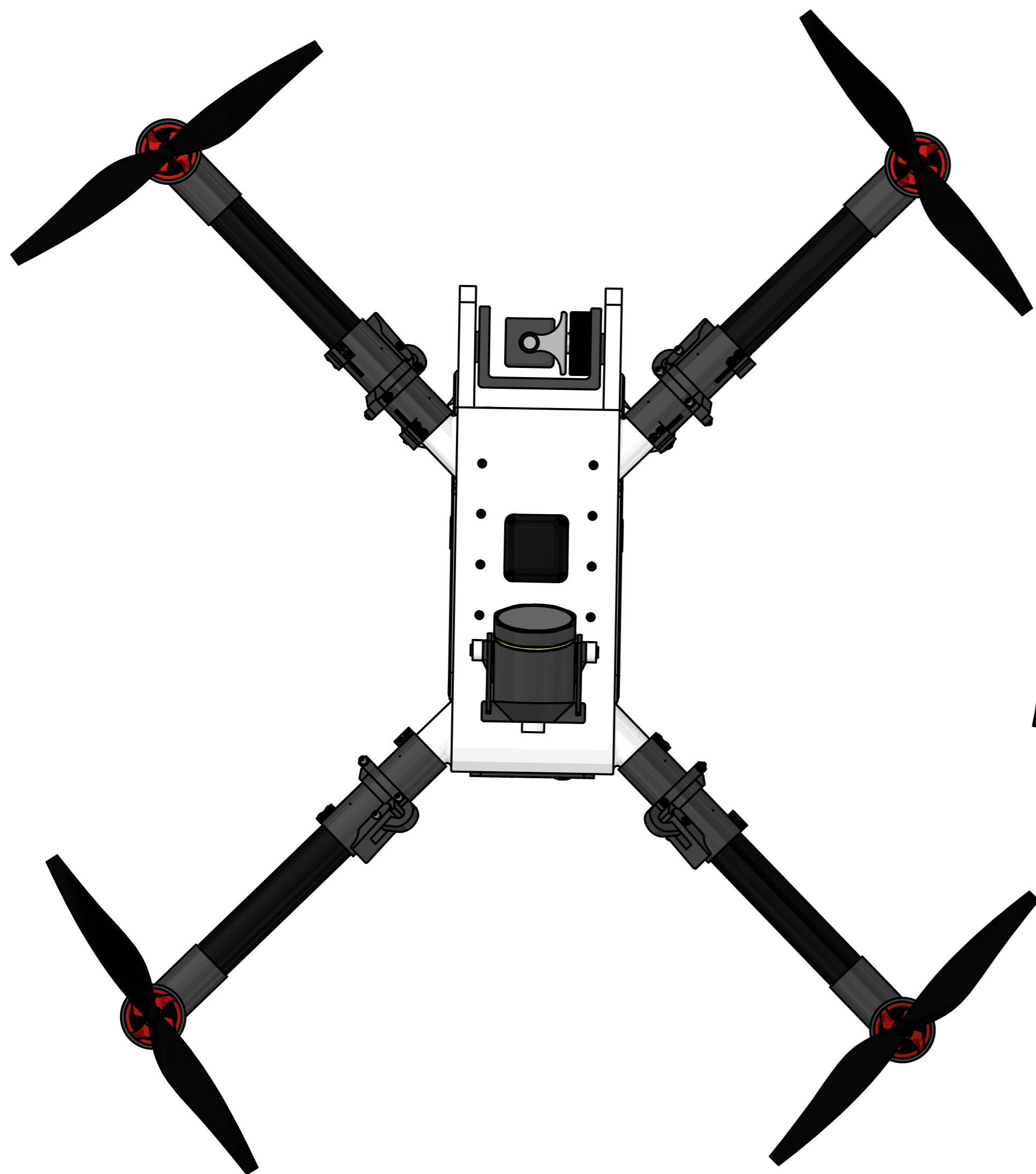
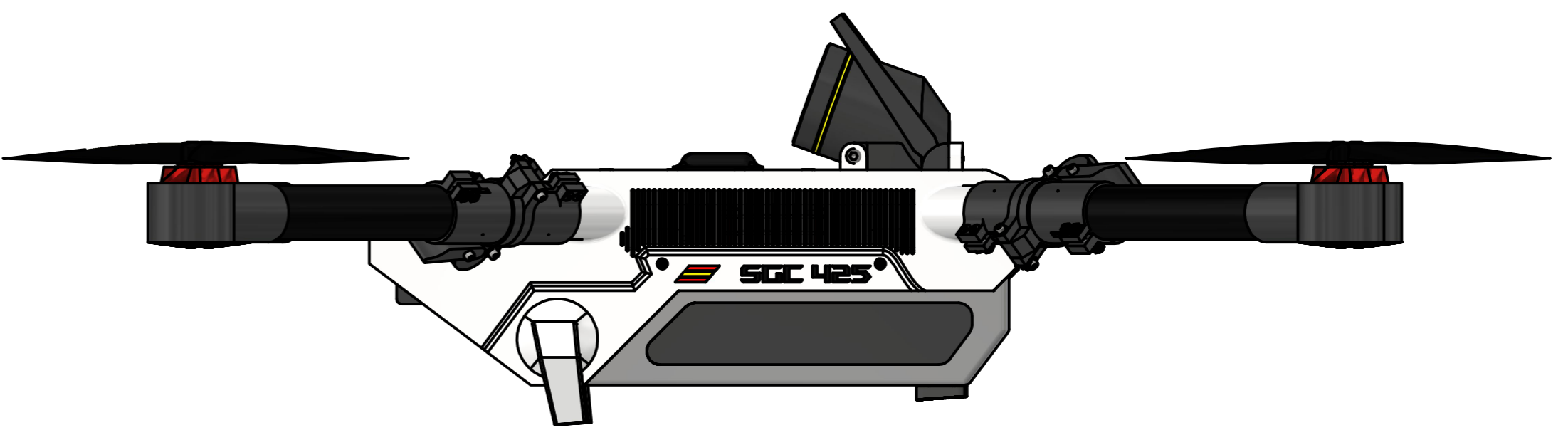
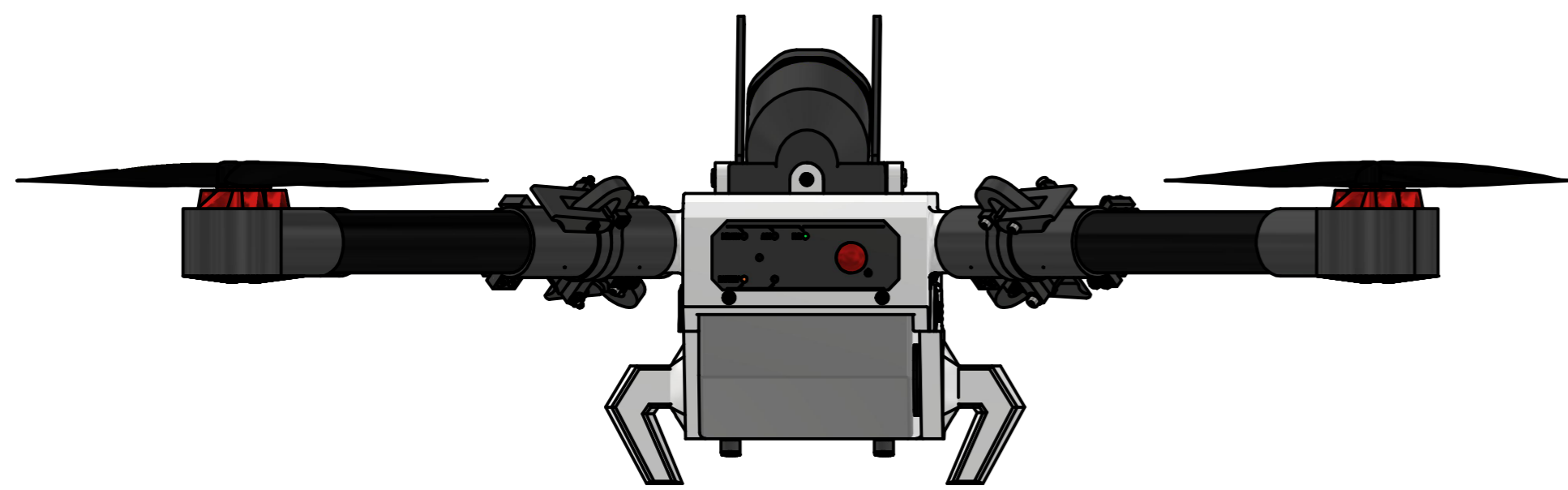


Nº de plano: 2
Formato: A3
Escala: <b>1 : 2</b>

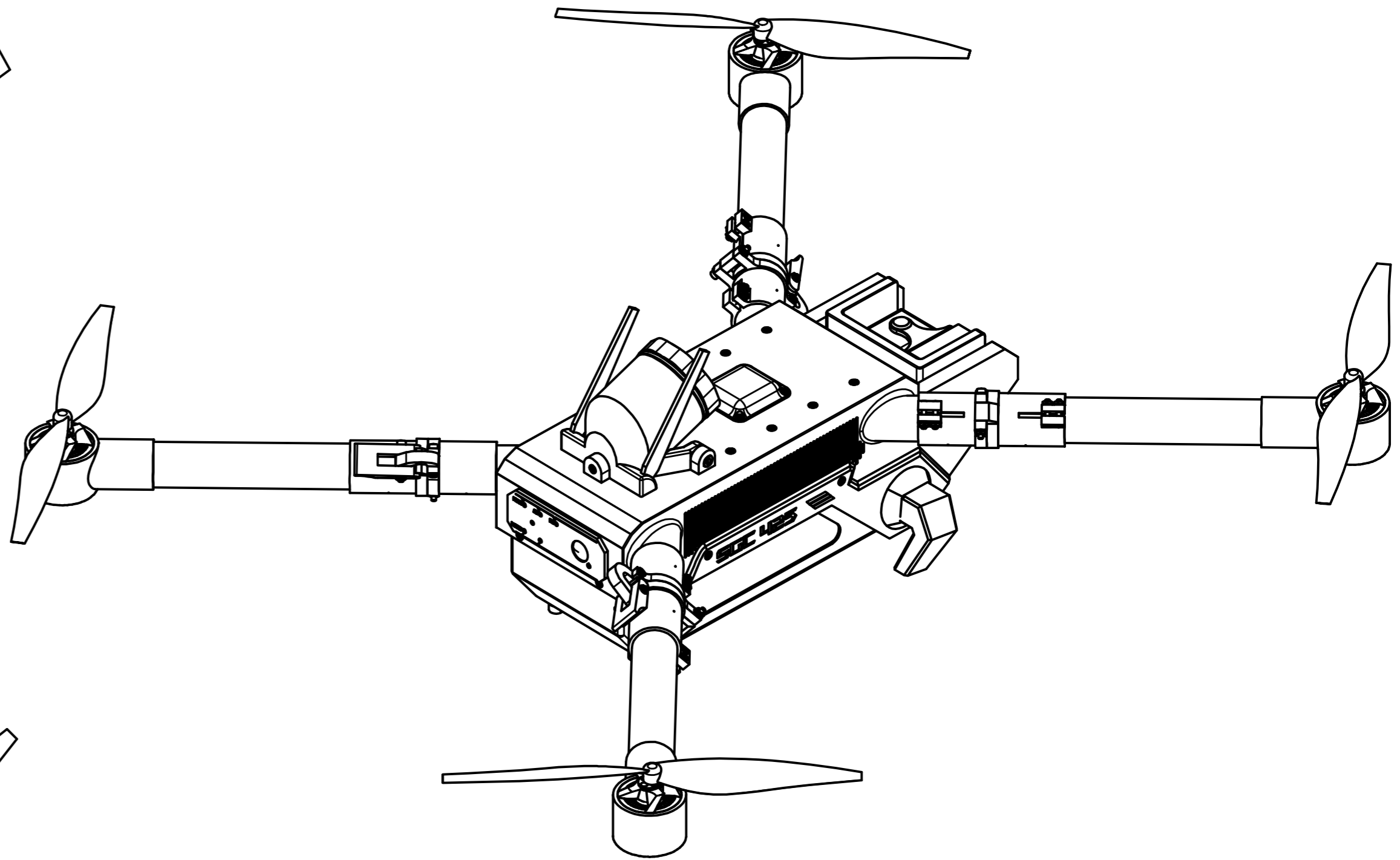
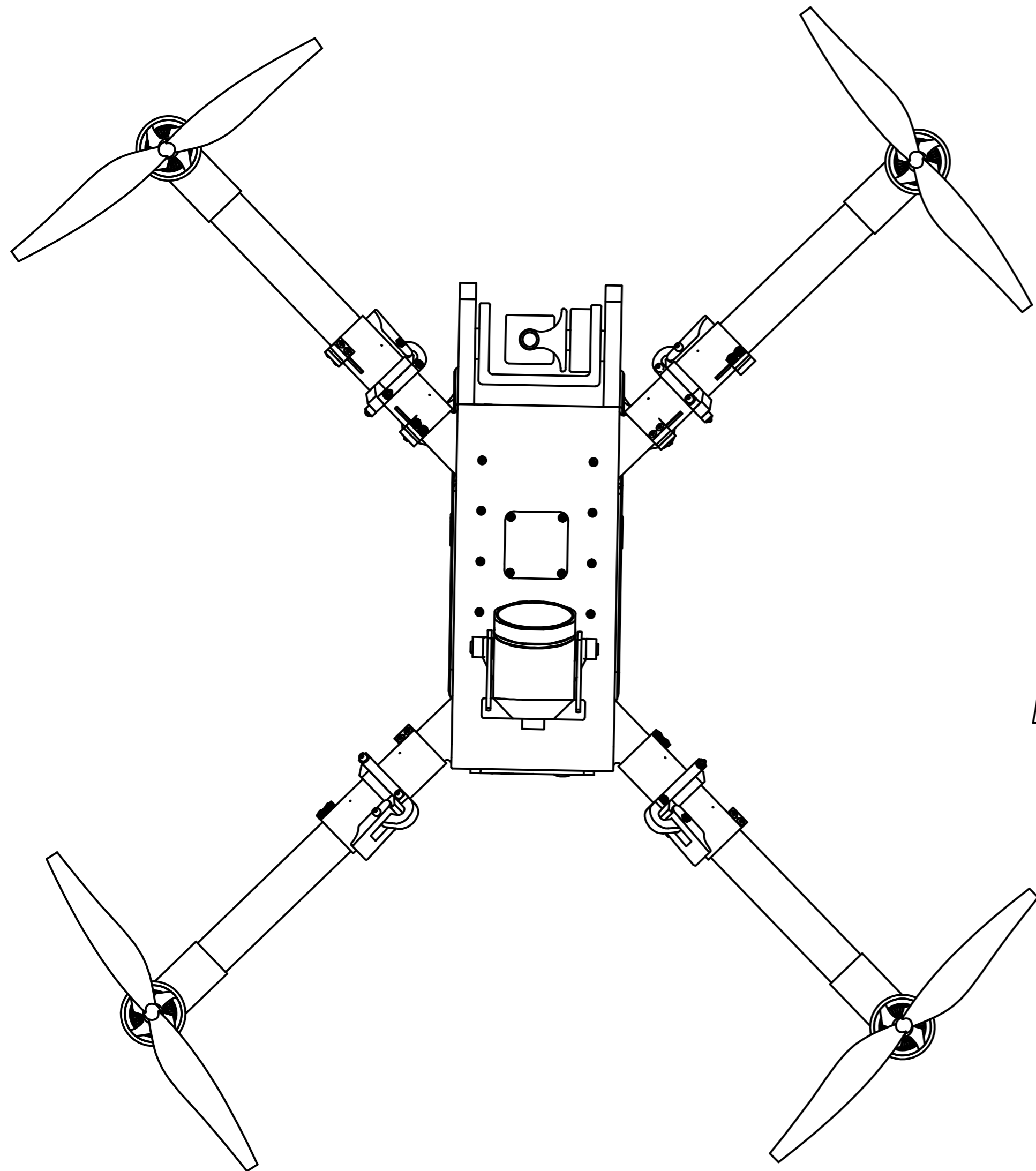
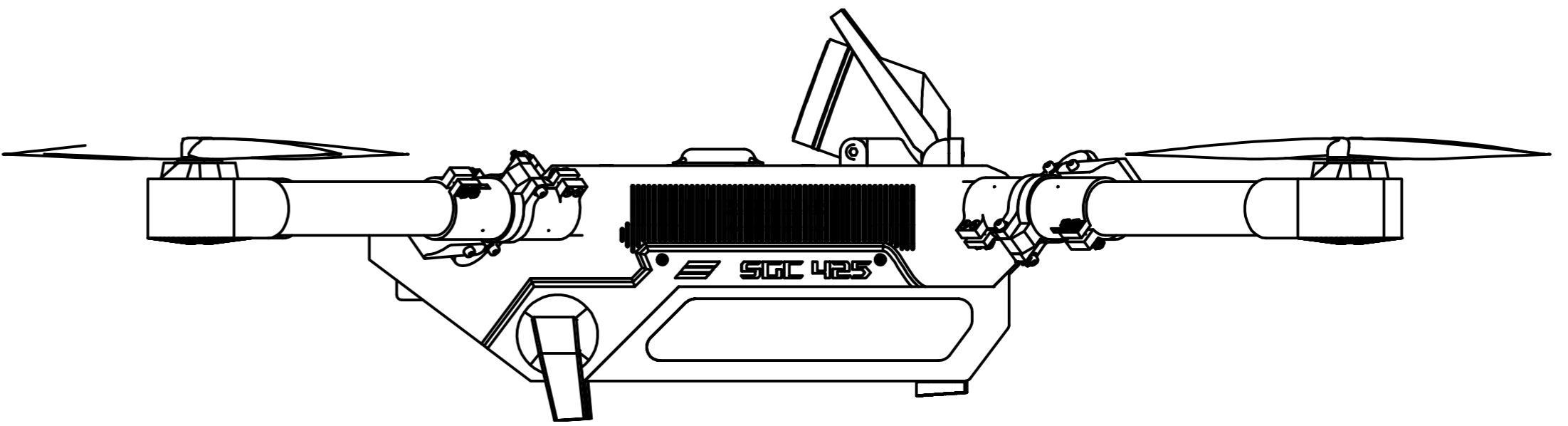
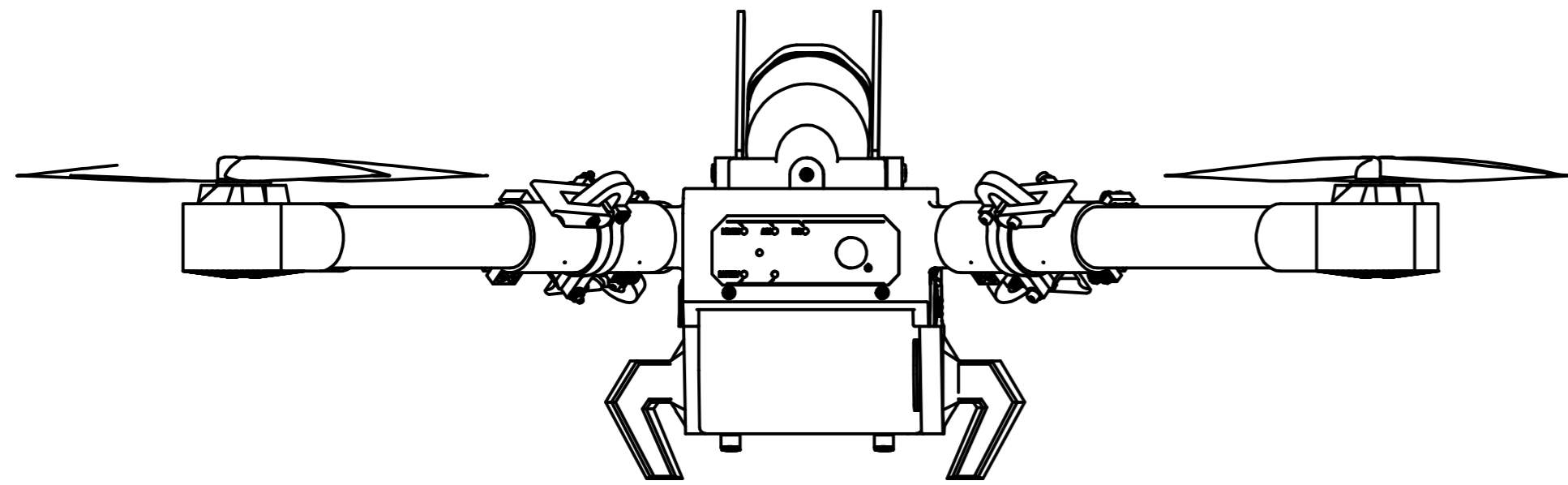


Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Vista isométrica del ensamblaje completo a línea
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.

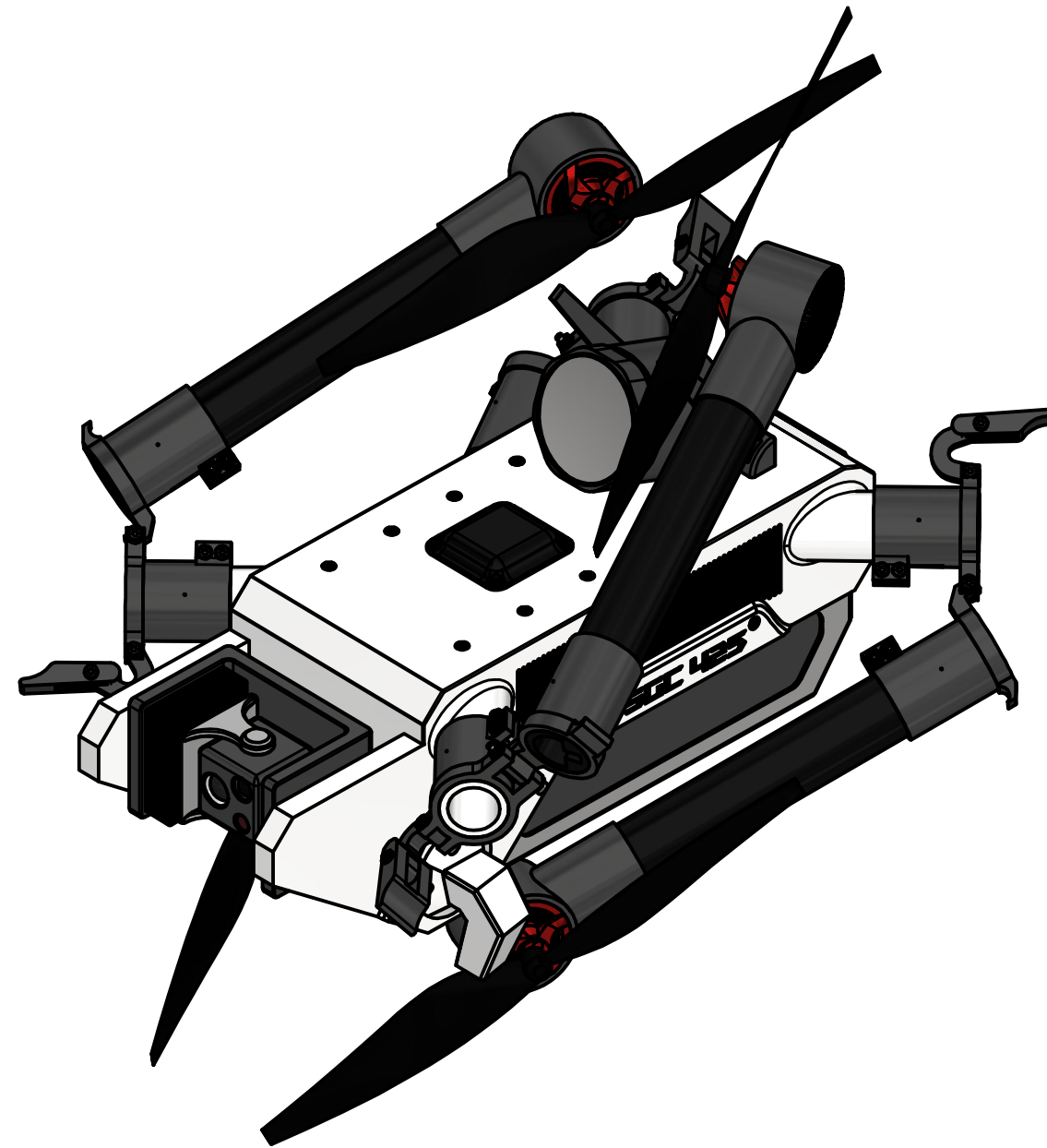




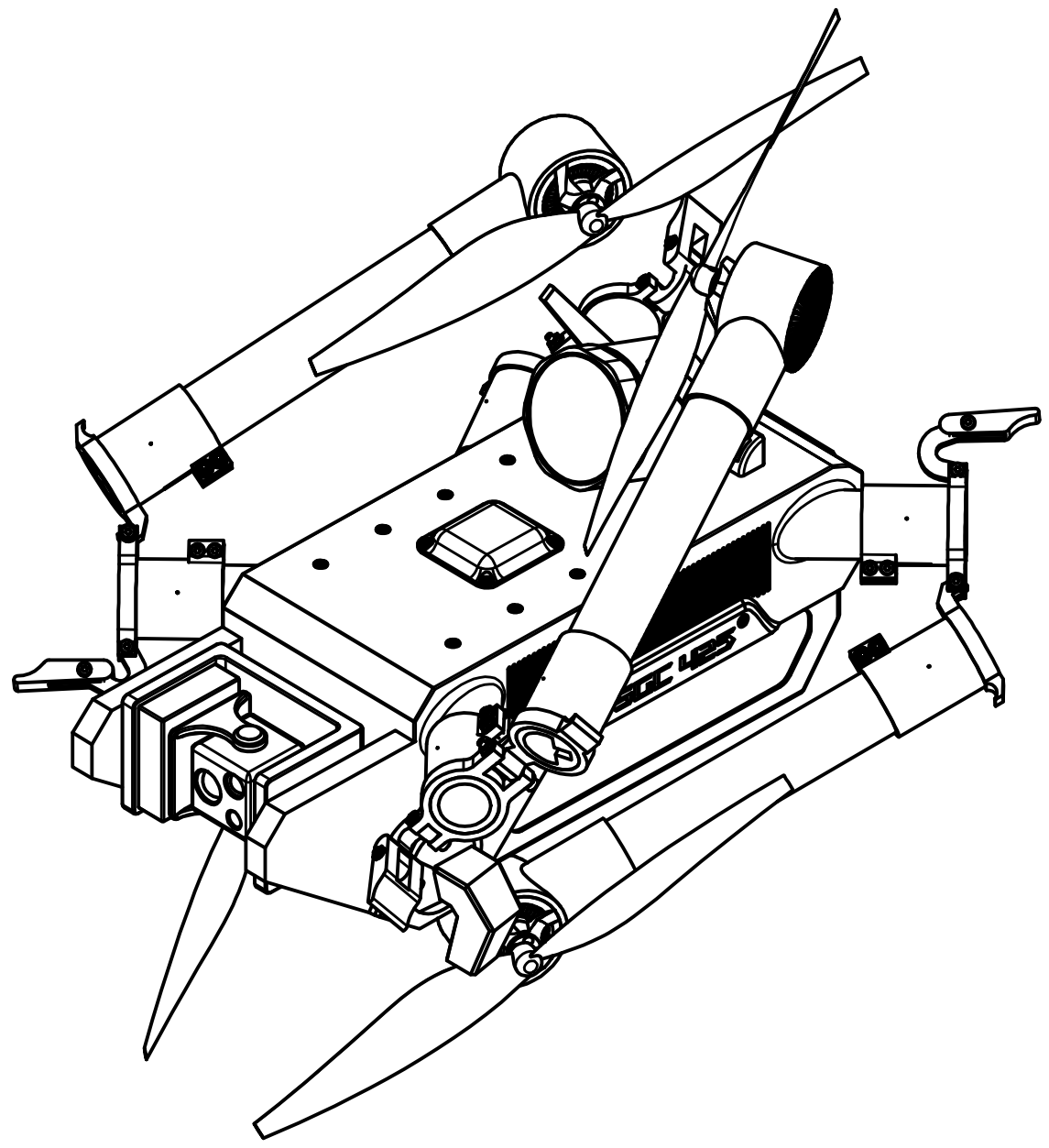
Nº de plano: 3		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A2		Designación	Vistas principales ensablaje completo a color	
Escala <b>1 : 2</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



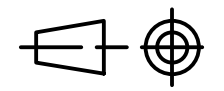
Nº de plano: 4		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A2		Designación	Vistas principales ensablaje completo a línea	
Escala <b>1 : 2</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



Nº de plano: 5		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A3		Designación	Vista isométrica del ensamblaje plegado a color	
Escala: 1 : 2		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



Nº de plano: 6
Formato: A3
Escala: <b>1 : 2</b>

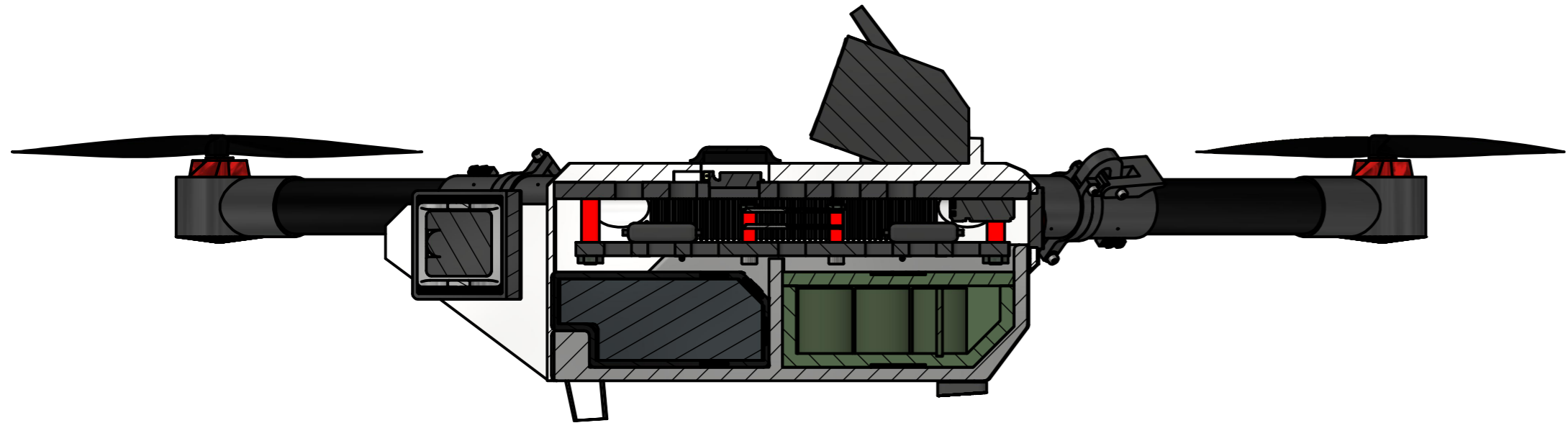


Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Vista isométrica del ensamblaje plegado a línea
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.

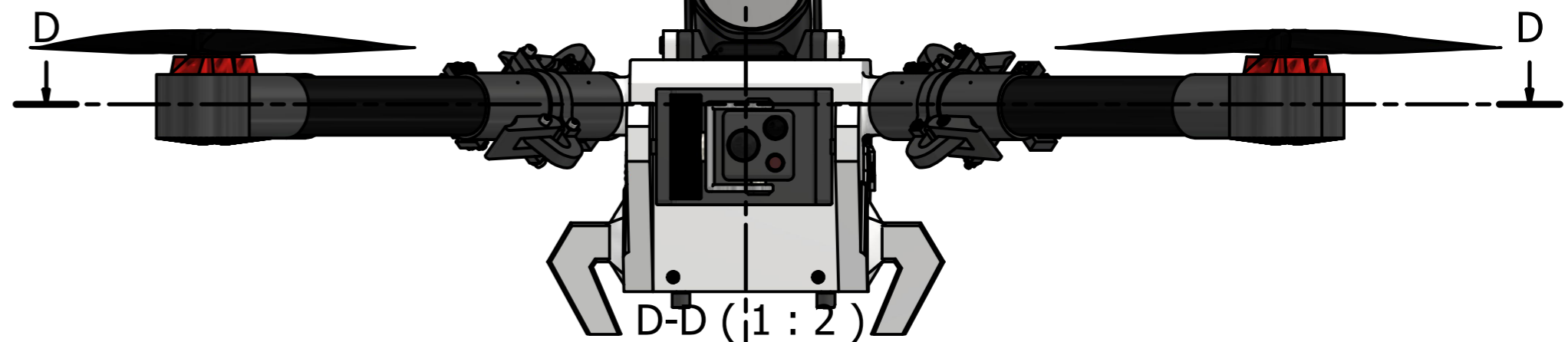


Technical drawing frame with grid lines labeled A, B, C, D on the vertical axis and 1, 2, 3, 4, 5, 6 on the horizontal axis. Arrows indicate the viewing direction for the isometric view.

A-A (1:2)



A



D-D (1:2)

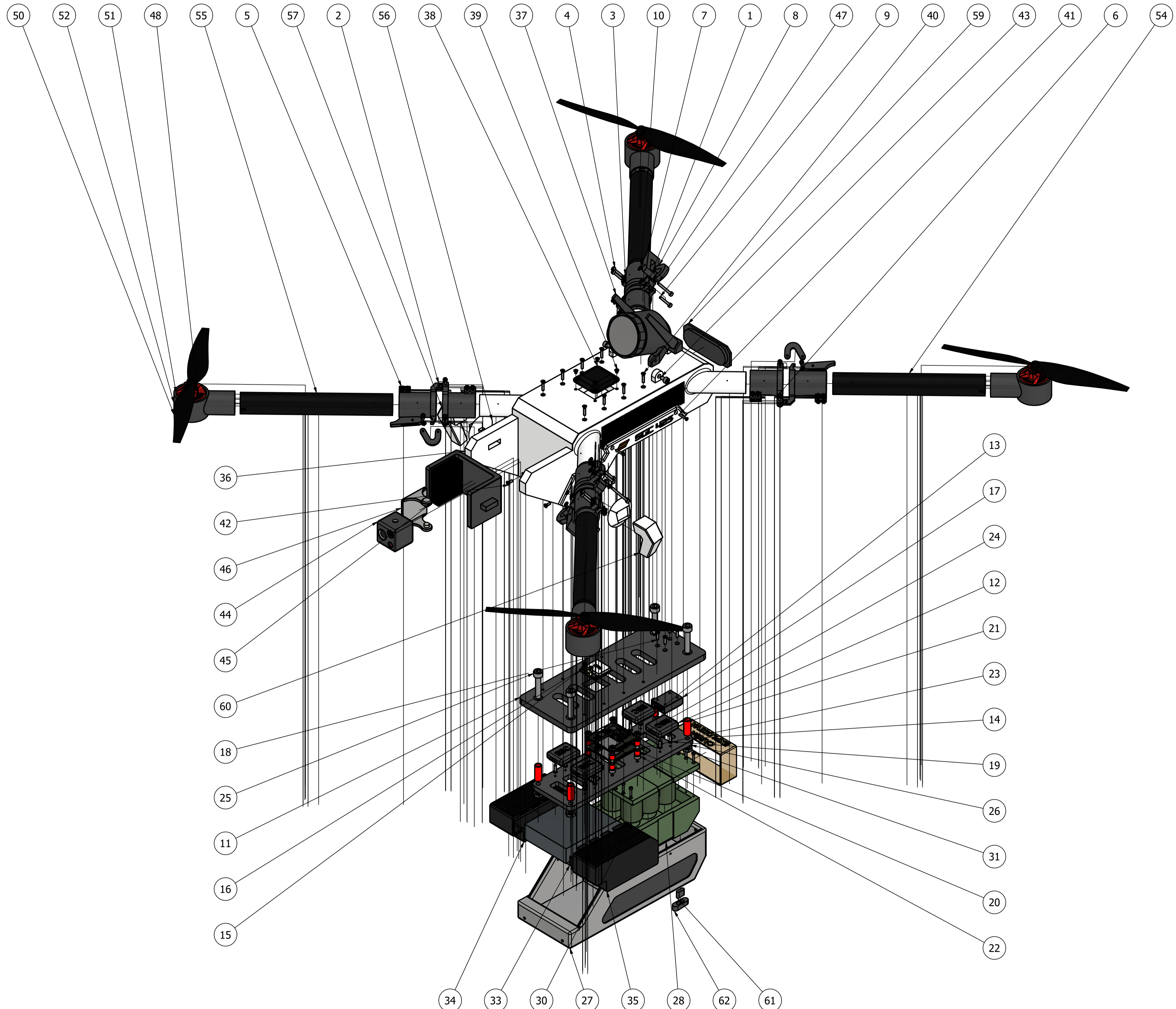
A



Nº de plano: 7		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A2		Designación	Sección del ensamblaje completo	
Escala <b>1:2</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

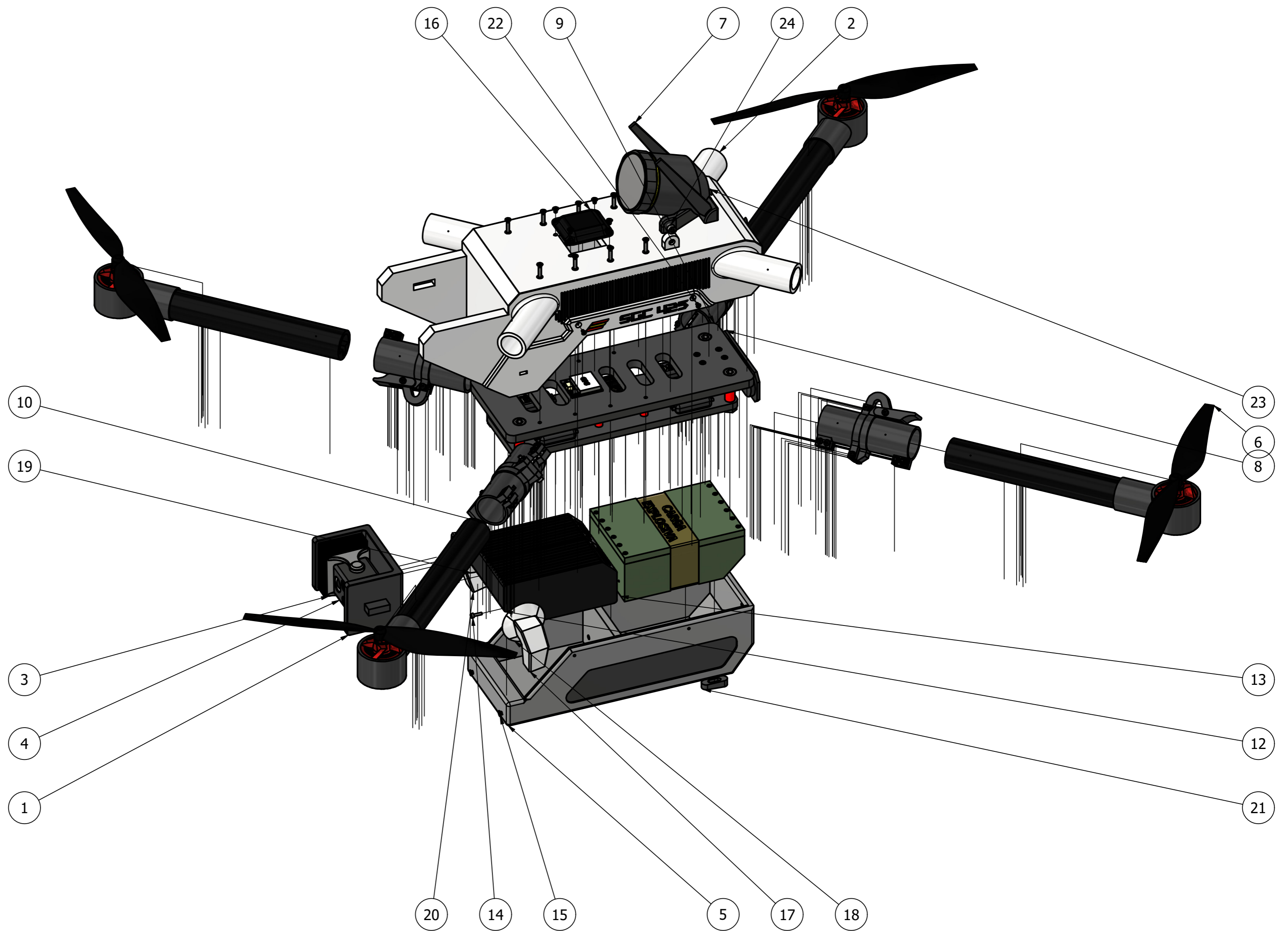
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	4	conector movil 2
2	4	conector movil 1
3	40	ISO 7089 - 2
4	16	ISO 4762 - M2 x 10
5	20	ISO 4032 - M2
6	4	ISO 4762 - M2 x 20
7	4	pestaña
8	4	Conector movil 33
9	4	ISO 4762 - M2 x 12
10	8	ISO 4035 - M2
11	1	cuerpo 2
12	2	ESC
13	2	ESC2
14	1	cuerpo
15	1	GPS
16	2	ISO 7045 - M1,6 x 4 - 4.8 - Z
17	1	receptor radiocontrol 2
18	4	ISO 7050 - ST 2,2 x 9,5 - C - H
19	8	ISO 7050 - ST 2,2 x 9,5 - C - Z
20	8	Antivibraciones
21	4	Antivibraciones2
22	4	ISO 4762 - M3 x 20
23	2	Placa control de vuelo
24	4	ISO 4036 - M3
25	4	ISO 4762 - M5 x 25
26	4	ISO 4036 - M5
27	1	Carcasa inferior
28	1	Carcasa inferior carga
29	1	carcasa superior carga
30	6	carga
31	15	ISO 4762 - M1,6 x 8
32	1	Precinto carga
33	1	batería
34	1	Carcasa batería 2
35	1	Carcasa batería
36	1	Carcasa superior
37	1	LIDAR
38	1	Tapa GPS
39	4	ISO 7046-1 - M2 x 3 - 4.8 - Z
40	8	ISO 7046-1 - M2 x 10 - 4.8 - Z
41	4	ISO 7046-1 - M1,6 x 10 - 4.8 - Z
42	5	ISO 7046-1 - M2 x 6 - 4.8 - Z
43	2	ISO 4762 - M3 x 5
44	1	camara
45	1	Soporte cámara 1
46	1	Soporte camara 2
47	4	ISO 4762 - M2 x 16
48	4	bobina
49	4	eje motor
50	4	Hélices buenas
51	4	motor
52	4	Conector bueno
53	16	ISO 4762 - M1,6 x 16
54	2	BRAZO
55	2	BRAZO2
56	1	Acople tren de aterrizaje 2
57	1	Tren de aterrizaje 2
58	1	Acople tren de aterrizaje
59	1	Panel de control
60	1	Tren de aterrizaje
61	2	Acople amortiguador trasero
62	2	Amortiguador trasero



Nº de plano: 8		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A1		Designación	Explosionado General	
Escala: 1:2		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	

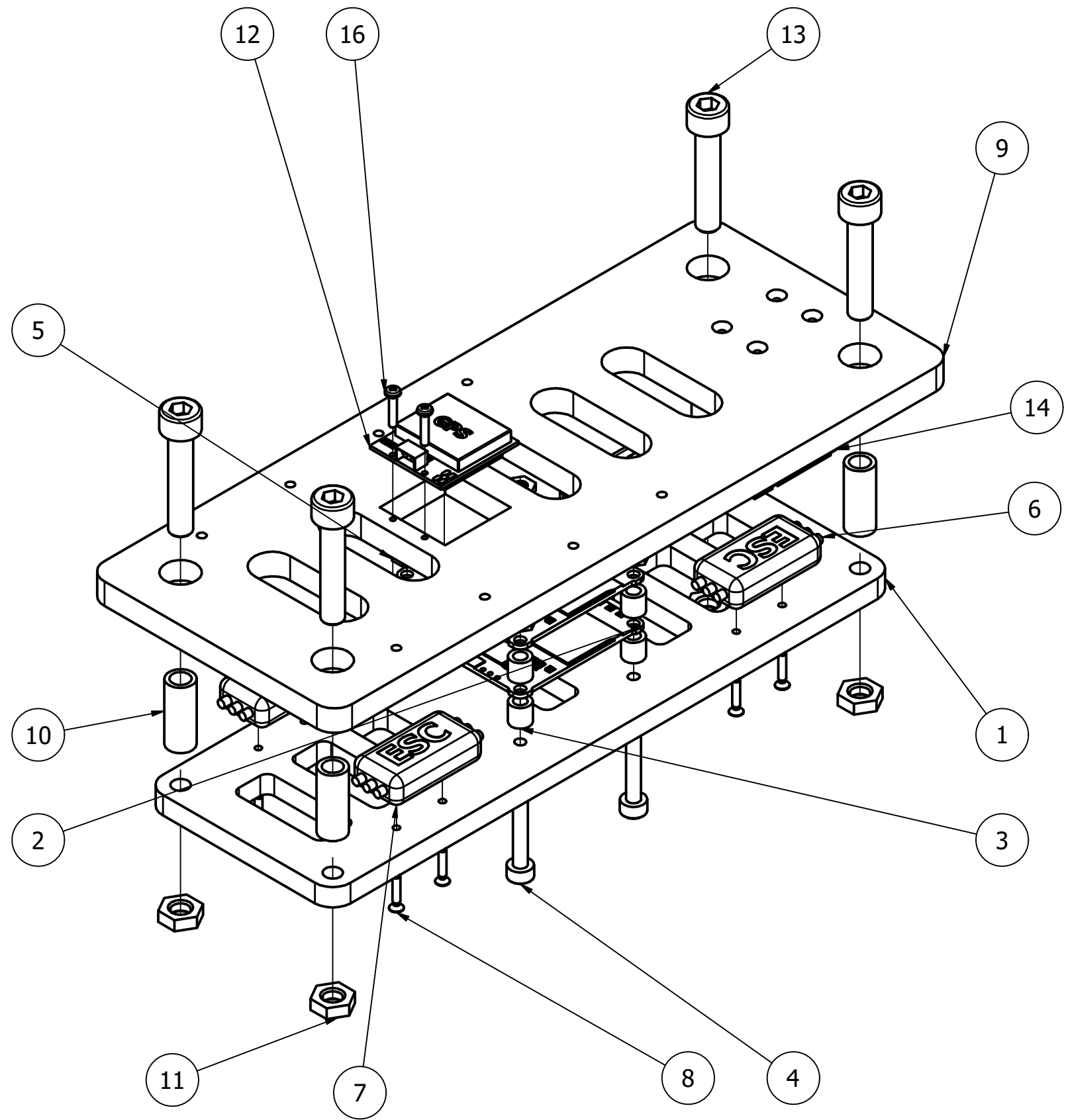
12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Soporte exterior
2	1	Chasis superior
3	1	Soporte interior
4	1	camara
5	1	Chasis inferior
6	2	Conjunto del motor
7	1	LiDAR
8	1	Panel de control
9	1	Conjunto del interior
10	4	Conjunto de la articulación brazo
11	2	Conjunto del motor
12	1	Conjunto de la batería
13	1	Conjunto de la carga explosiva
14	2	ISO 4762 - M1,6 x 6
15	12	ISO 7046-1 - M2 x 10 - 4.8 - Z
16	1	Tapa GPS
17	1	Tren de aterrizaje
18	1	Acople al chasis
19	1	Acople al chasis
20	1	Tren de aterrizaje
21	2	Trende aterrizaje trasero
22	4	ISO 7046-1 - M1,6 x 3 - 4.8 - Z
23	5	ISO 7046-1 - M2 x 3 - 4.8 - Z
24	2	ISO 4762 - M3 x 5



Nº de plano: 9		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A2		Designación	Explosionado de conjunto	
Escala: 1:2		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	

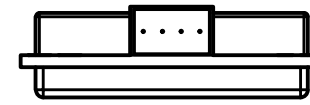
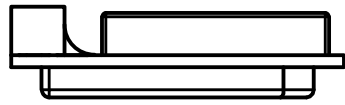
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Cuerpo inferior
2	2	Placa control de vuelo
3	8	Antivibrador interior
4	4	ISO 4762 - M3 x 20
5	4	ISO 4036 - M3
6	2	ESC
7	2	ESC
8	8	ISO 7046-1 - M1,6 x 8 - 4.8 - Z
9	1	Cuerpo superior
10	4	Antivibrador exterior
11	4	ISO 4036 - M5
12	1	GPS
13	4	ISO 4762 - M5 x 25
14	1	Receptor radiocontrol
15	4	ISO 7050 - ST 2,2 x 13 - C - H
16	2	ISO 7045 - M1,6 x 8 - 4.8 - Z



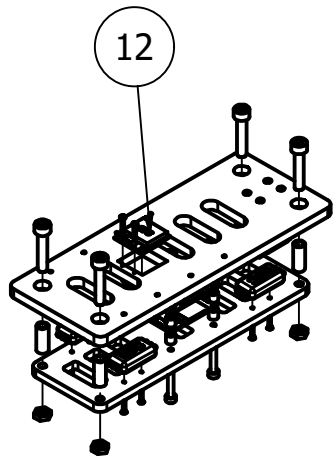
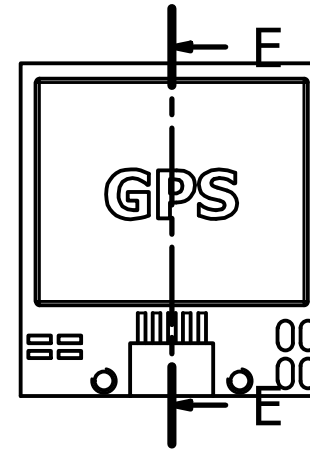
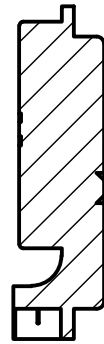
Nº de plano: 10	
Formato: A3	
Escala: 1:1	

Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Explosionado del conjunto del interior
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



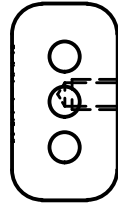


E-E ( 2 : 1 )

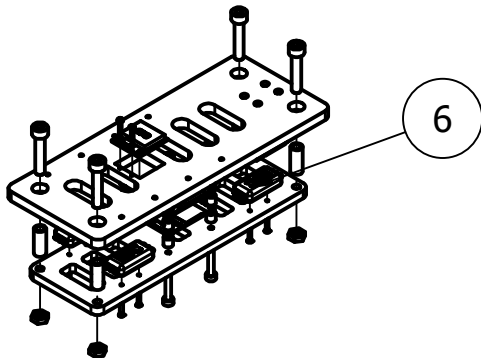
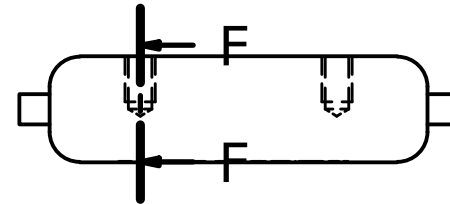
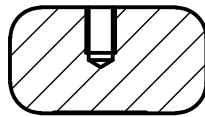


Nº de plano: 10.1		Autor	Sara García-Cubillana López
Formato: A4		Designación	Despiece del GPS
Escala <b>2 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.





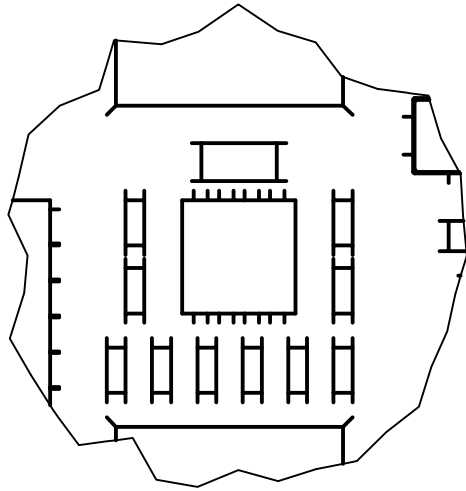
F-F ( 2 : 1 )



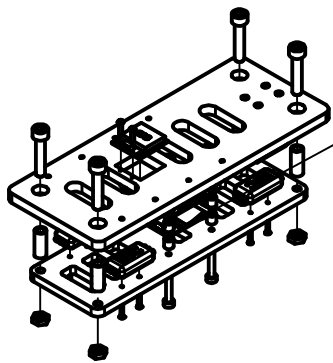
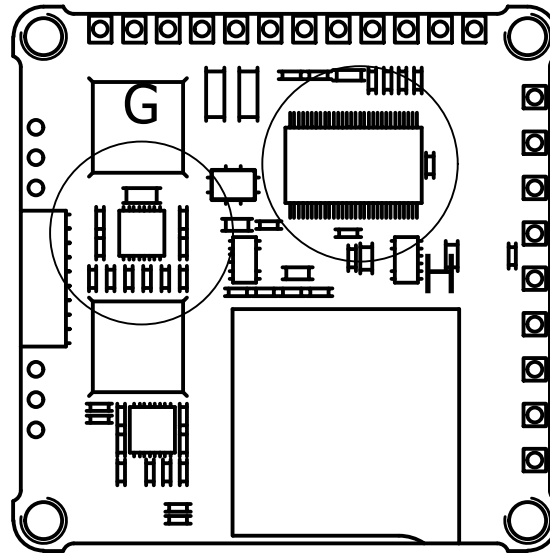
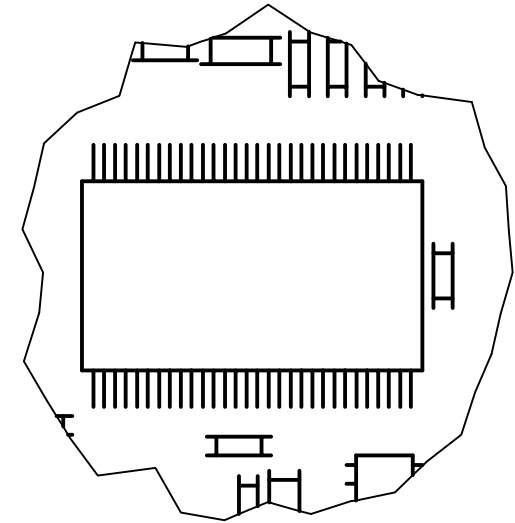
Nº de plano: 10.2		Autor	Sara García-Cubillana López
Formato: A4		Designación	Despiece del ESC
Escala <b>2 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



G (5 : 1)

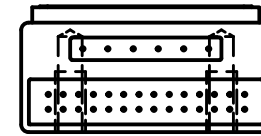
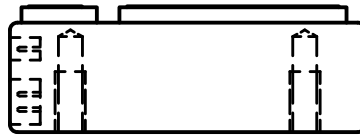


H (5 : 1)

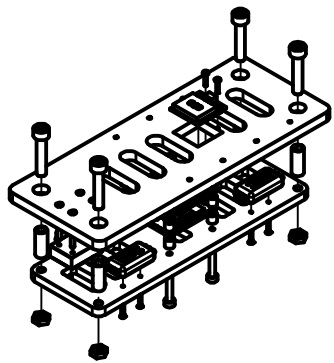
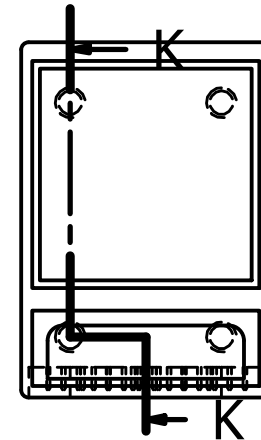
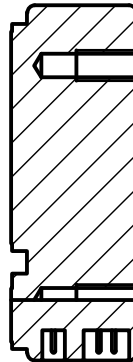


2

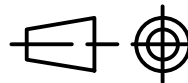
Nº de plano: 10.3		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A4		Designación	Despiece de la placa de control de vuelo	
Escala <b>2 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



K-K ( 2 : 1 )

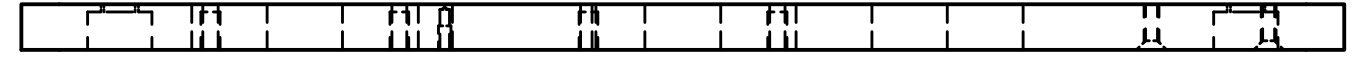
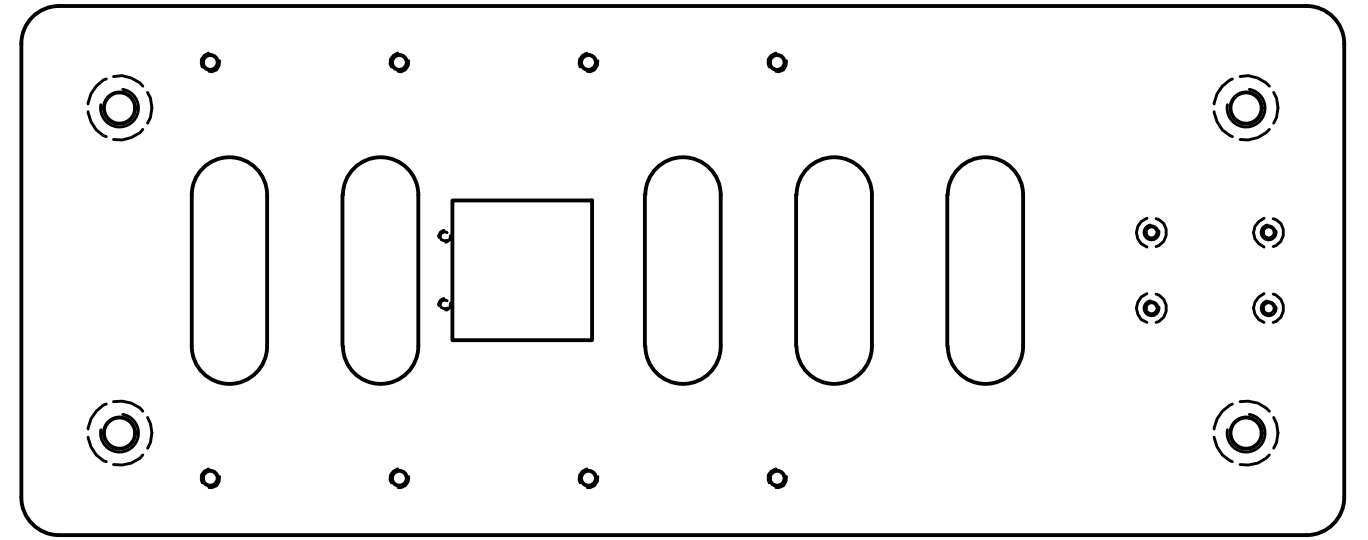
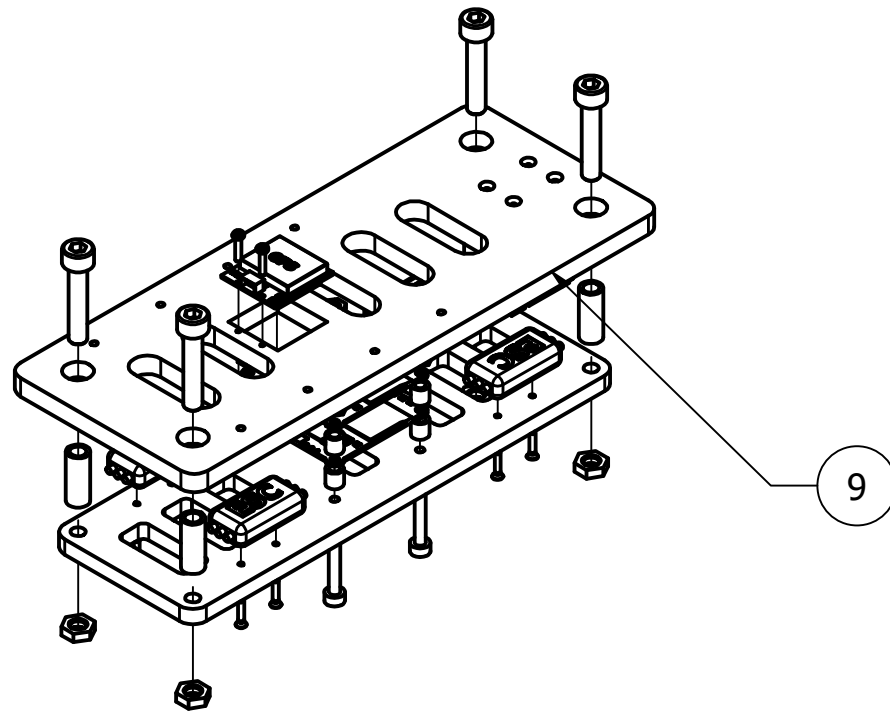
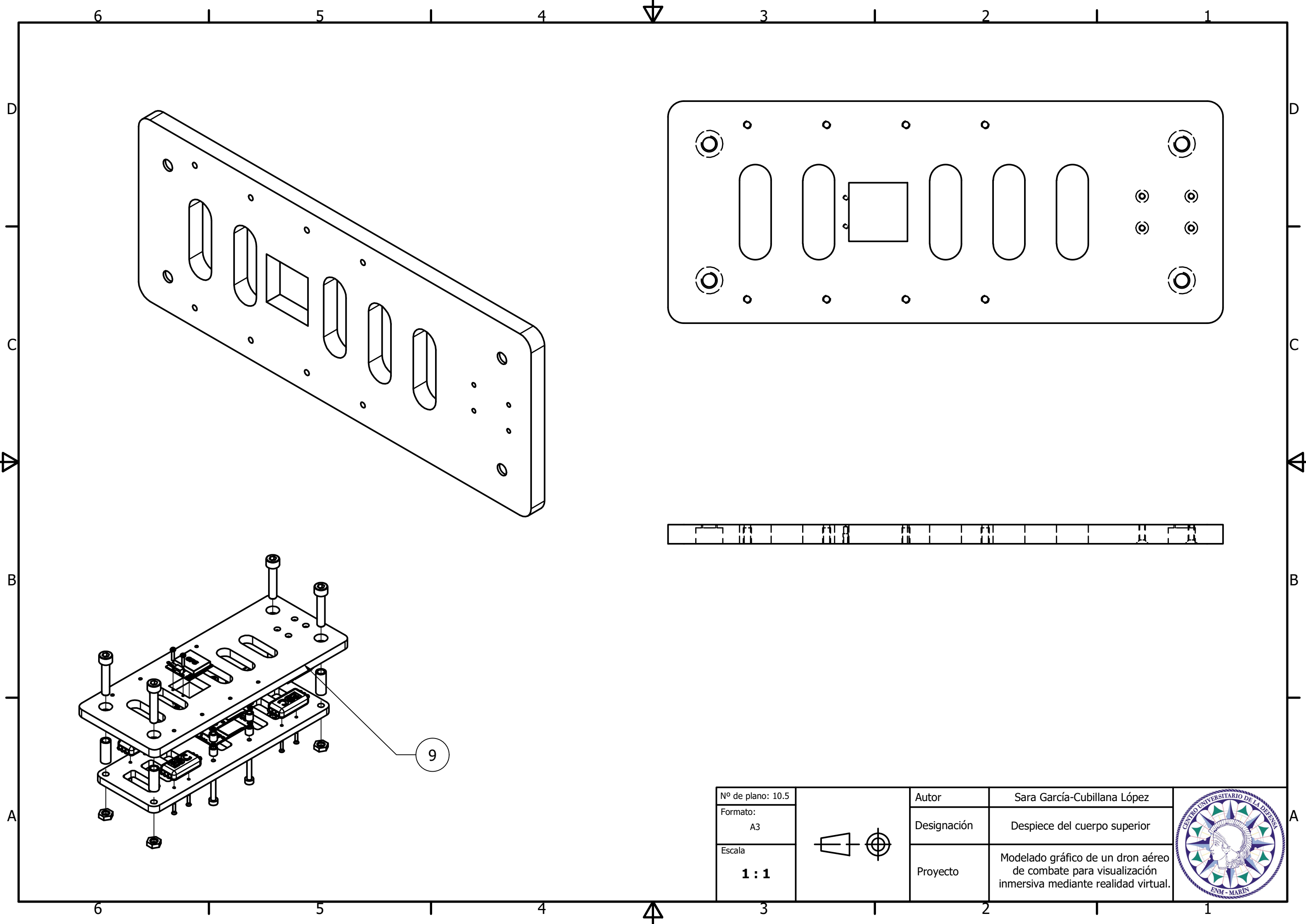


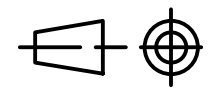

Nº de plano: 10.4
Formato: A4
Escala <b>2 : 1</b>

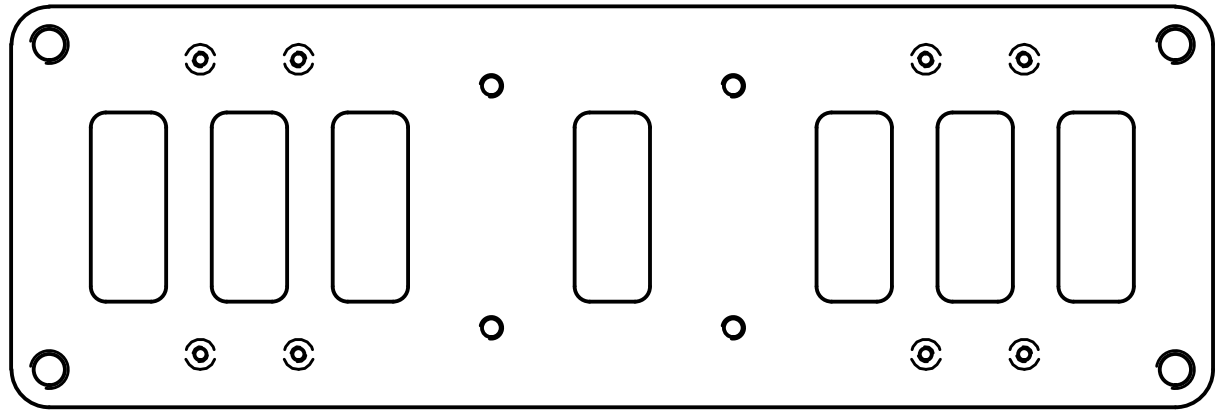
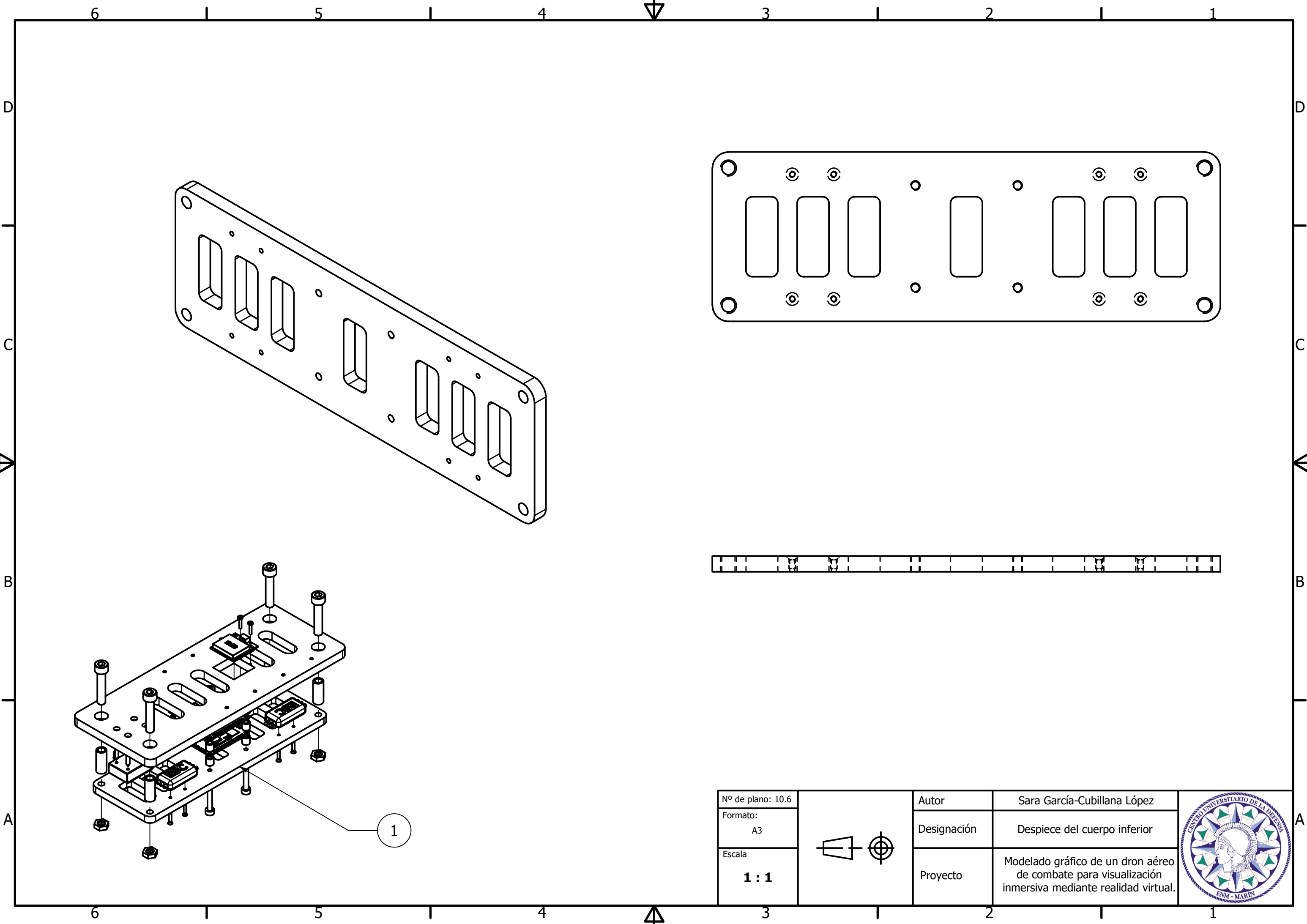


Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Despiece del receptor radiocontrol
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.

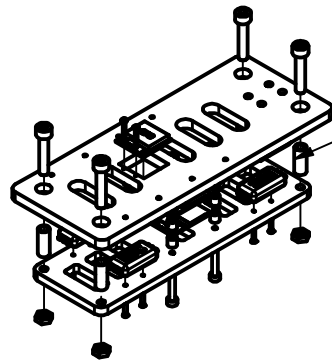
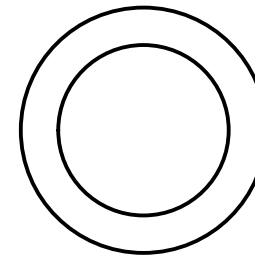
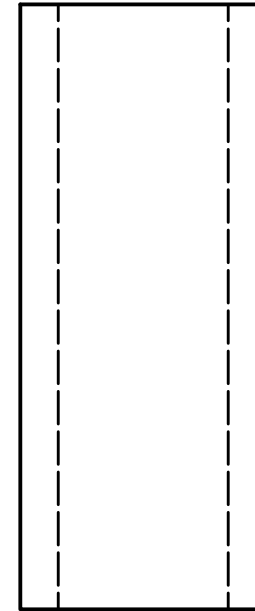
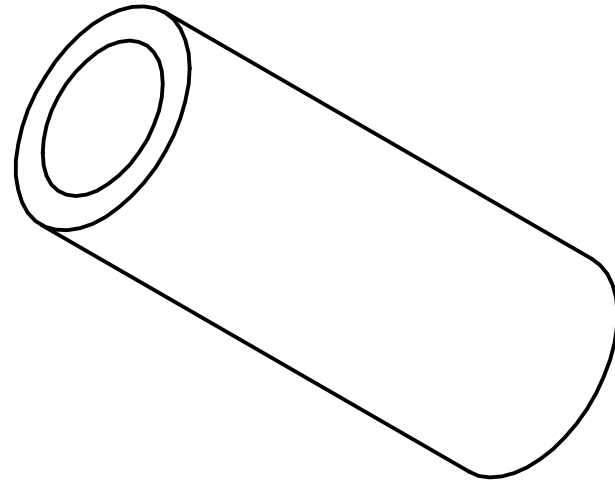




Nº de plano: 10.5		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A3		Designación	Despiece del cuerpo superior	
Escala <b>1 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



Nº de plano: 10.6		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A3		Designación	Despiece del cuerpo inferior	
Escala <b>1 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



10

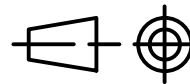
Nº de plano: 10.7

Formato:

A4

Escala

**5 : 1**



Autor

Sara García-Cubillana López

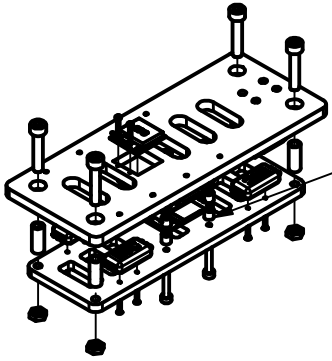
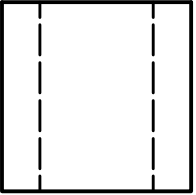
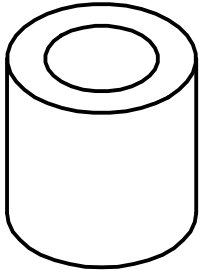
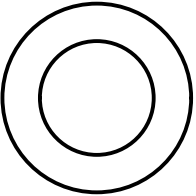
Designación

Despiece del antivibrador exterior

Proyecto

Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



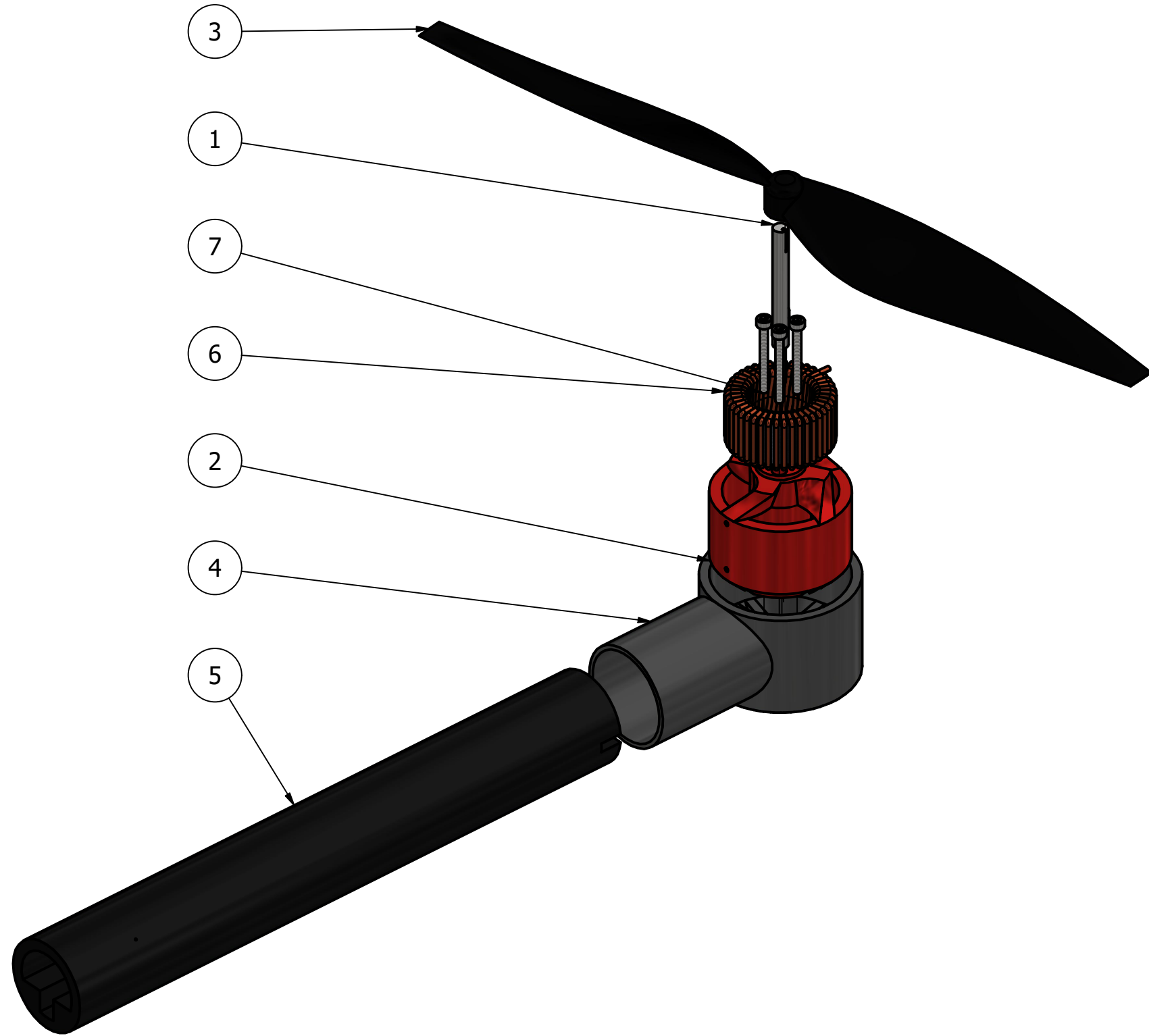


3

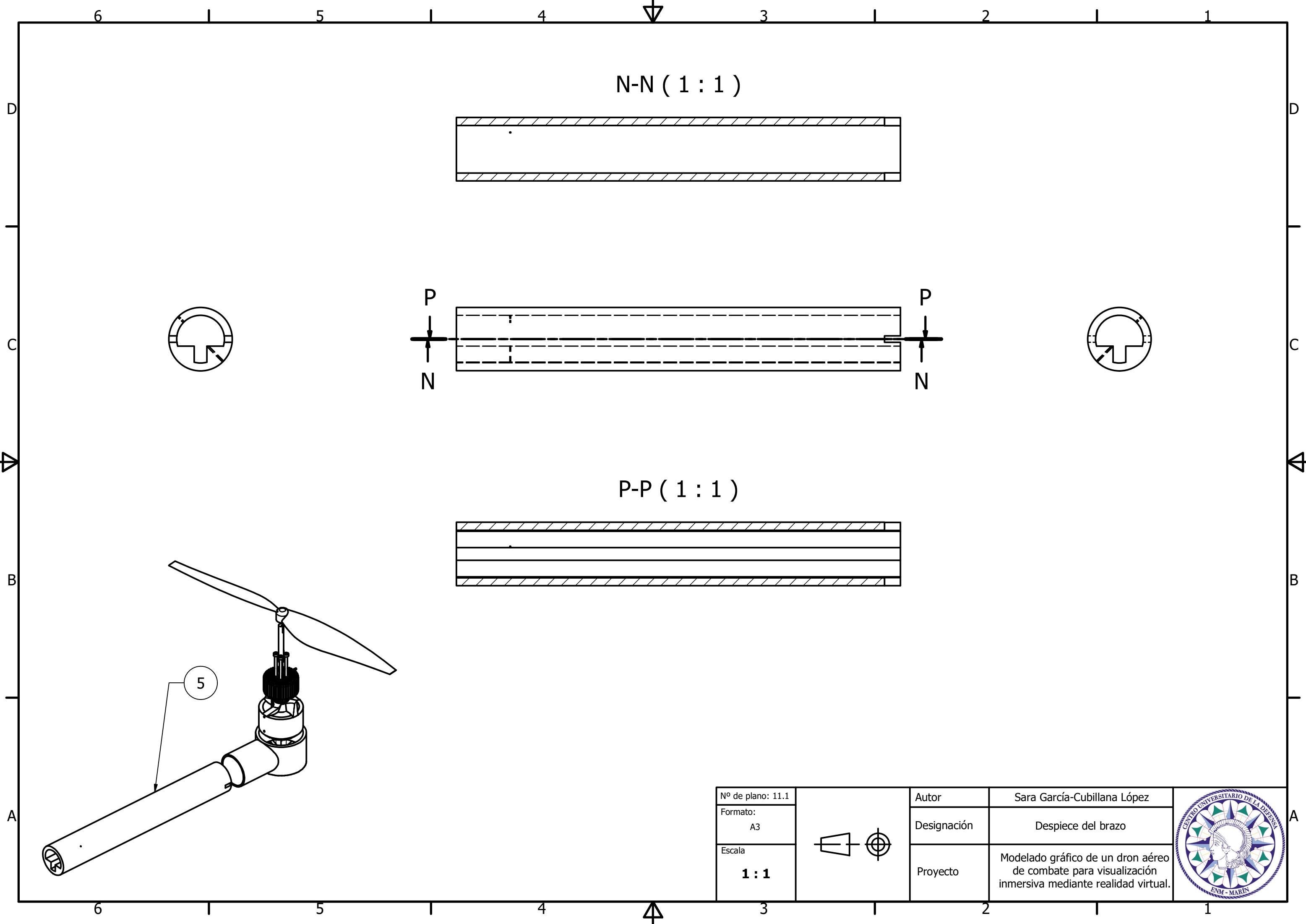
Nº de plano: 10.8		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A4		Designación	Despiece del antivibrador interior	
Escala <b>5 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Eje
2	1	Motor
3	1	Hélice
4	1	Acople del motor
5	1	Brazo
6	1	Bobina
7	4	ISO 4762 - M1,6 x 16

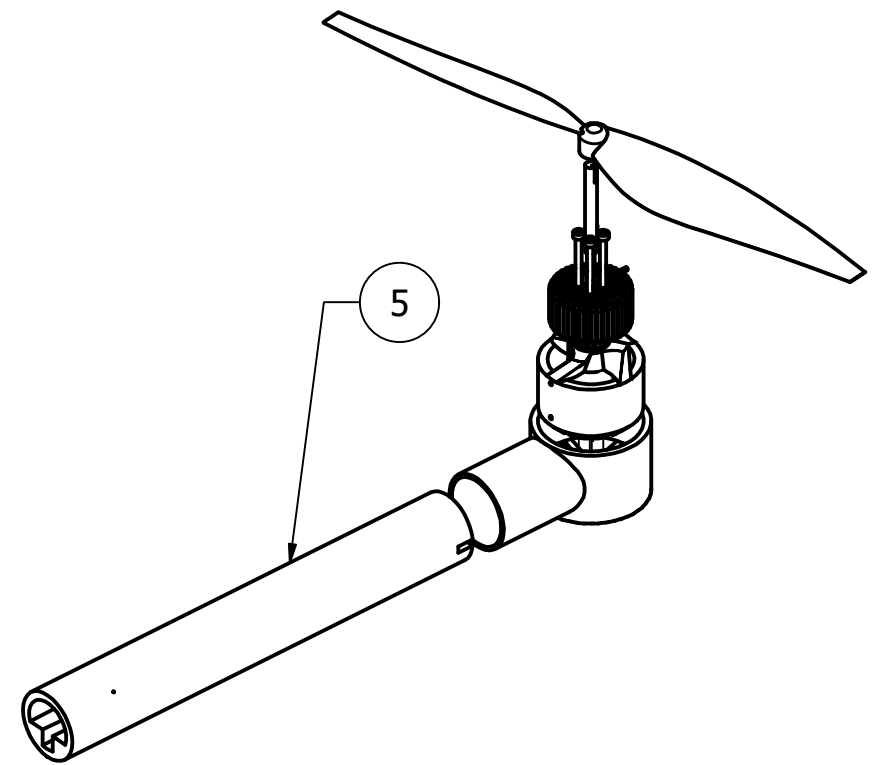


Nº de plano: 11		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A3		Designación	Explosionado del conjunto del motor	
Escala: 1:1		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



N-N ( 1 : 1 )

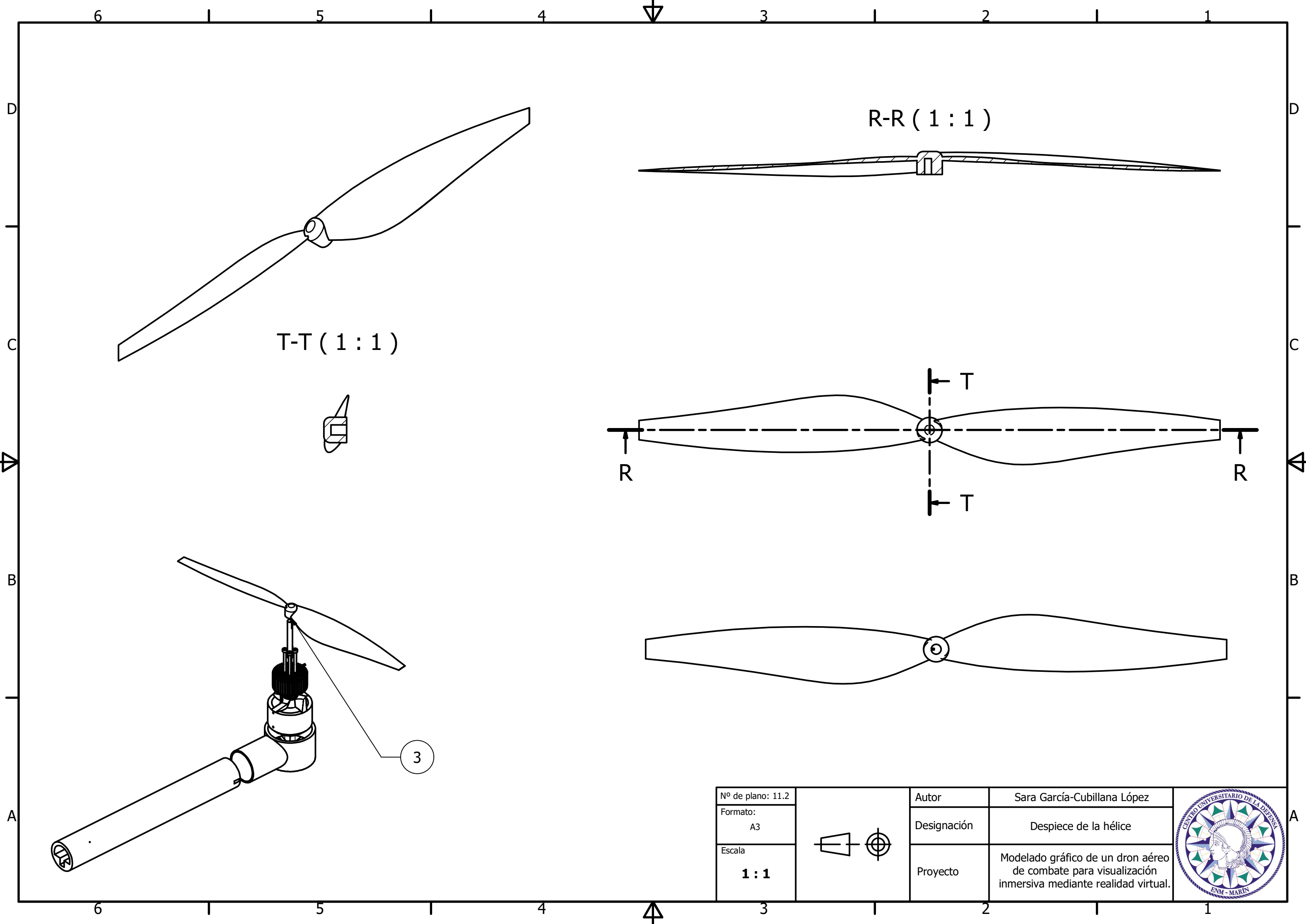
P-P ( 1 : 1 )



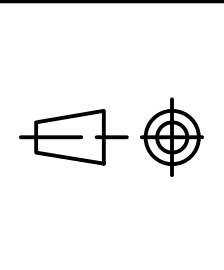
Nº de plano: 11.1		Autor	Sara García-Cubillana López
Formato: A3		Designación	Despiece del brazo
Escala <b>1 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.

Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Despiece del brazo
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



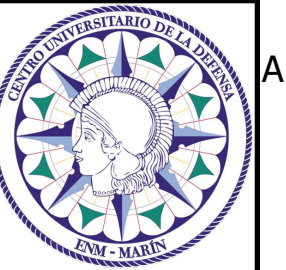


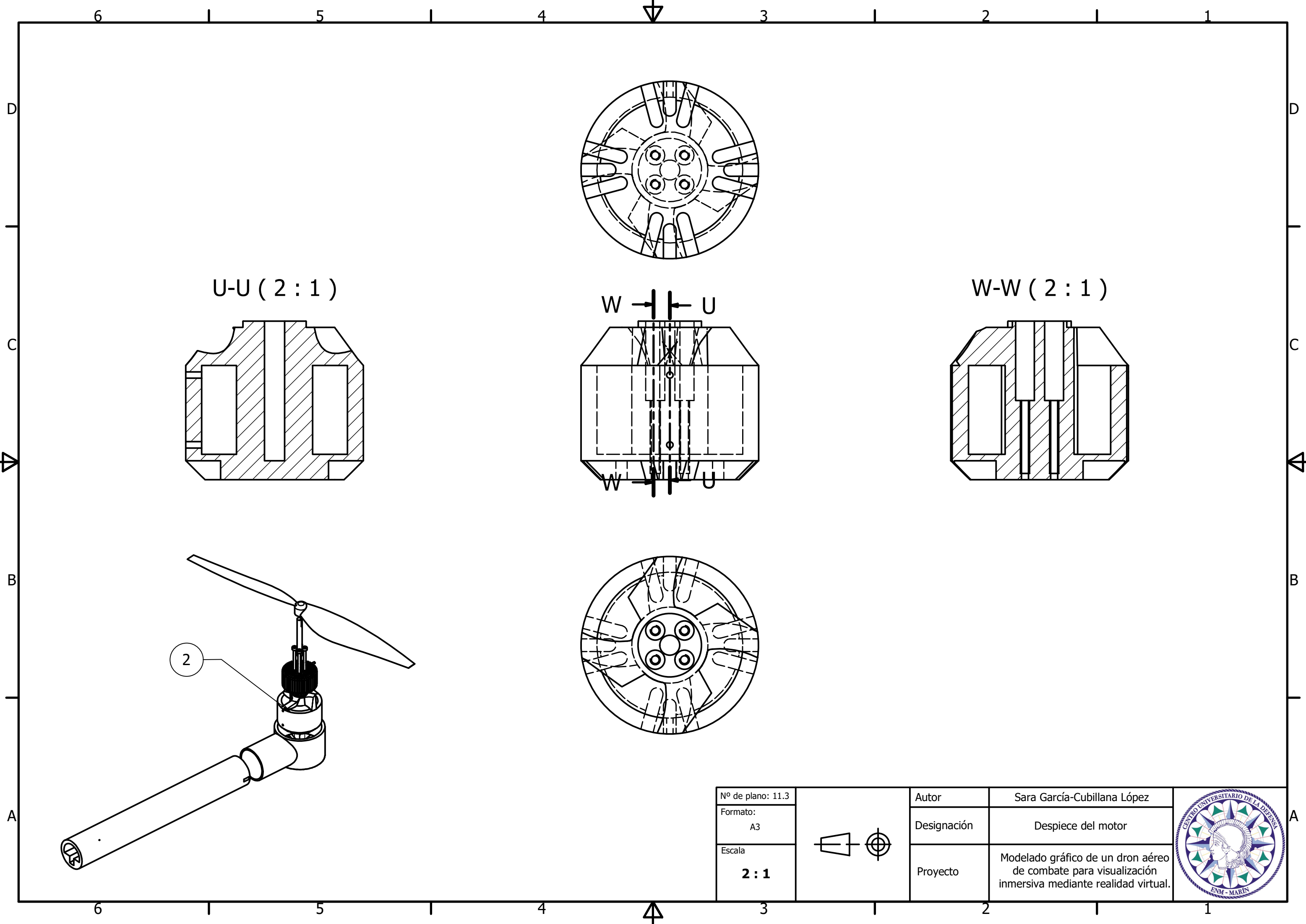
Nº de plano: 11.2
Formato: A3
Escala <b>1 : 1</b>



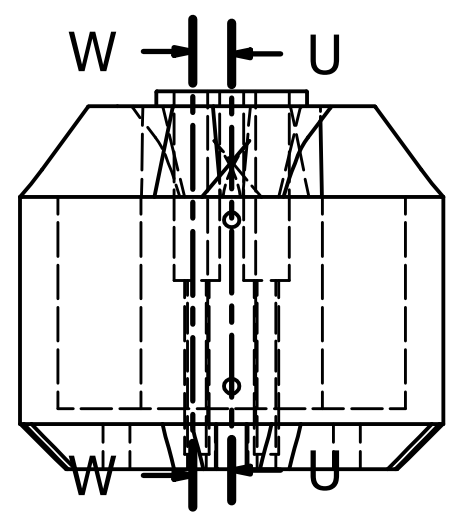
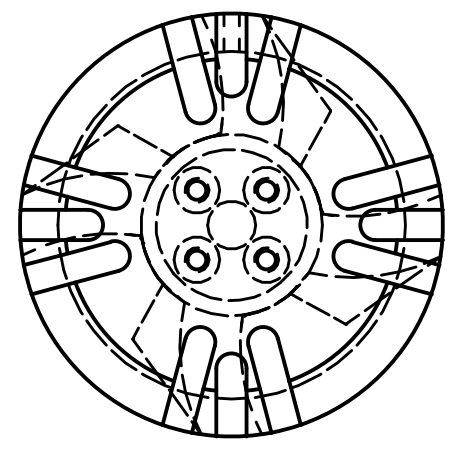
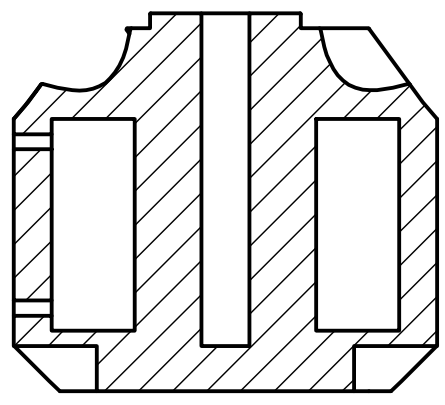
Autor
Designación
Proyecto

Sara García-Cubillana López
Despiece de la hélice
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.

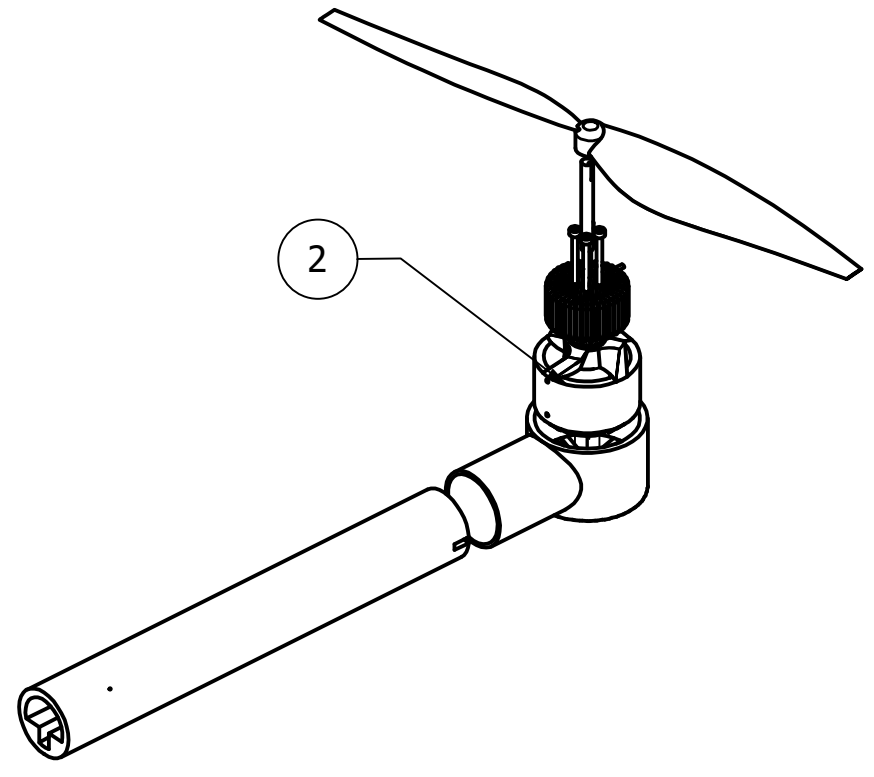
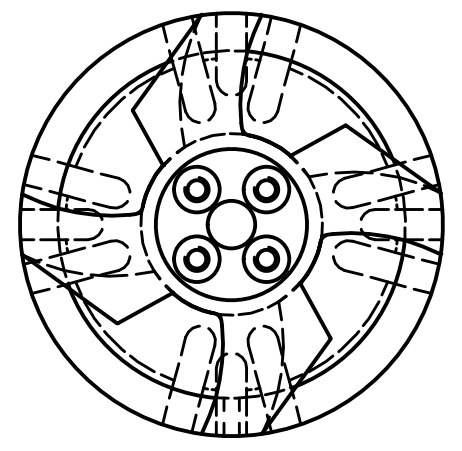
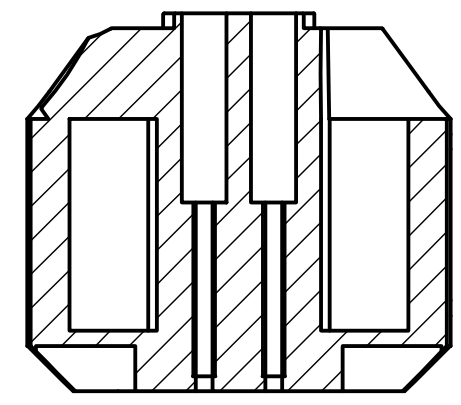




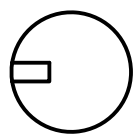
U-U ( 2 : 1 )



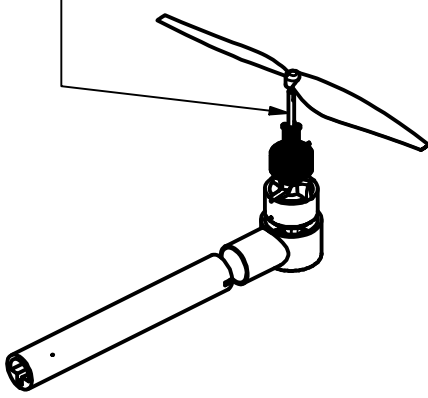
W-W ( 2 : 1 )

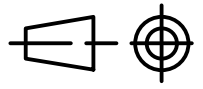



Nº de plano: 11.3		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A3		Designación	Despiece del motor	
Escala: 2:1		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	

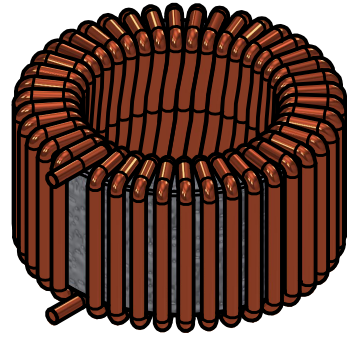


1

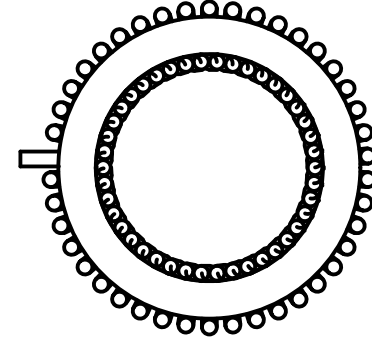


Nº de plano: 11.4		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A4		Designación	Despiece del eje	
Escala <b>5 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	

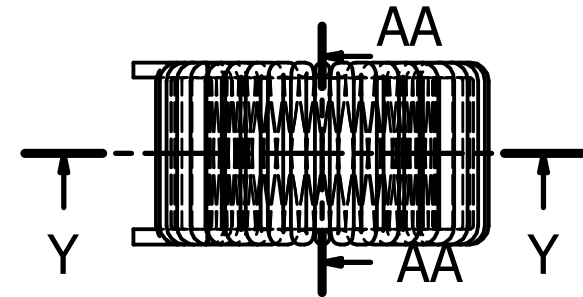
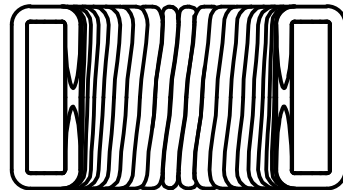




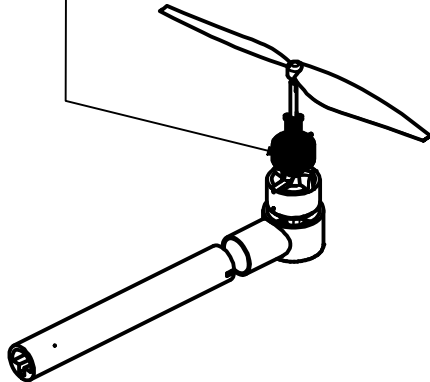
Y-Y ( 2 : 1 )



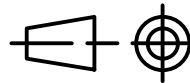
AA-AA ( 2 : 1 )



6



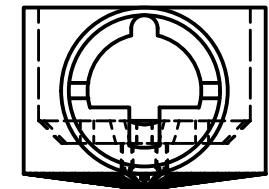
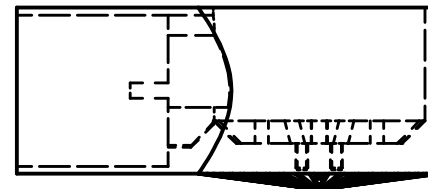
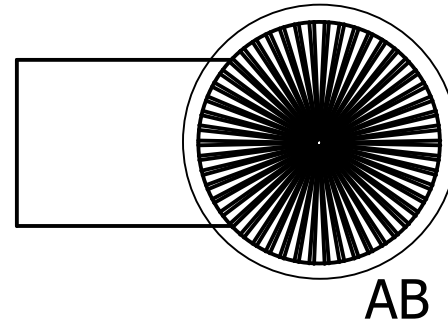
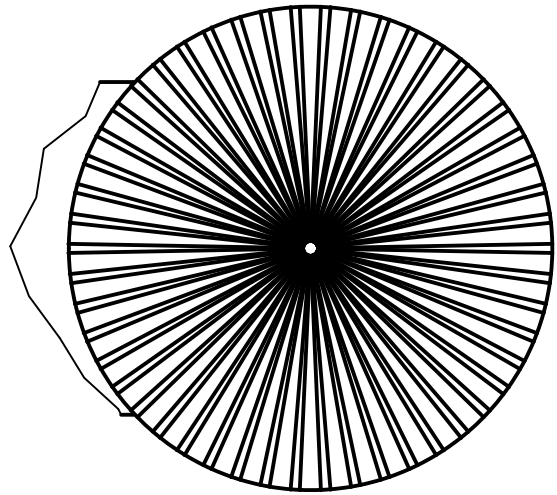
Nº de plano: 11.5
Formato: A4
Escala <b>2 : 1</b>



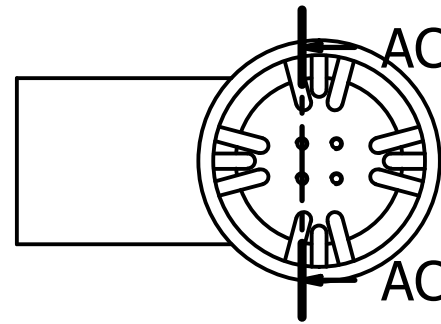
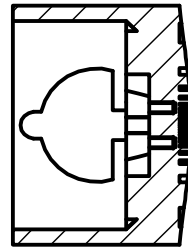
Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Despiece de la bobina
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



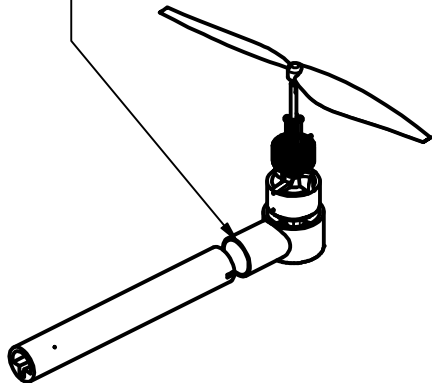
AB ( 2 : 1 )



AC-AC ( 1 : 1 )



4



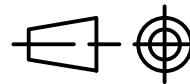
Nº de plano: 11.6

Formato:

A4

Escala

**1 : 1**



Autor

Sara García-Cubillana López

Designación

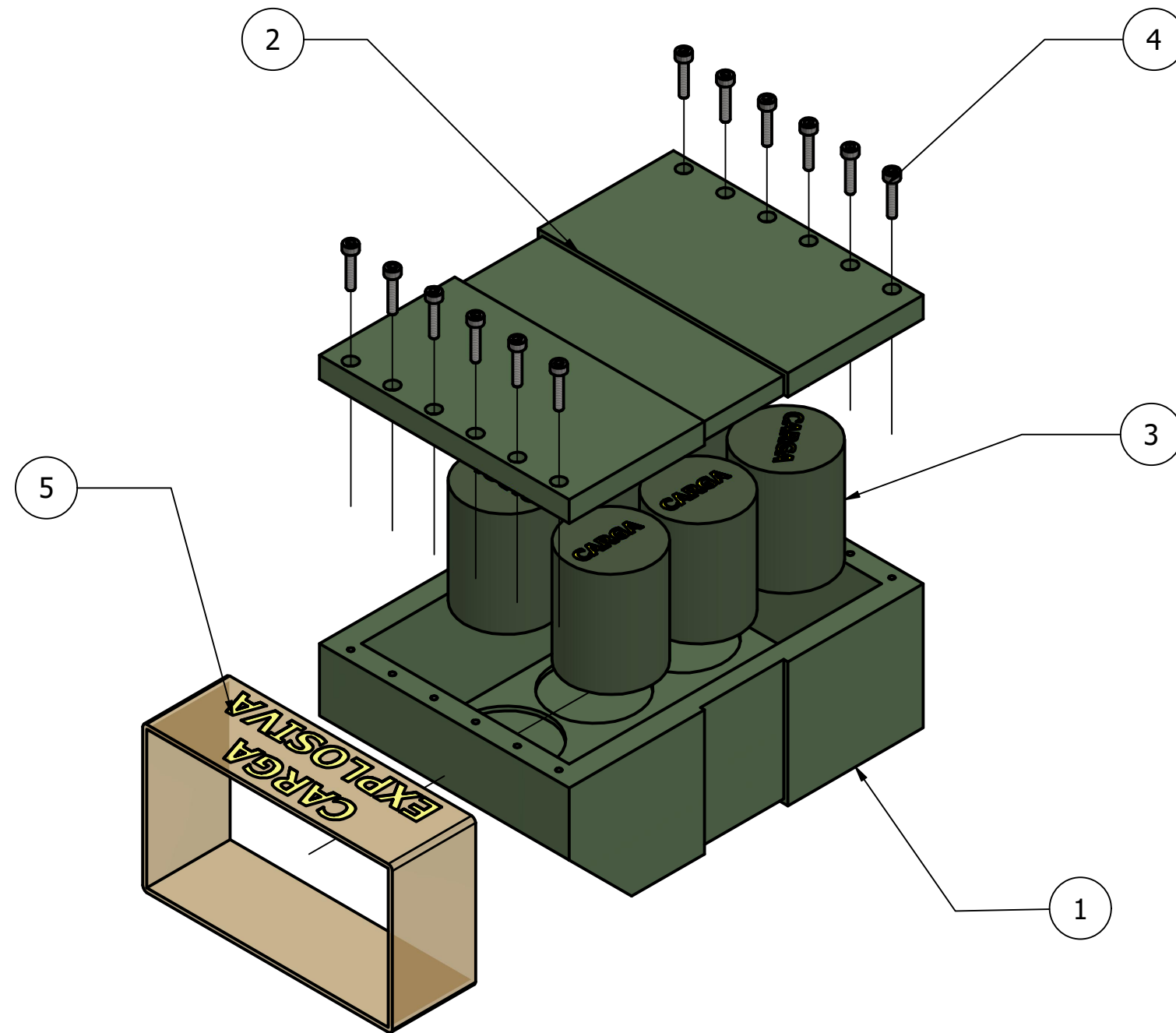
Despiece del acople del motor

Proyecto

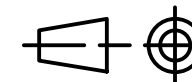
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



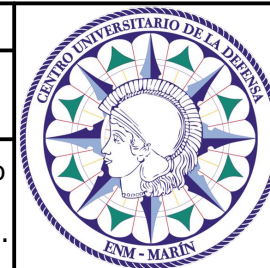
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Carcasa inferior carga
2	1	Carcasa superior carga
3	6	Carga
4	12	ISO 4762 - M1,6 x 8
5	1	Precinto



Nº de plano: 12
Formato: A3
Escala: <b>1 : 1</b>

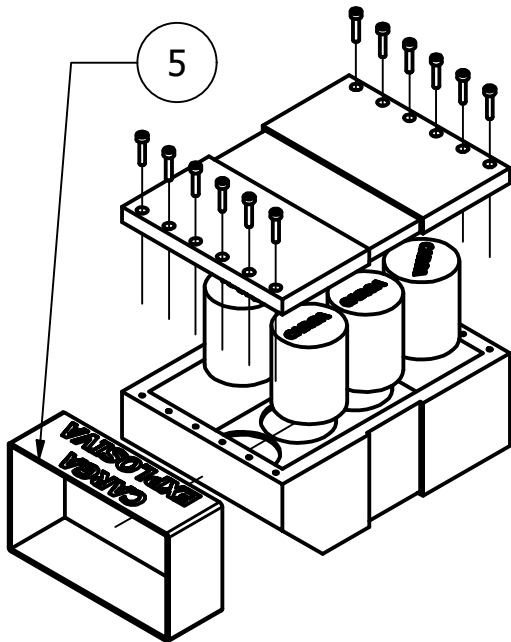
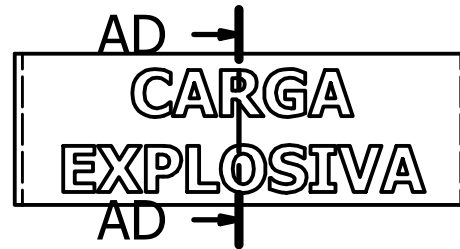


Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Explosionado del conjunto de la carga
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.





AD-AD ( 1 : 1 )



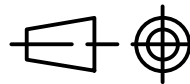
Nº de plano: 12.1

Formato:

A4

Escala

**1 : 1**



Autor

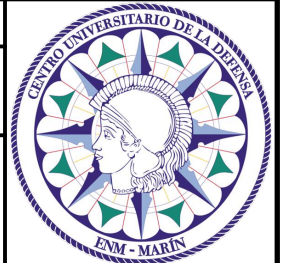
Sara García-Cubillana López

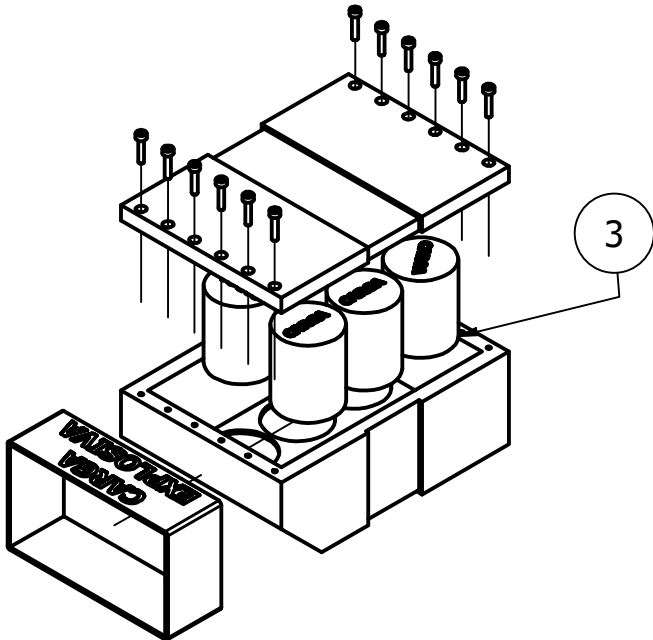
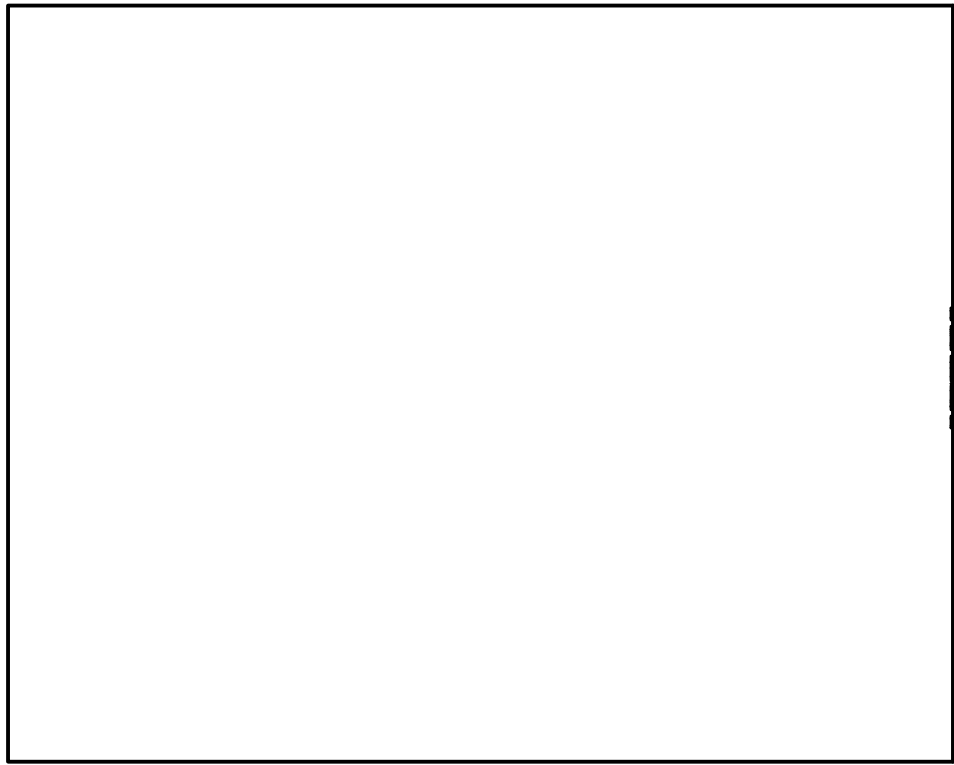
Designación

Despiece del precinto

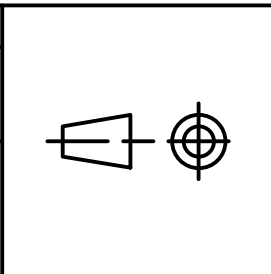
Proyecto

Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.





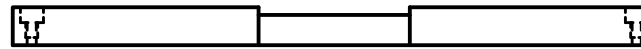
Nº de plano: 12.2
Formato: A4
Escala <b>5 : 1</b>



Autor
Designación
Proyecto

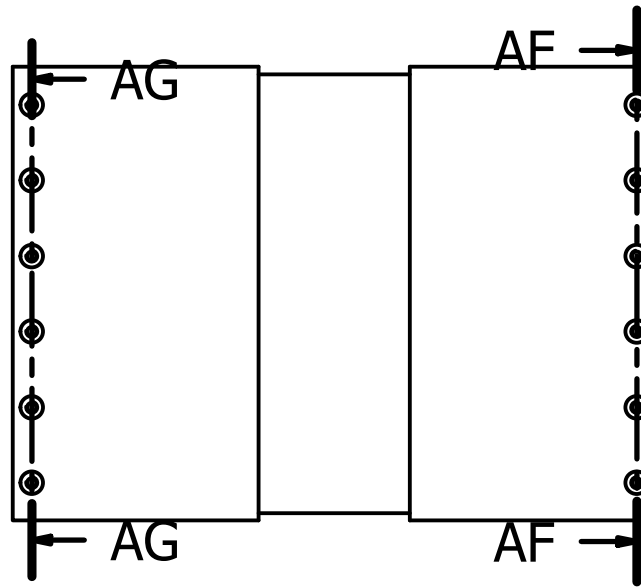
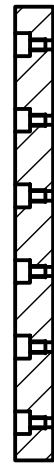
Sara García-Cubillana López
Despiece de la carga
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



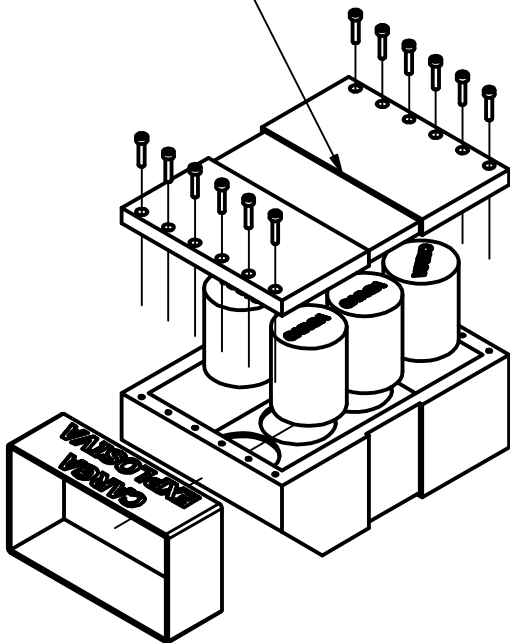


AG-AG ( 1 : 1 )

AF-AF ( 1 : 1 )



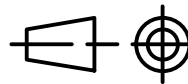
2



Nº de plano: 12.3

Formato:  
A4

Escala  
**1 : 1**



Autor

Sara García-Cubillana López

Designación

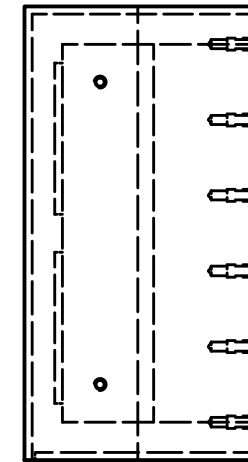
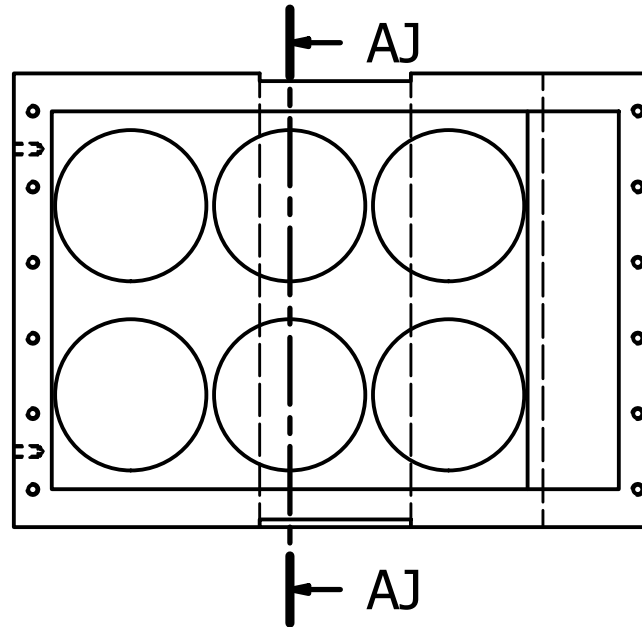
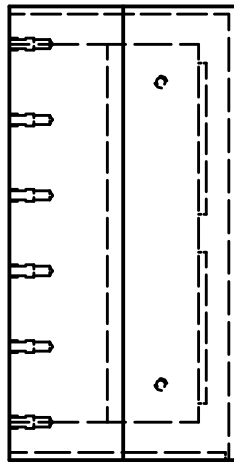
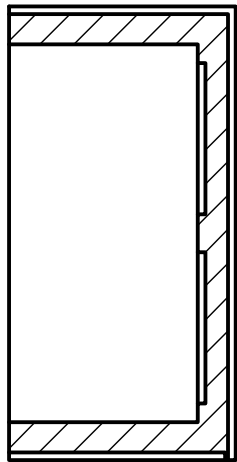
Despiece de la carcasa superior

Proyecto

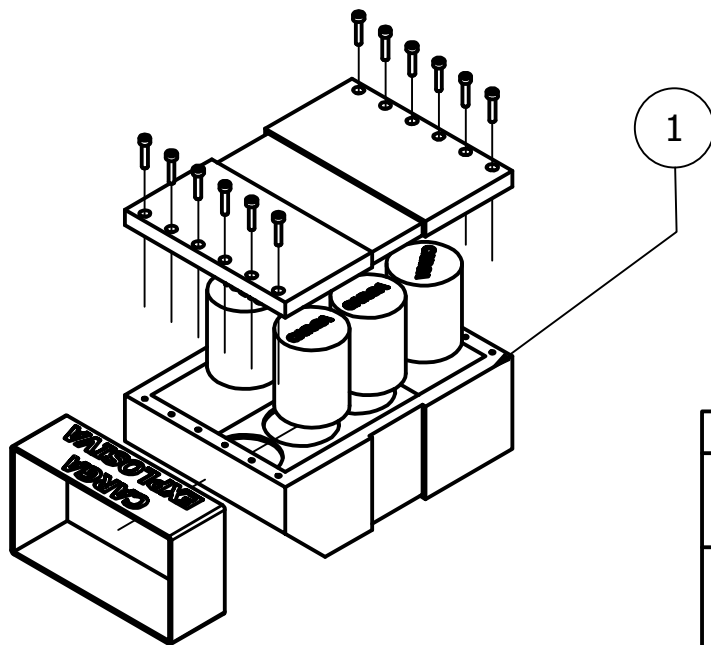
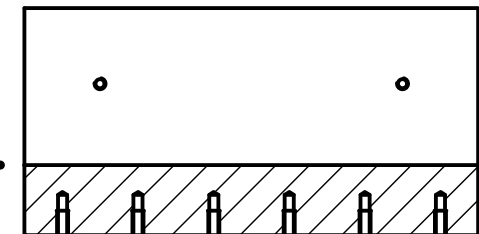
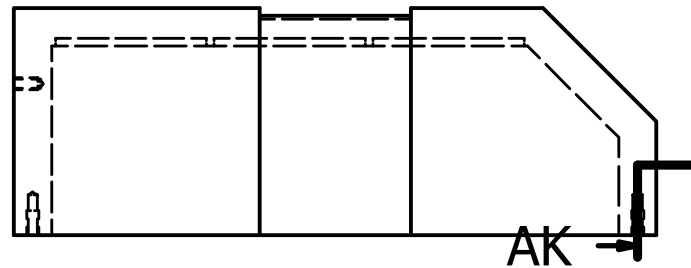
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



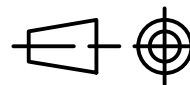
AJ-AJ ( 1 : 1 )



AK-AK ( 1 : 1 )



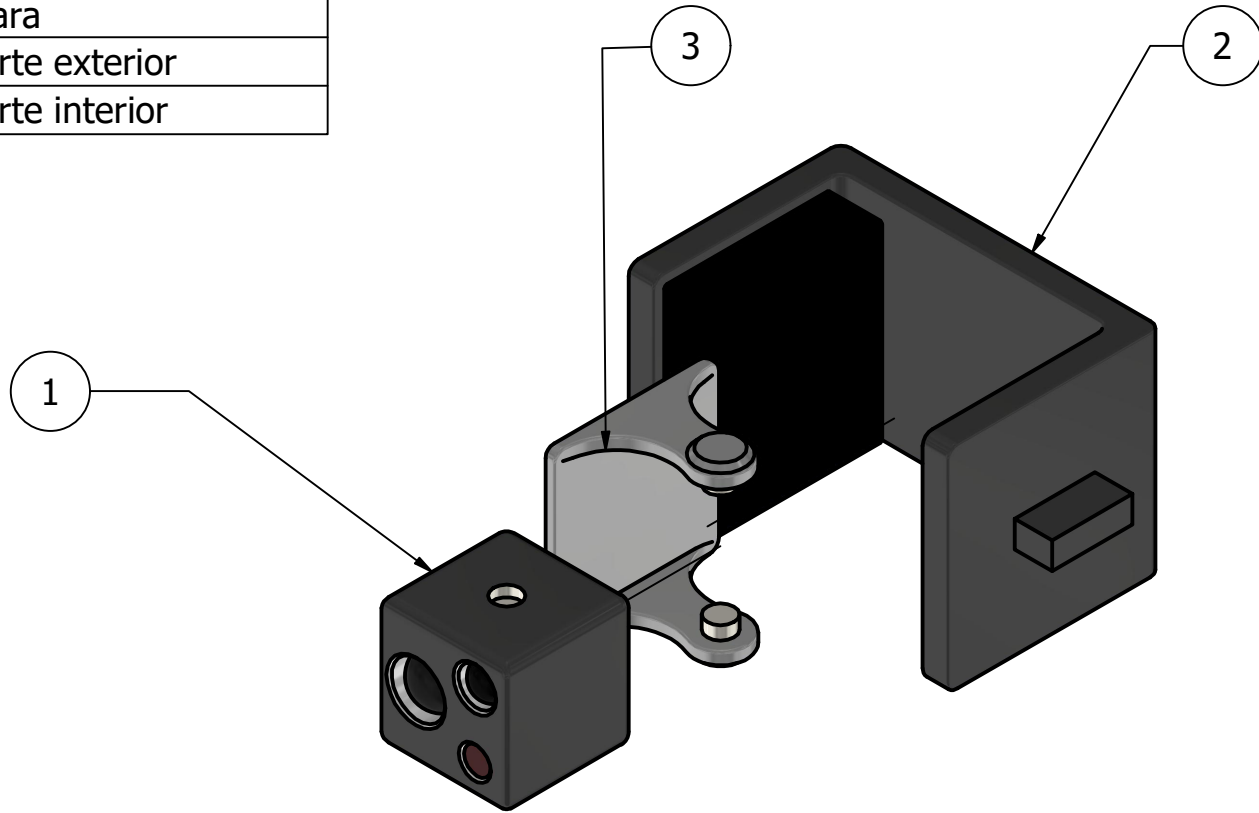
Nº de plano: 12.4
Formato: A4
Escala <b>1 : 1</b>



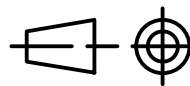
Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Despiece de la carcasa inferior
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Cámara
2	1	Soporte exterior
3	1	Soporte interior

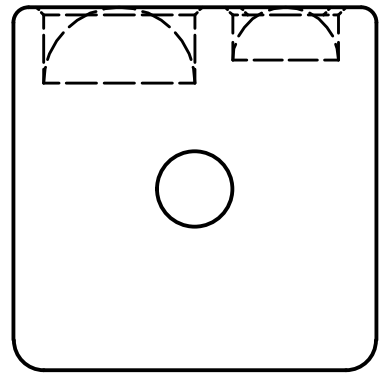


Nº de plano: 13
Formato: A4
Escala <b>1 : 1</b>

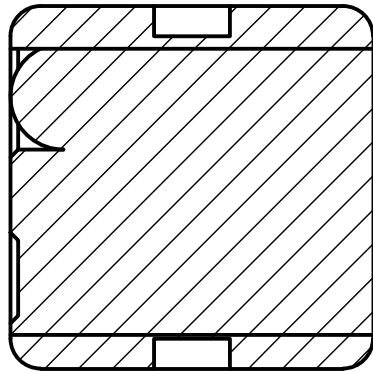


Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Explosionado del conjunto de la cámara
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.

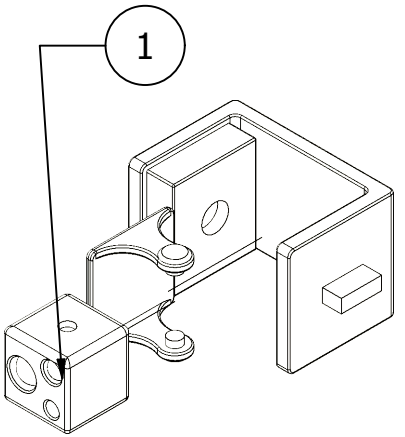
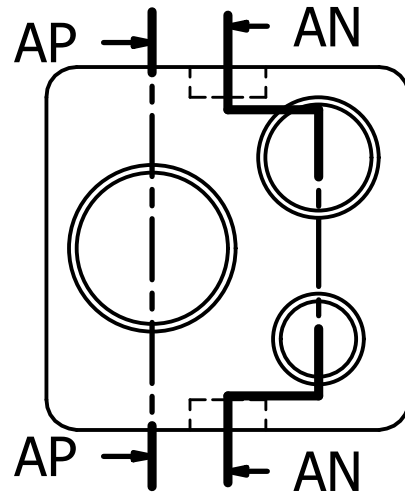
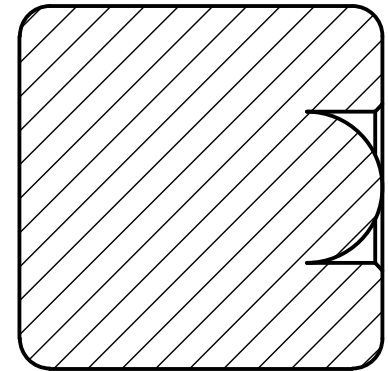




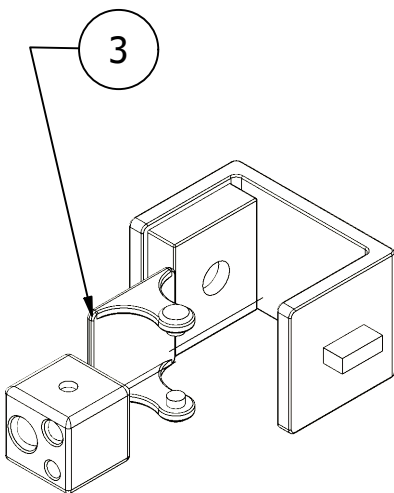
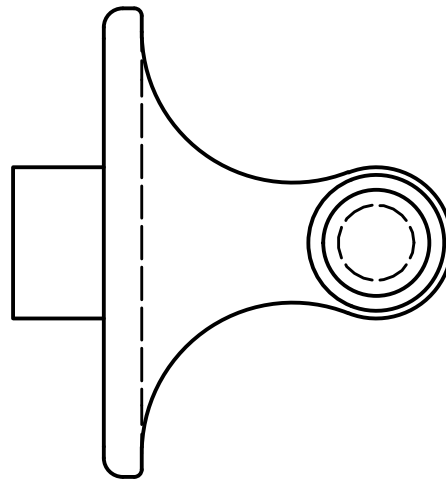
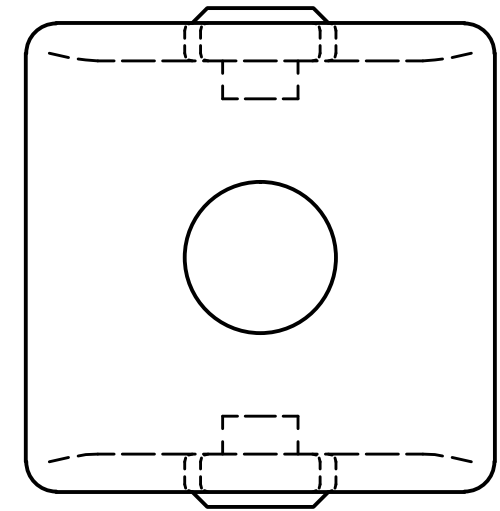
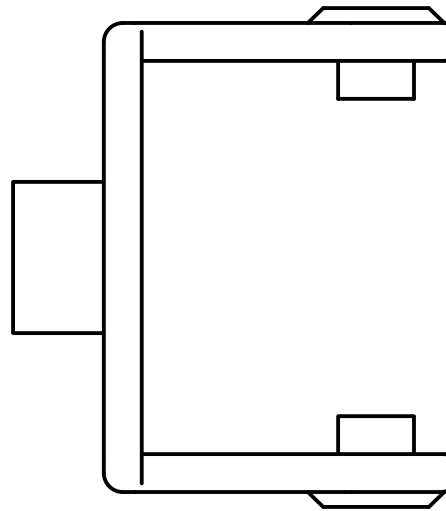
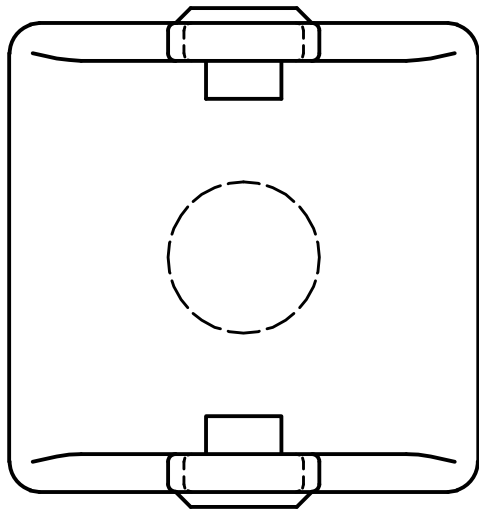
AN-AN ( 2 : 1 )



AP-AP ( 2 : 1 )

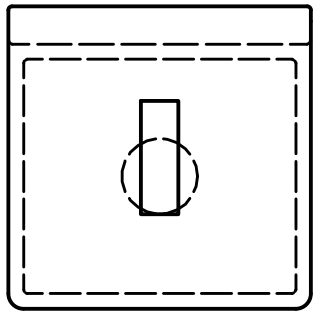
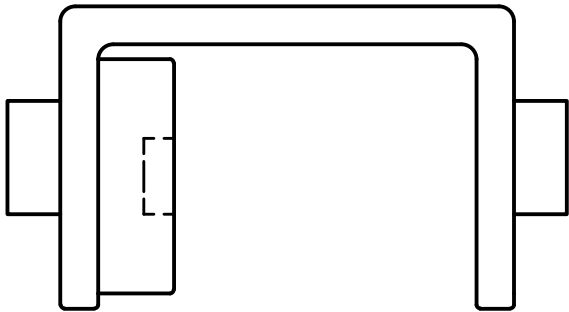
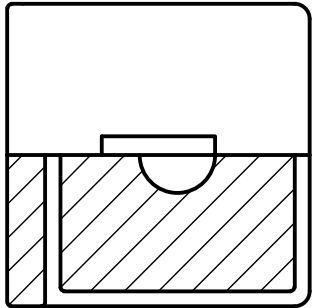
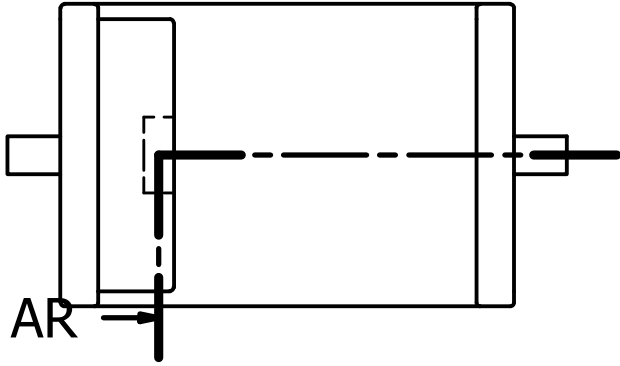


Nº de plano: 13.1		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A4		Designación	Cámara	
Escala <b>2 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	

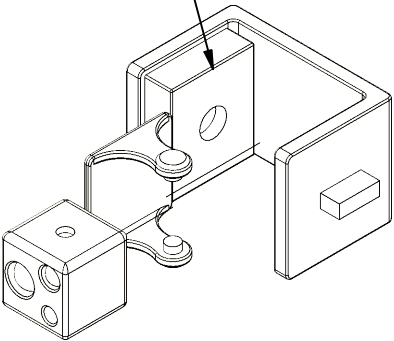


Nº de plano: 13.2		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A4		Designación	Despiece del soporte interior	
Escala <b>2 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	

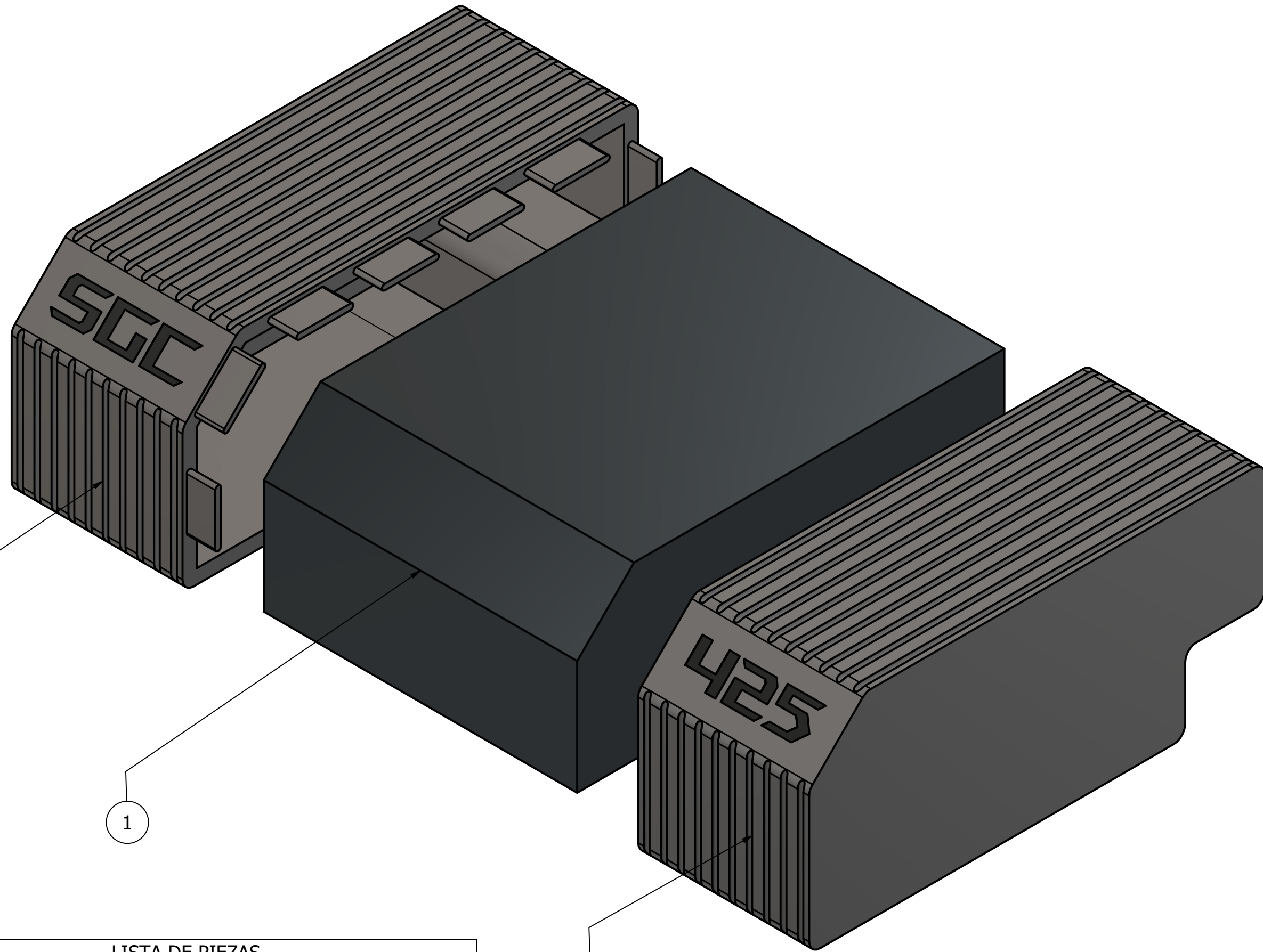
AR-AR ( 1 : 1 )



2

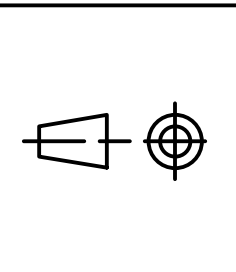


Nº de plano: 13.3		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A4		Designación	Despiece del soporte superior	
Escala <b>1 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



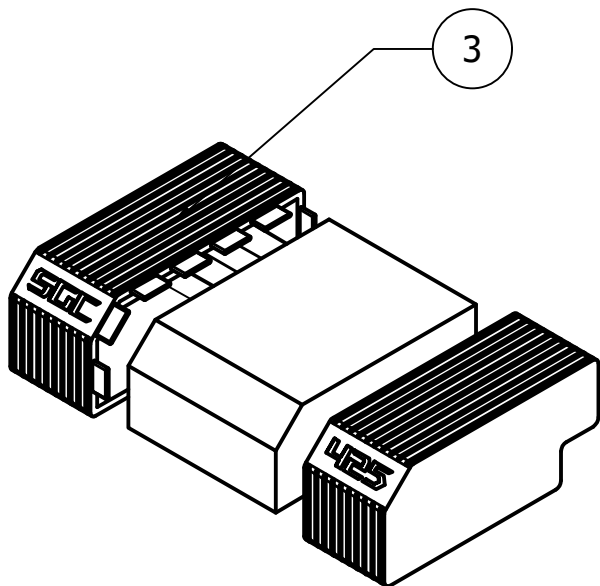
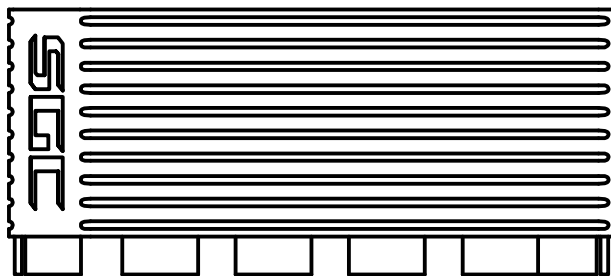
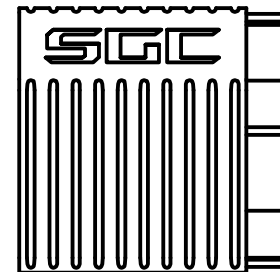
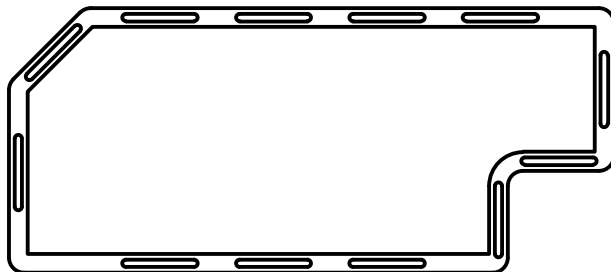
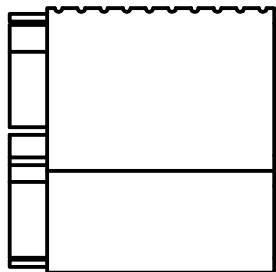
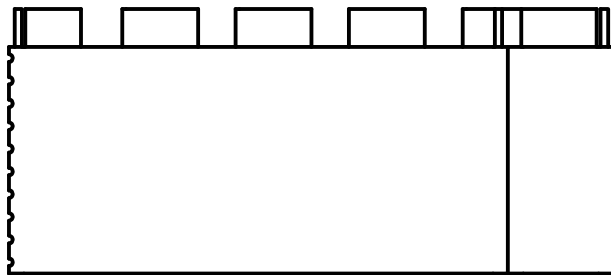
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Batería
2	1	Carcasa izquierda de la batería
3	1	Carcasa derecha de la batería

Nº de plano: 14
Formato: A3
Escala <b>2 : 1</b>

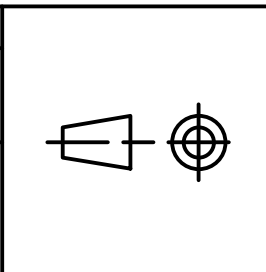


Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Explosionado del conjunto de la batería
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.





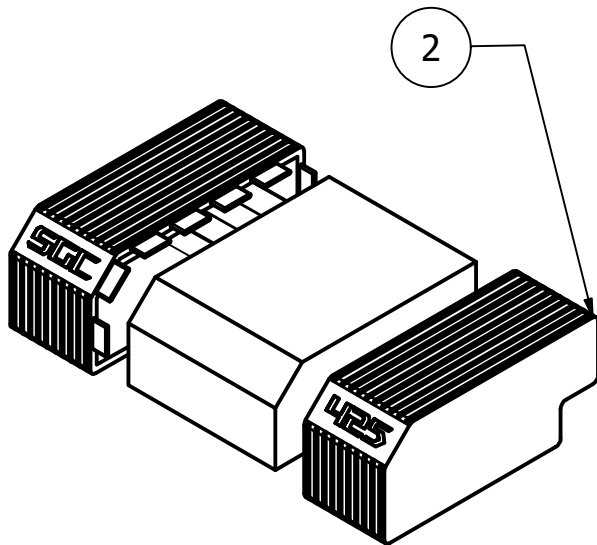
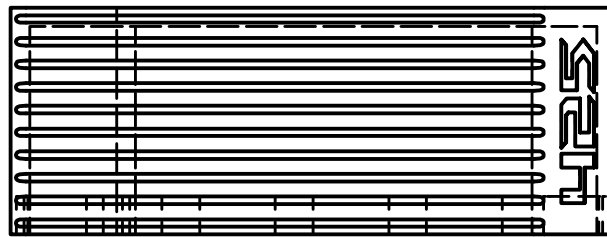
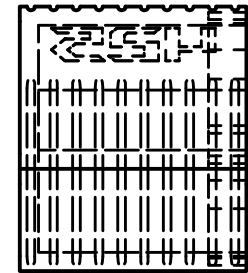
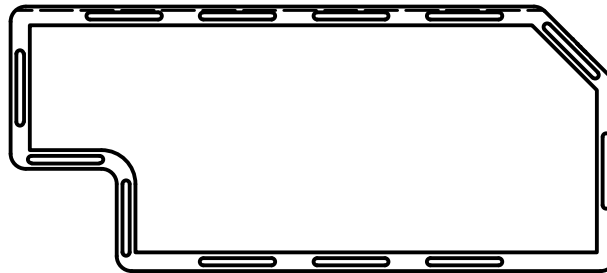
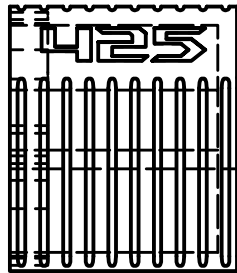
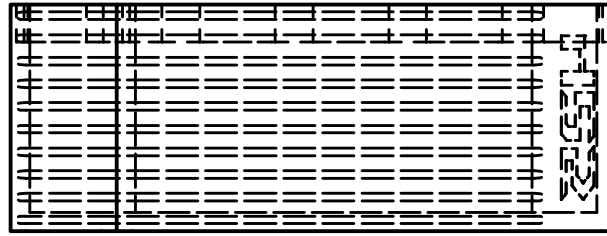
Nº de plano: 14.1
Formato: A4
Escala <b>1 : 1</b>



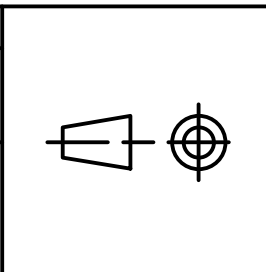
Autor
Designación
Proyecto

Sara García-Cubillana López
Despiece de la carcasa izquierda de la batería
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.





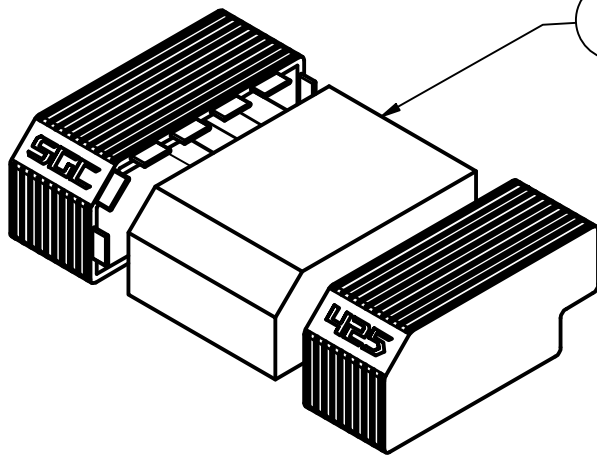
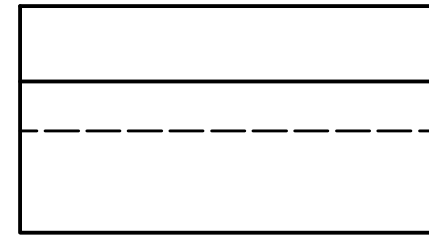
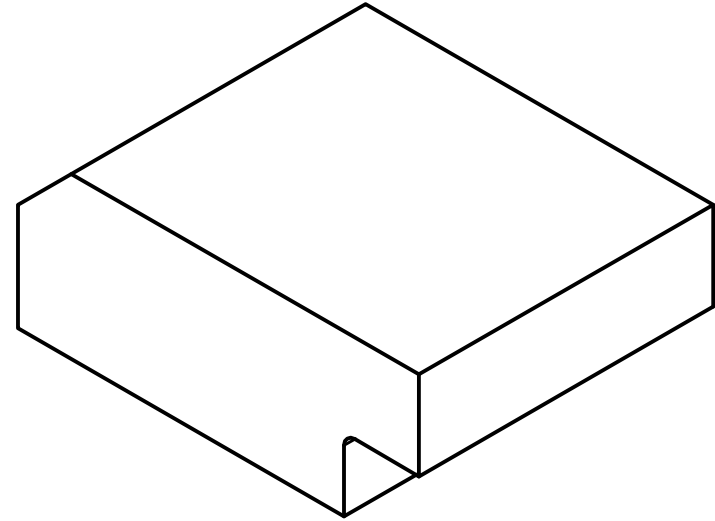
Nº de plano: 14.2
Formato: A4
Escala <b>1 : 1</b>



Autor
Designación
Proyecto

Sara García-Cubillana López
Despiece de la carcasa derecha de la batería
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.

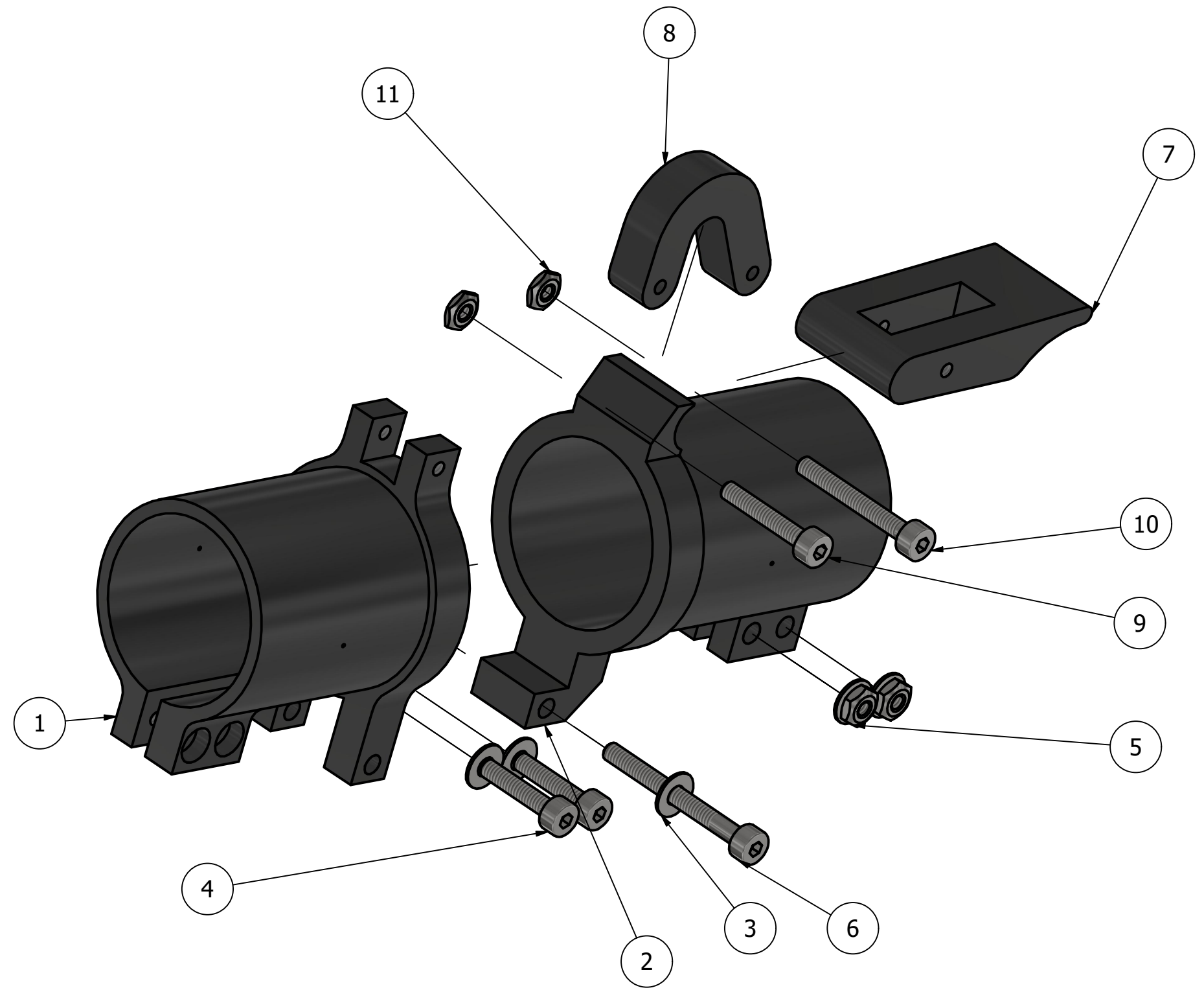




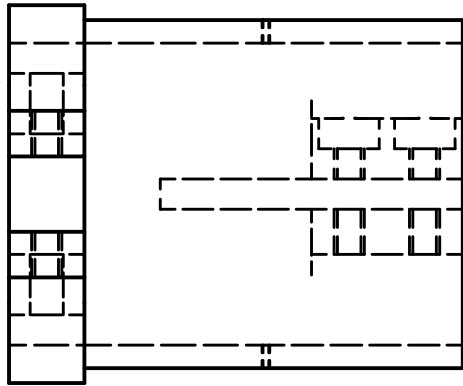
Nº de plano: 14.3		Autor	Sara García-Cubillana López
Formato: A4		Designación	Despiece de la batería
Escala <b>1 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



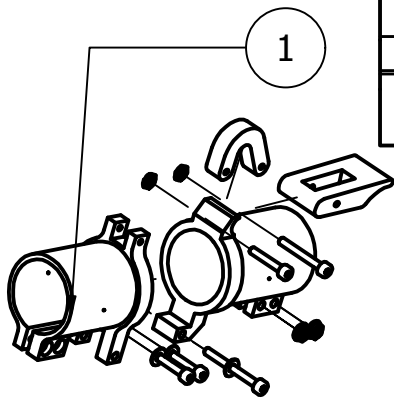
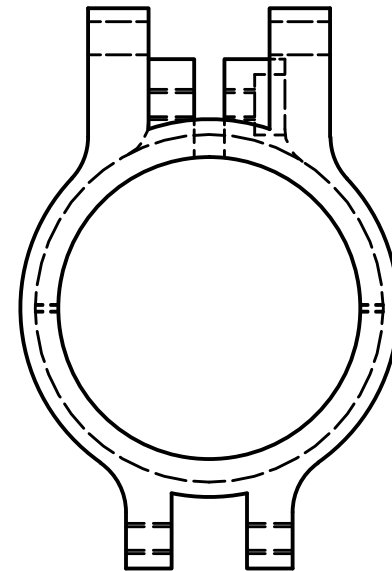
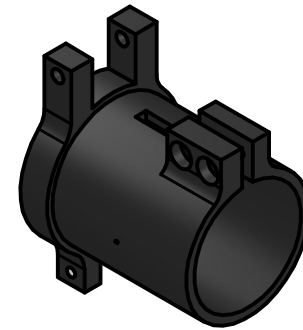
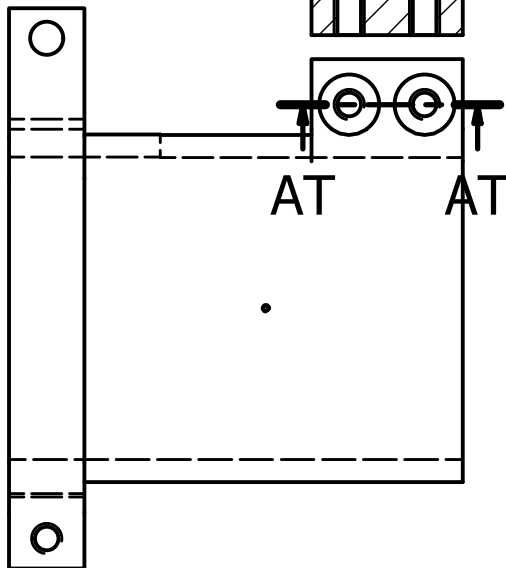
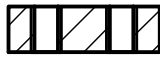
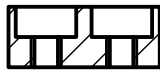
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Acople del chasis
2	1	Acople del brazo
3	10	ISO 7089 - 2
4	4	ISO 4762 - M2 x 10
5	5	ISO 4032 - M2
6	1	ISO 4762 - M2 x 20
7	1	Pestaña
8	1	Conector
9	1	ISO 4762 - M2 x 12
10	1	ISO 4762 - M2 x 16
11	2	ISO 4035 - M2



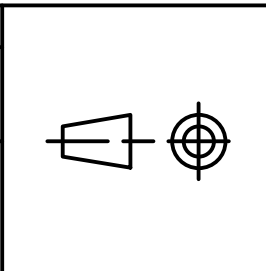
Nº de plano: 15		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A3		Designación	Explosionado del conjunto de la articulación del brazo	
Escala: 2:1		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



AT-AT ( 2 : 1 )



Nº de plano: 15.1
Formato: A4
Escala <b>2 : 1</b>

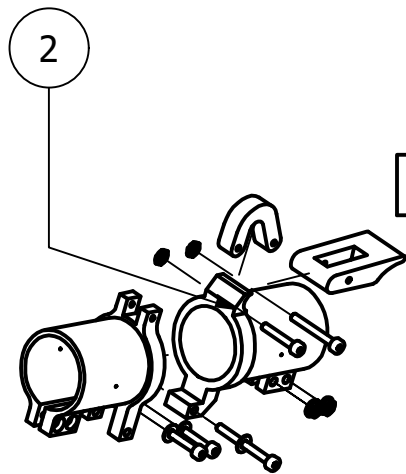
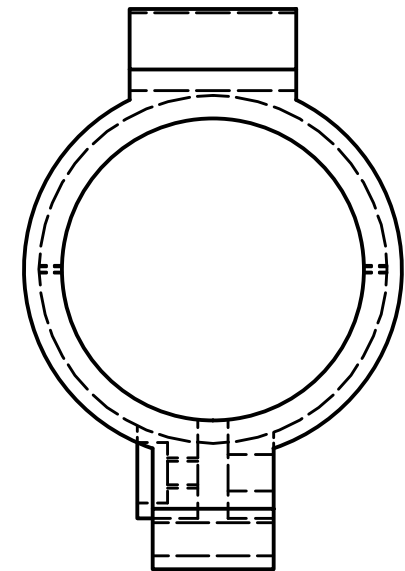
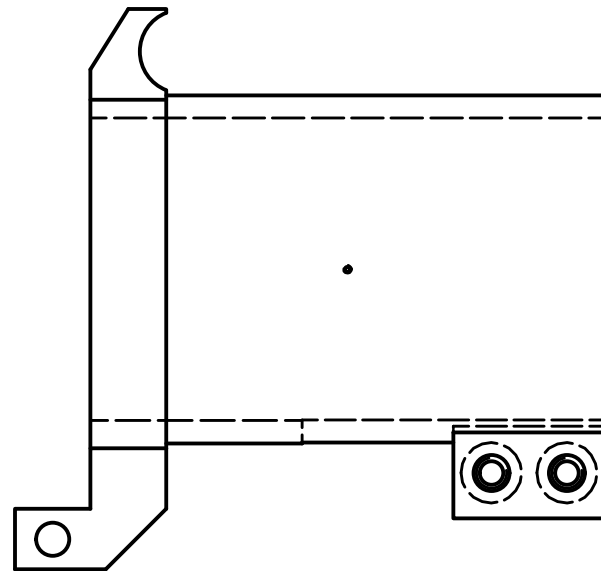
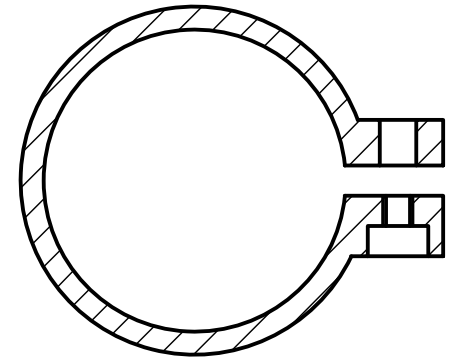
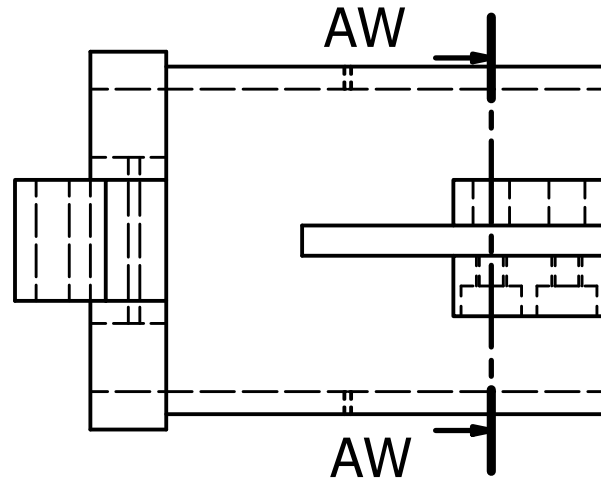


Autor
Designación
Proyecto

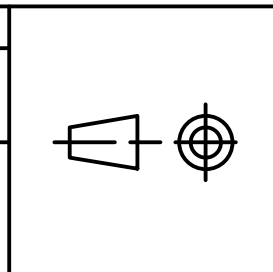
Sara García-Cubillana López
Despiece del acople del chasis
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



AW-AW ( 2 : 1 )



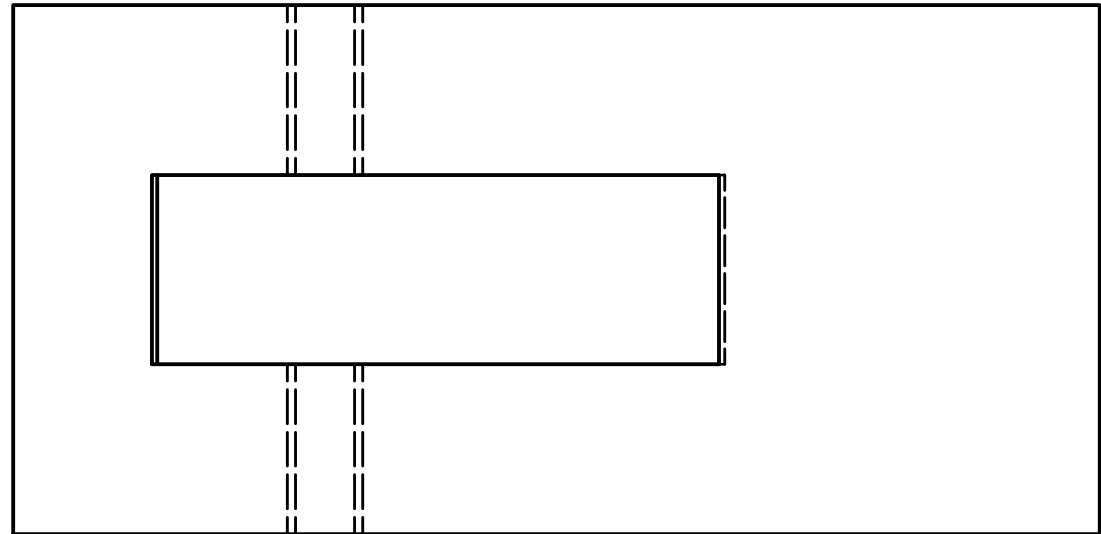
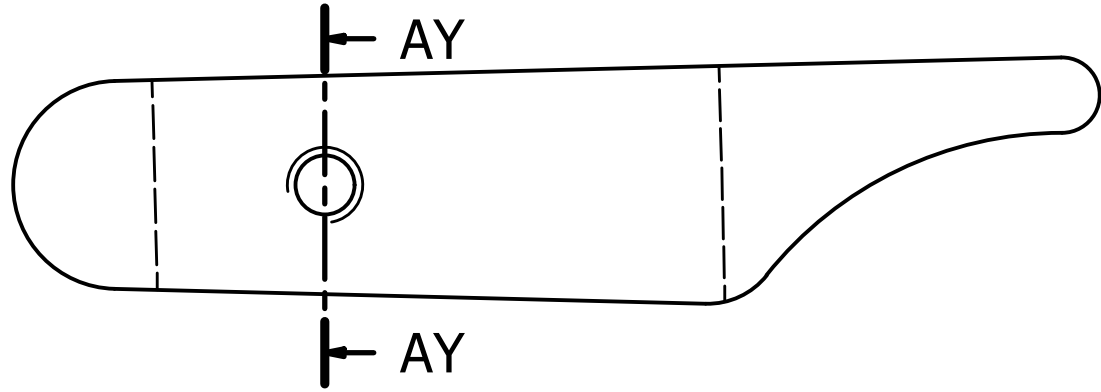
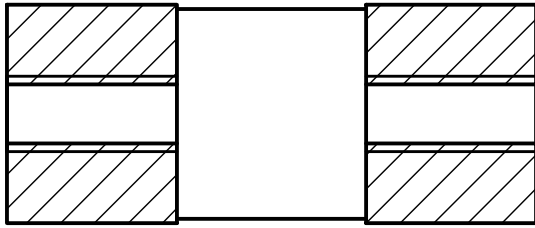
Nº de plano: 15.2
Formato: A4
Escala <b>2 : 1</b>



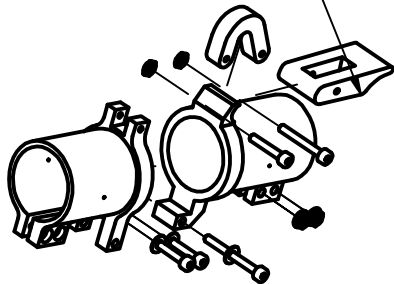
Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Despiece del acople del brazo
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



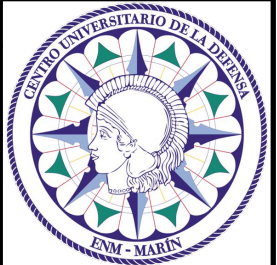
AY-AY ( 5 : 1 )



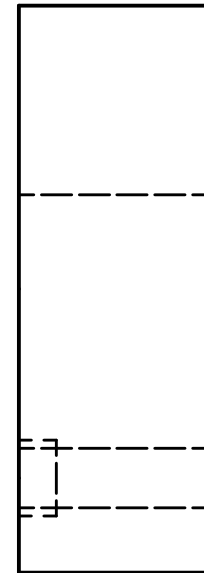
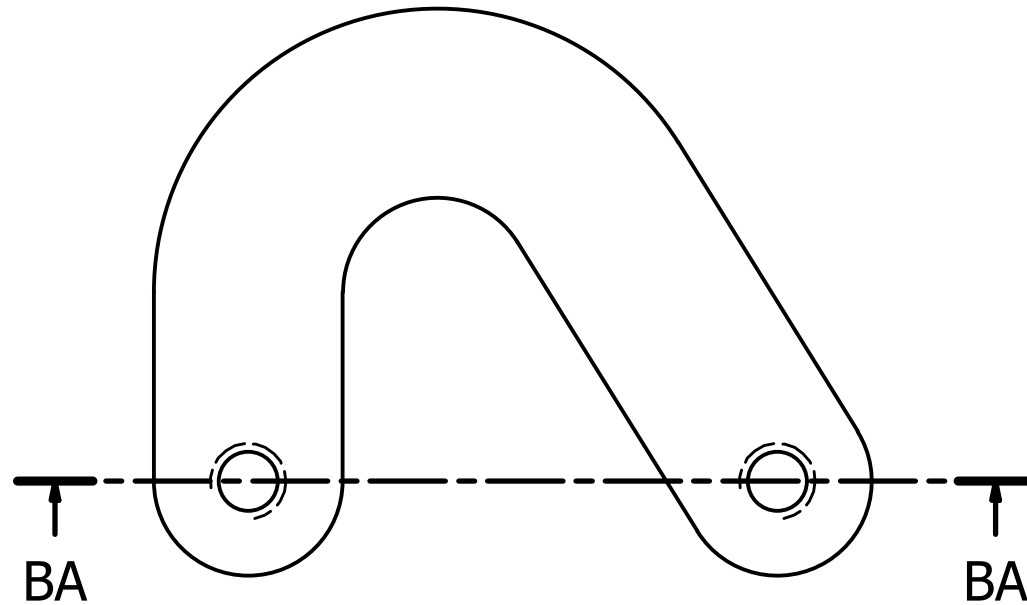
7



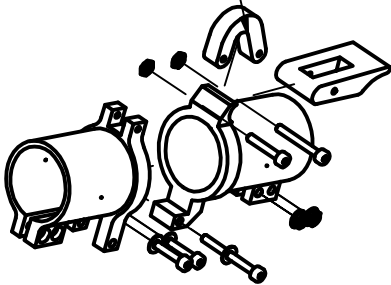
Nº de plano: 15.3		Autor	Sara García-Cubillana López
Formato: A4		Designación	Despiece de la pestaña
Escala <b>5 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



BA-BA ( 5 : 1 )



8



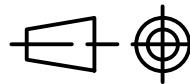
Nº de plano: 15.4

Formato:

A4

Escala

**5 : 1**



Autor

Sara García-Cubillana López

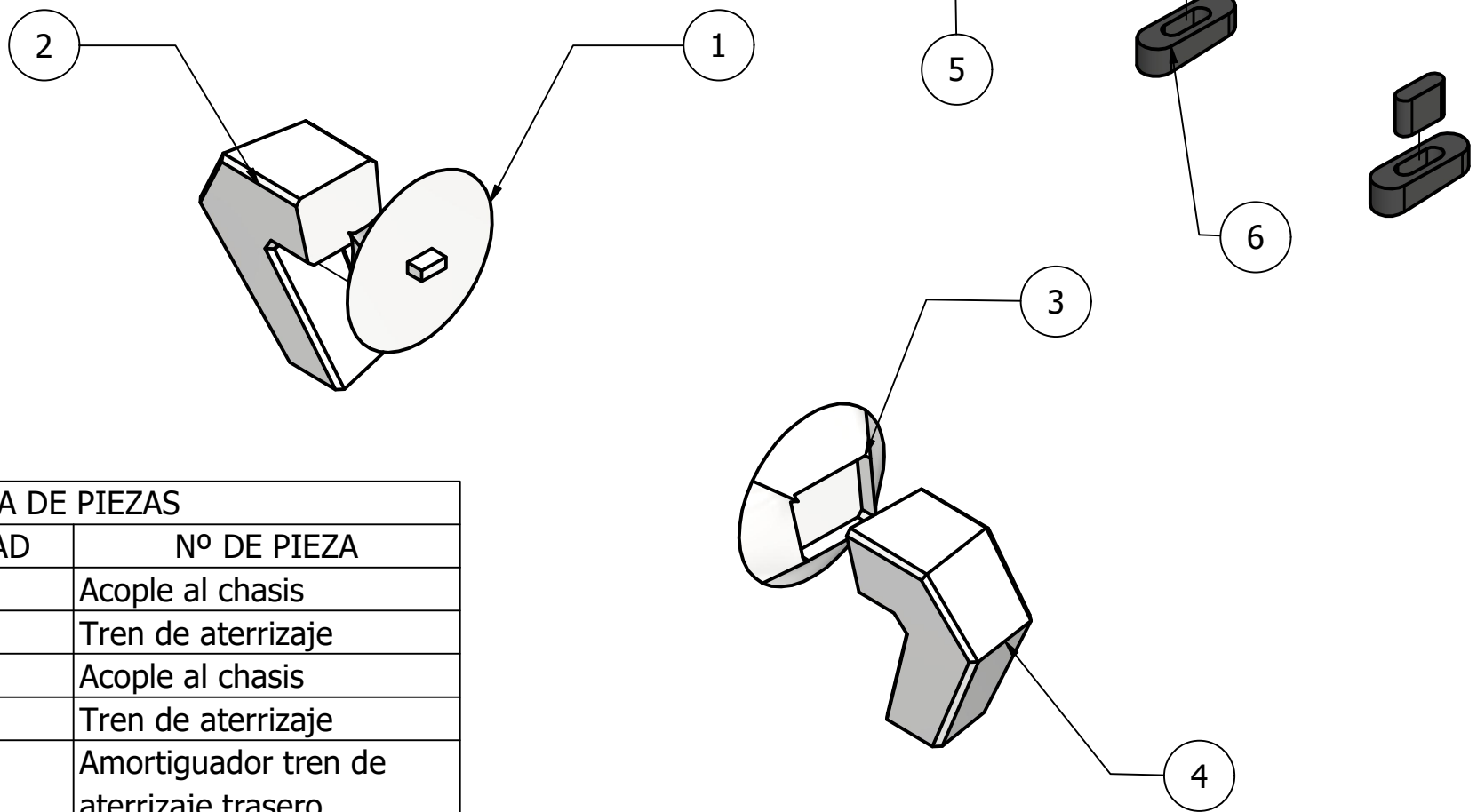
Designación

Despiece del conector

Proyecto

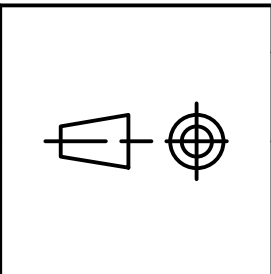
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.





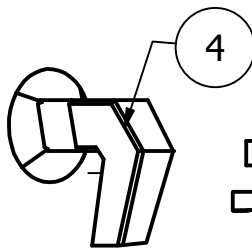
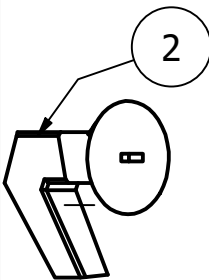
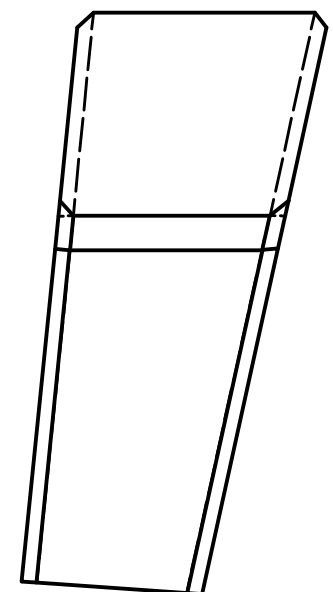
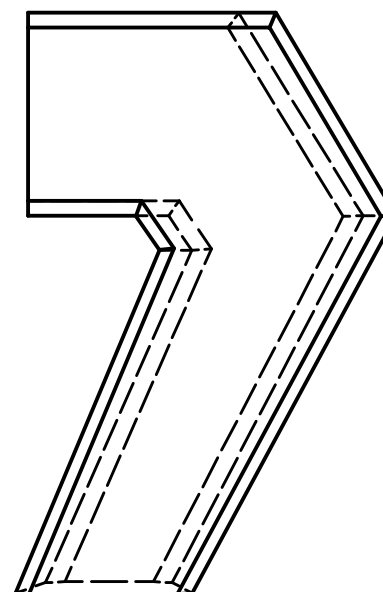
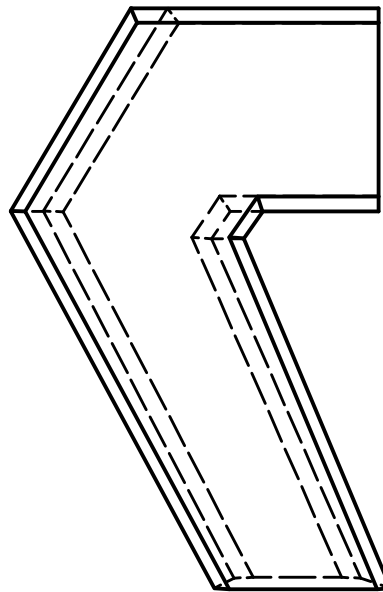
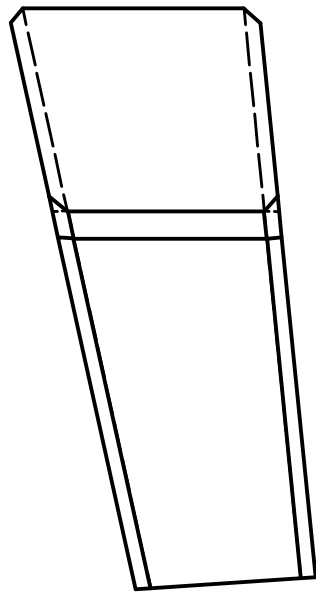
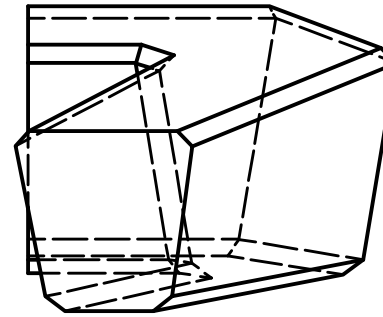
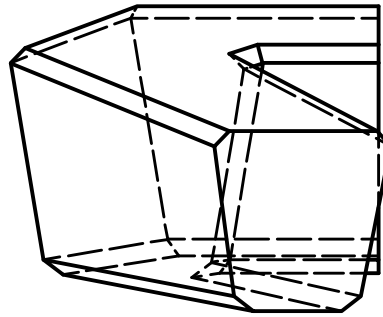
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Acople al chasis
2	1	Tren de aterrizaje
3	1	Acople al chasis
4	1	Tren de aterrizaje
5	2	Amortiguador tren de aterrizaje trasero
6	2	Tren de aterrizaje trasero

Nº de plano: 16
Formato: A4
Escala <b>1 : 1</b>

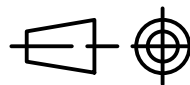


Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Explosionado del conjunto del tren de aterrizaje
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.





Nº de plano: 16.1  
Formato:  
A4  
Escala  
**2 : 1**



Autor

Sara García-Cubillana López

Designación

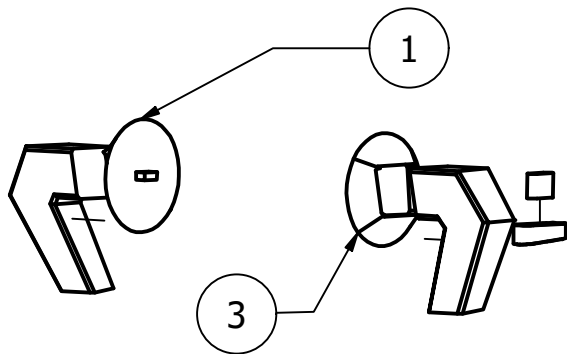
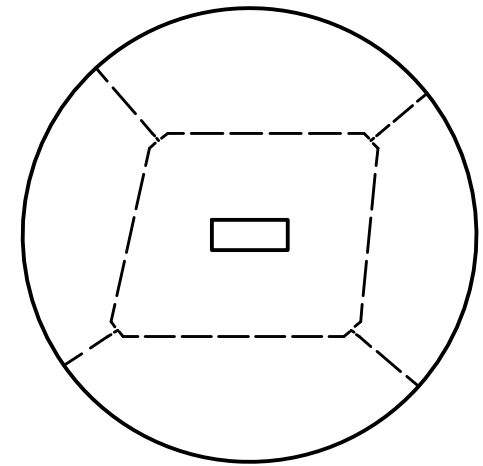
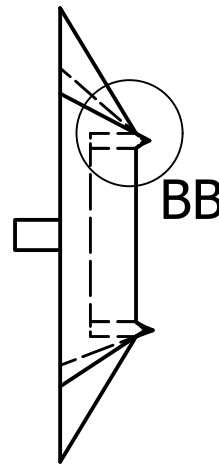
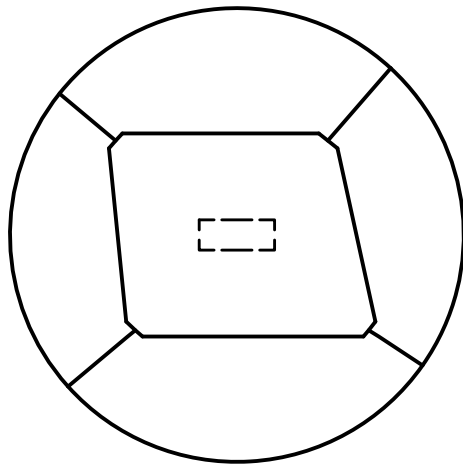
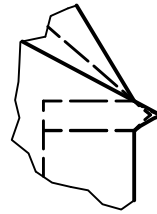
Despiece tren de aterrizaje

Proyecto

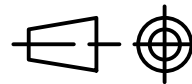
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



BB ( 4 : 1 )

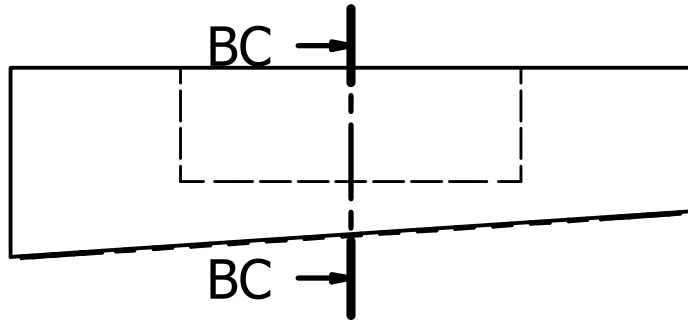
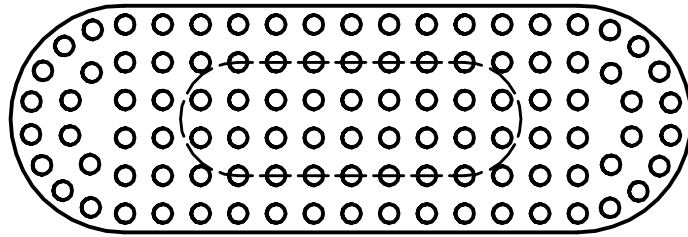


Nº de plano: 16.2
Formato: A4
Escala <b>2 : 1</b>

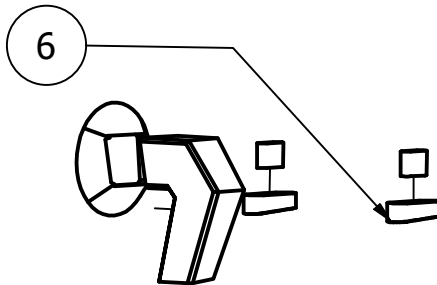
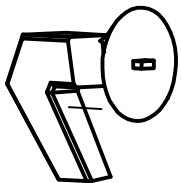
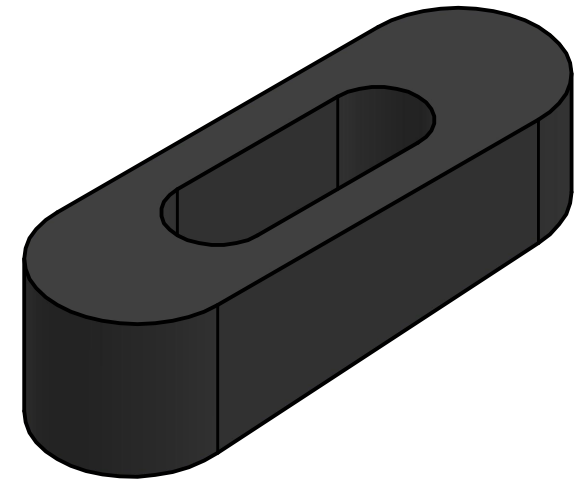
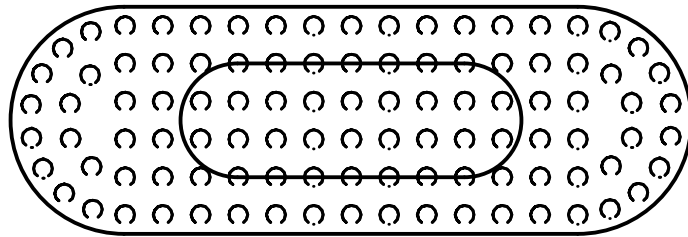
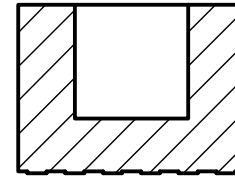


Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Despiece acople del chasis
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.

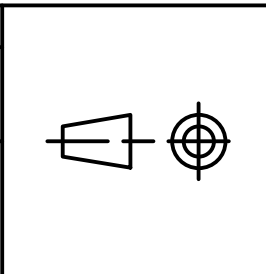




BC-BC ( 5 : 1 )

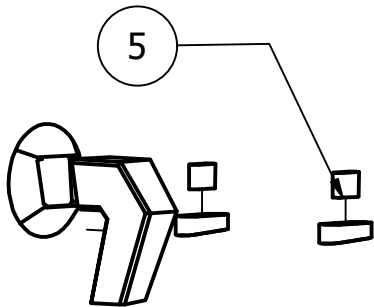
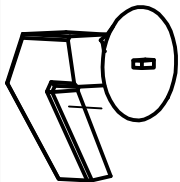
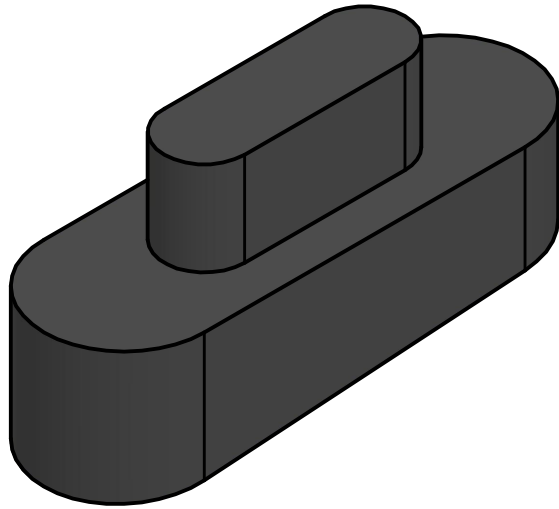


Nº de plano: 16.3
Formato: A4
Escala <b>5 : 1</b>



Autor	Sara García-Cubillana López
Designación	Despiece tren de aterrizaje trasero
Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.



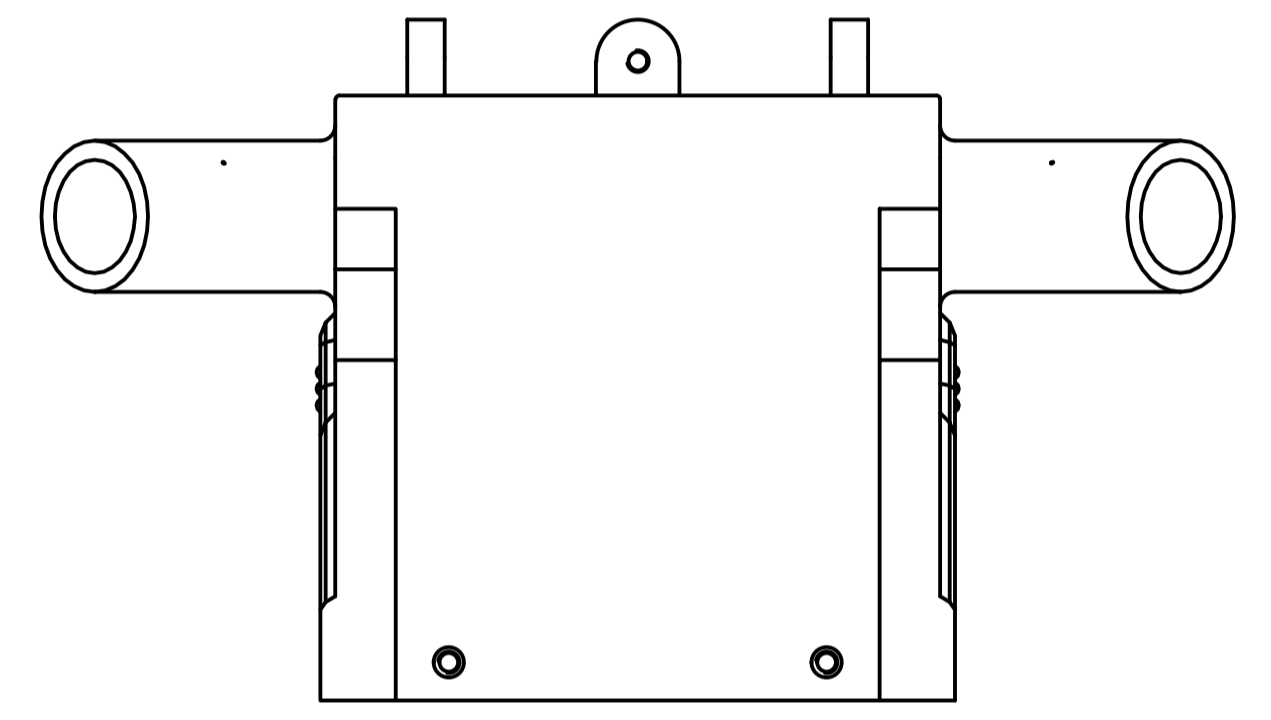
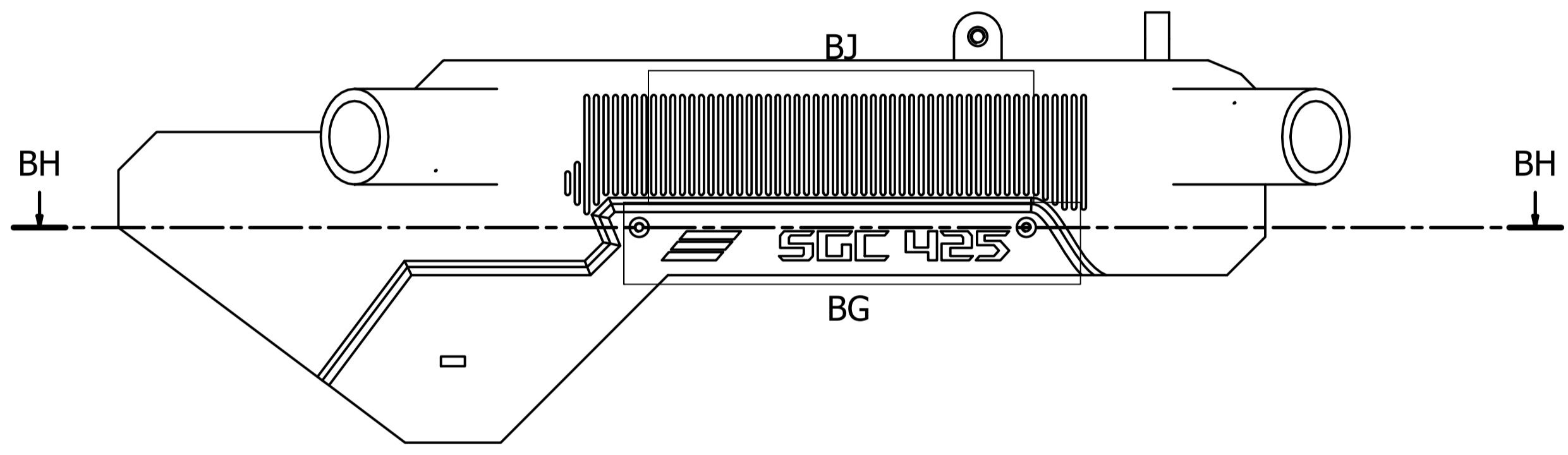
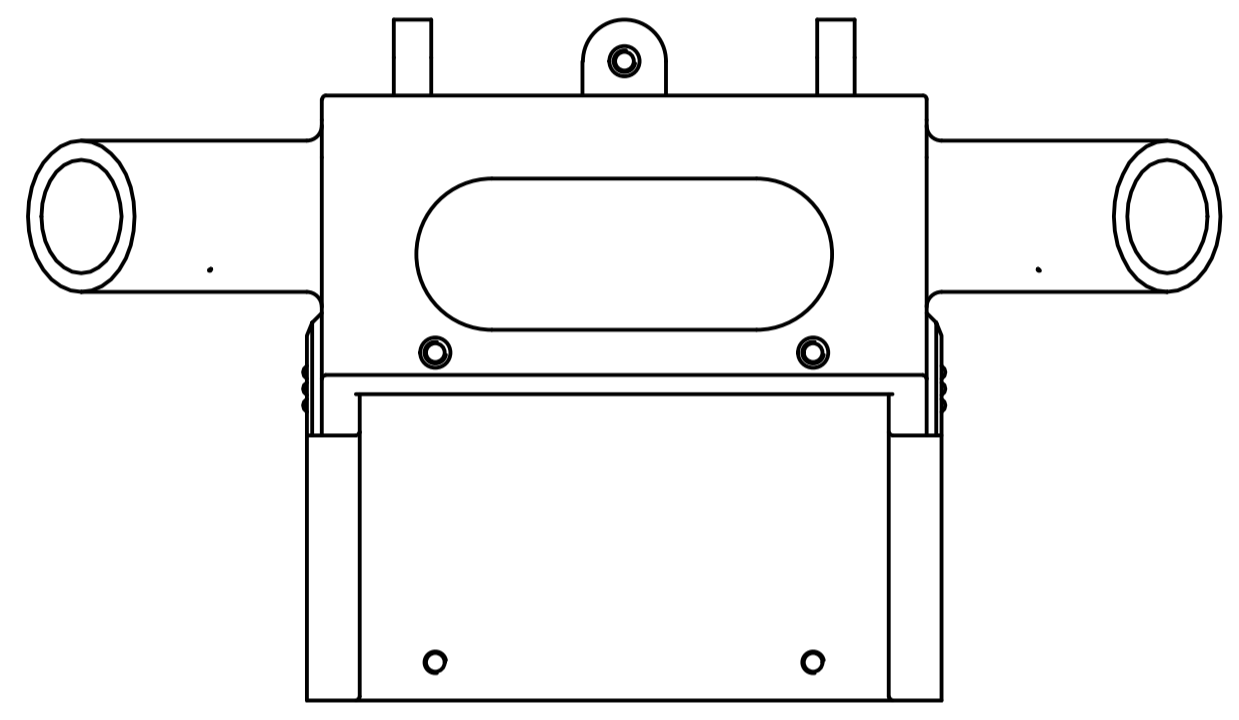
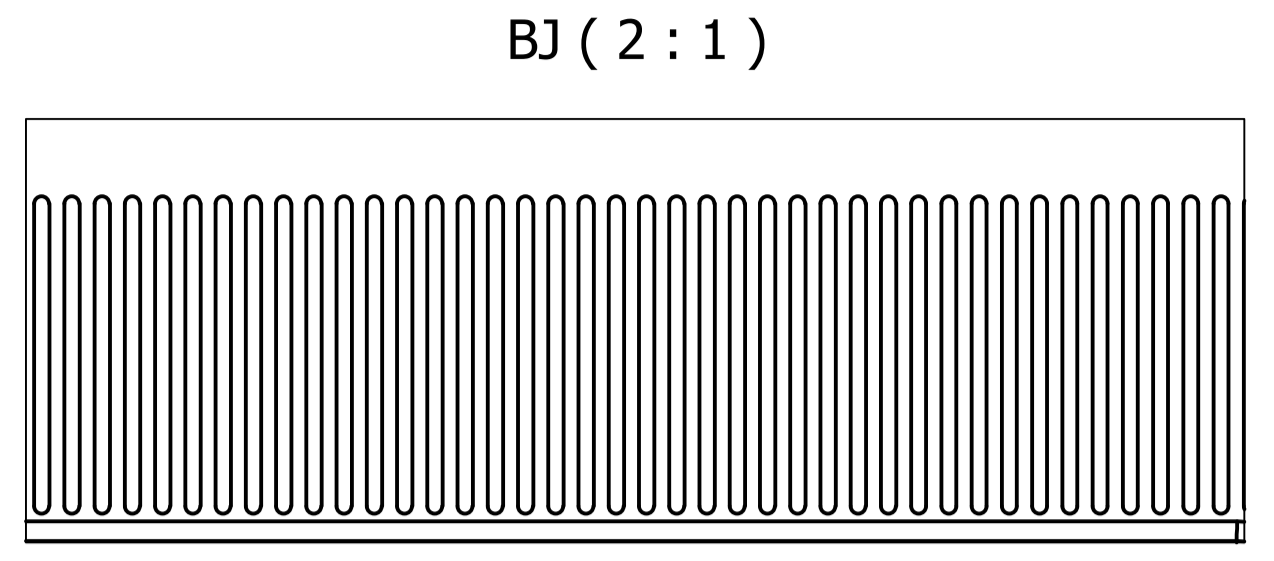
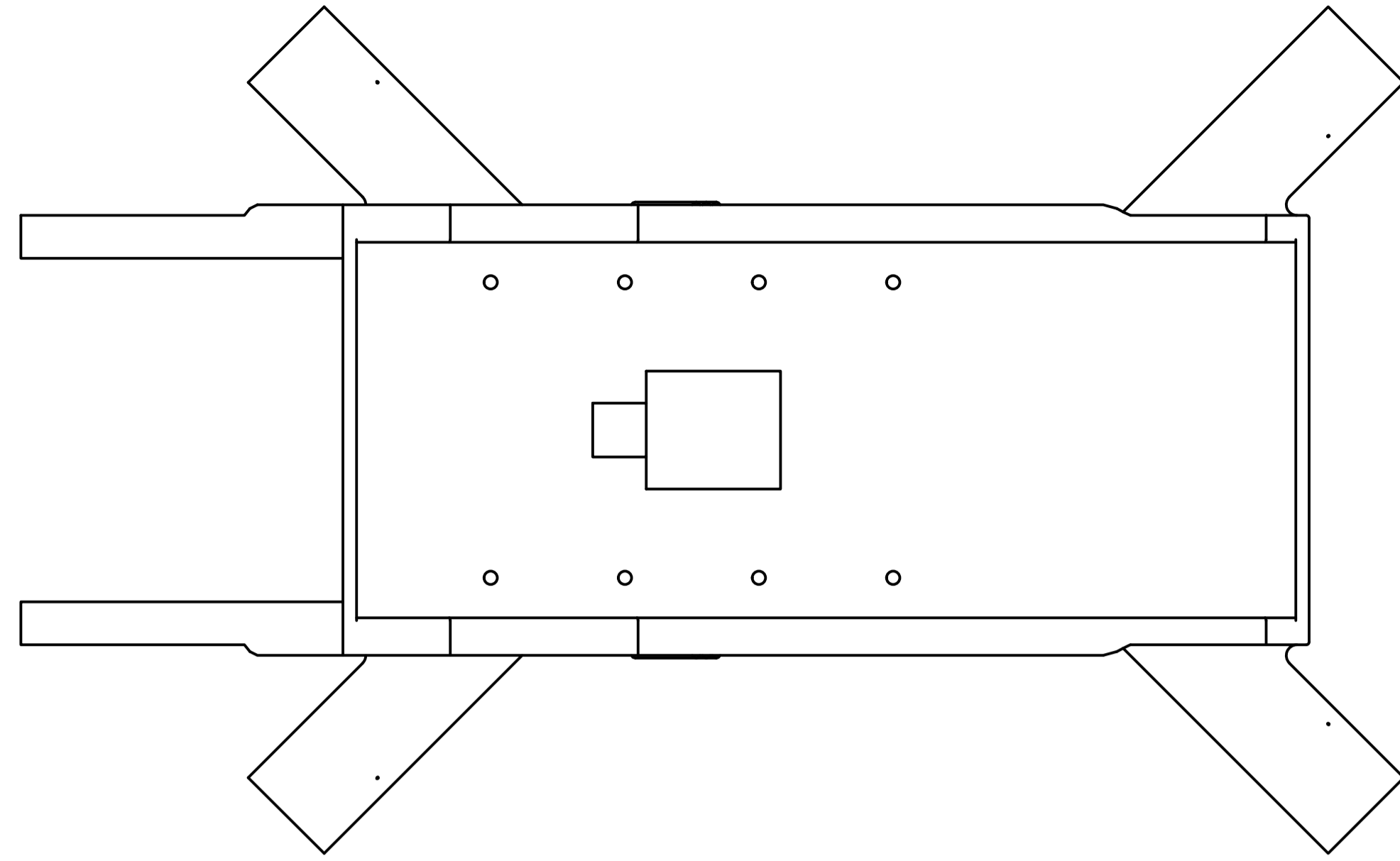


Nº de plano:		Autor	Sara García-Cubillana López
Formato:		Designación	Despiece amortiguador tren de aterrizaje trasero
Escala		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.
<b>5 : 1</b>			

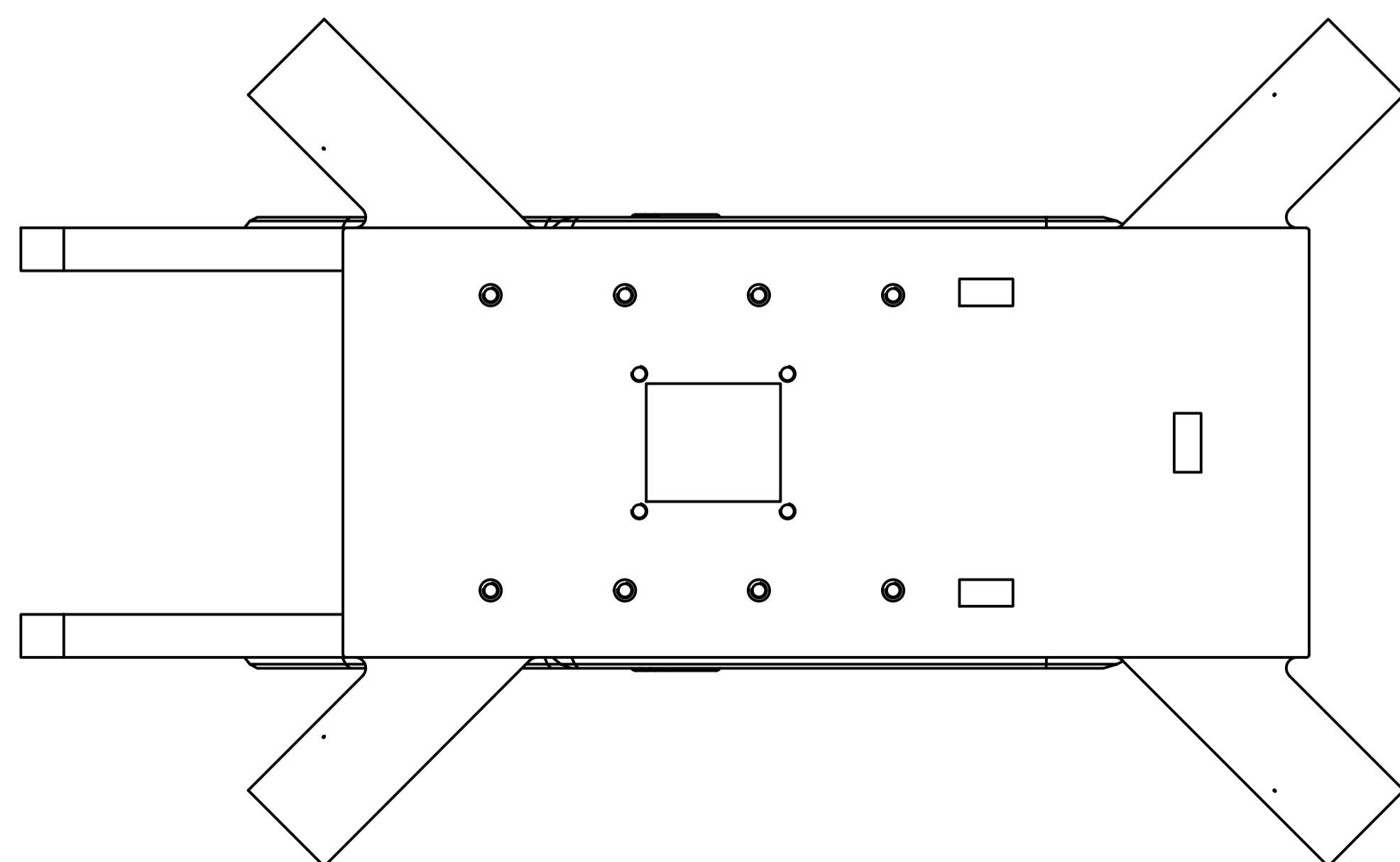
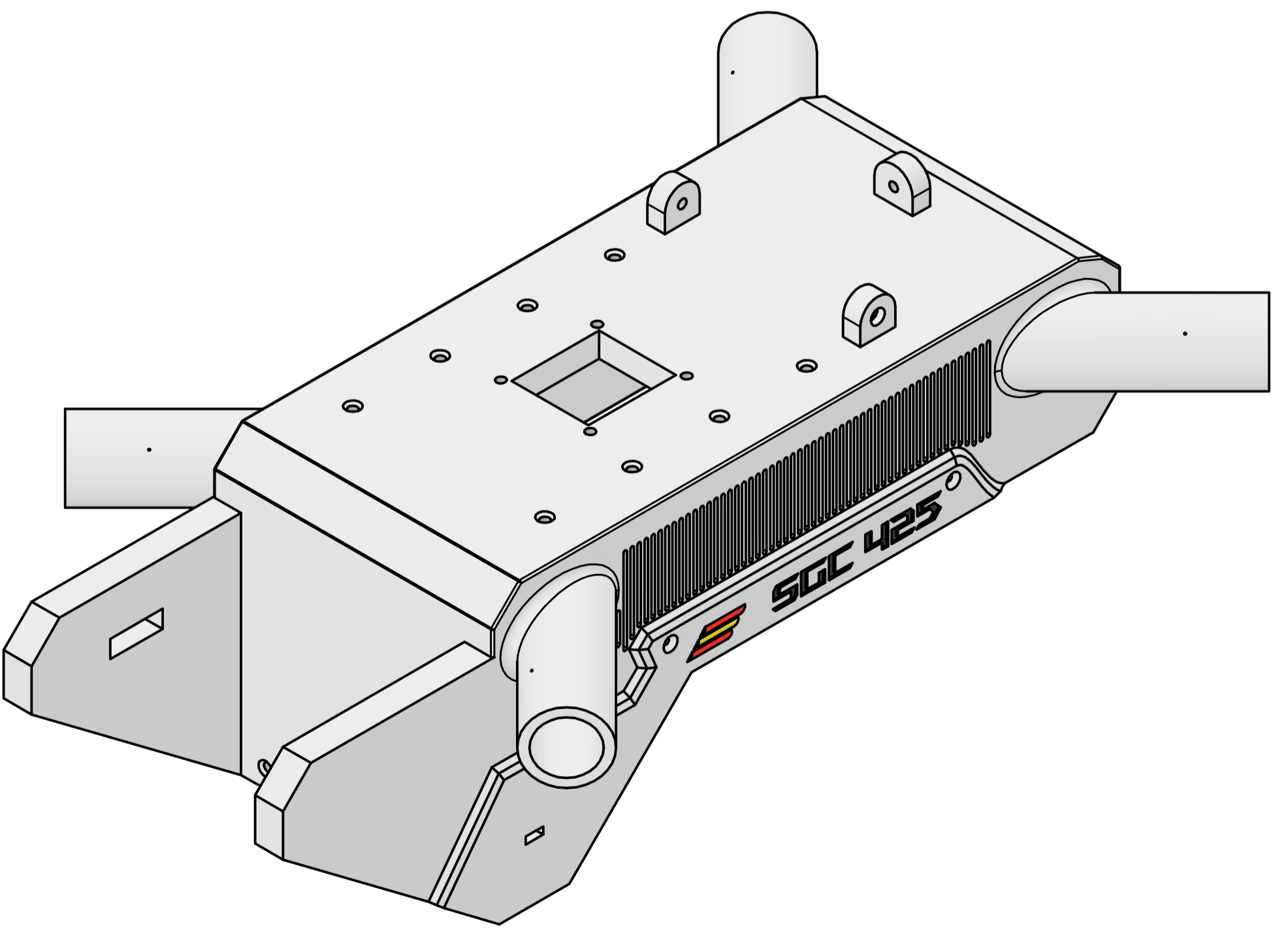
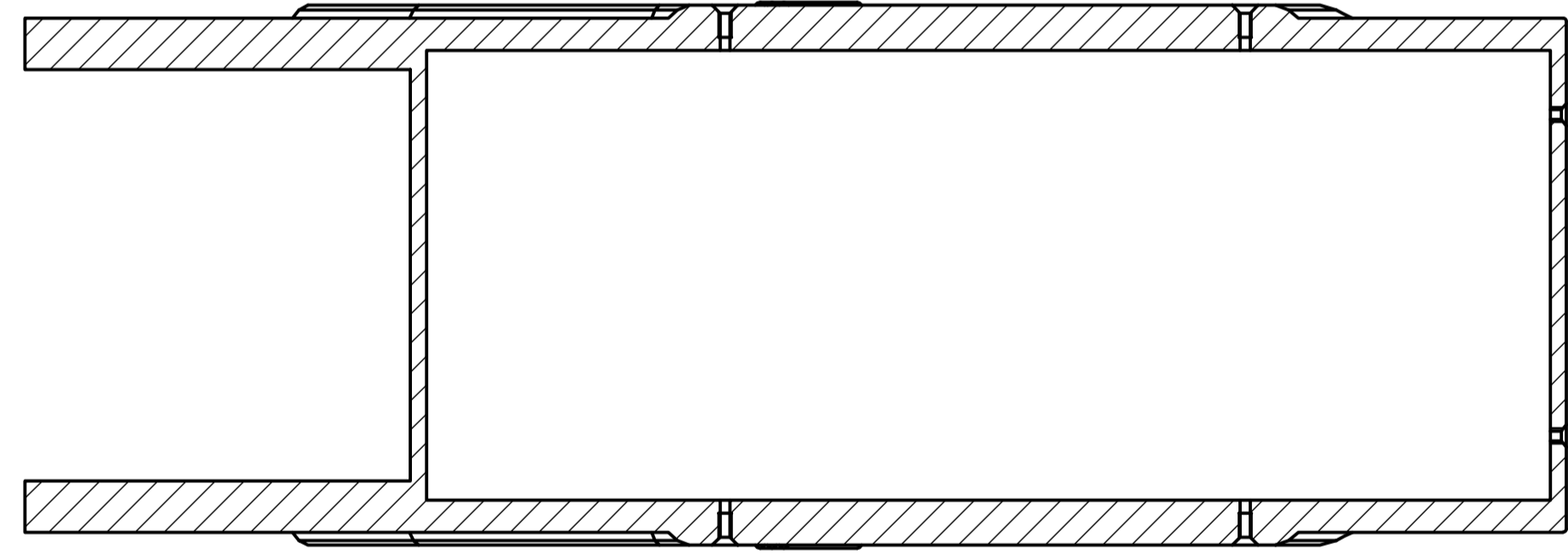


12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

H  
G  
F  
E  
D  
C  
B  
A

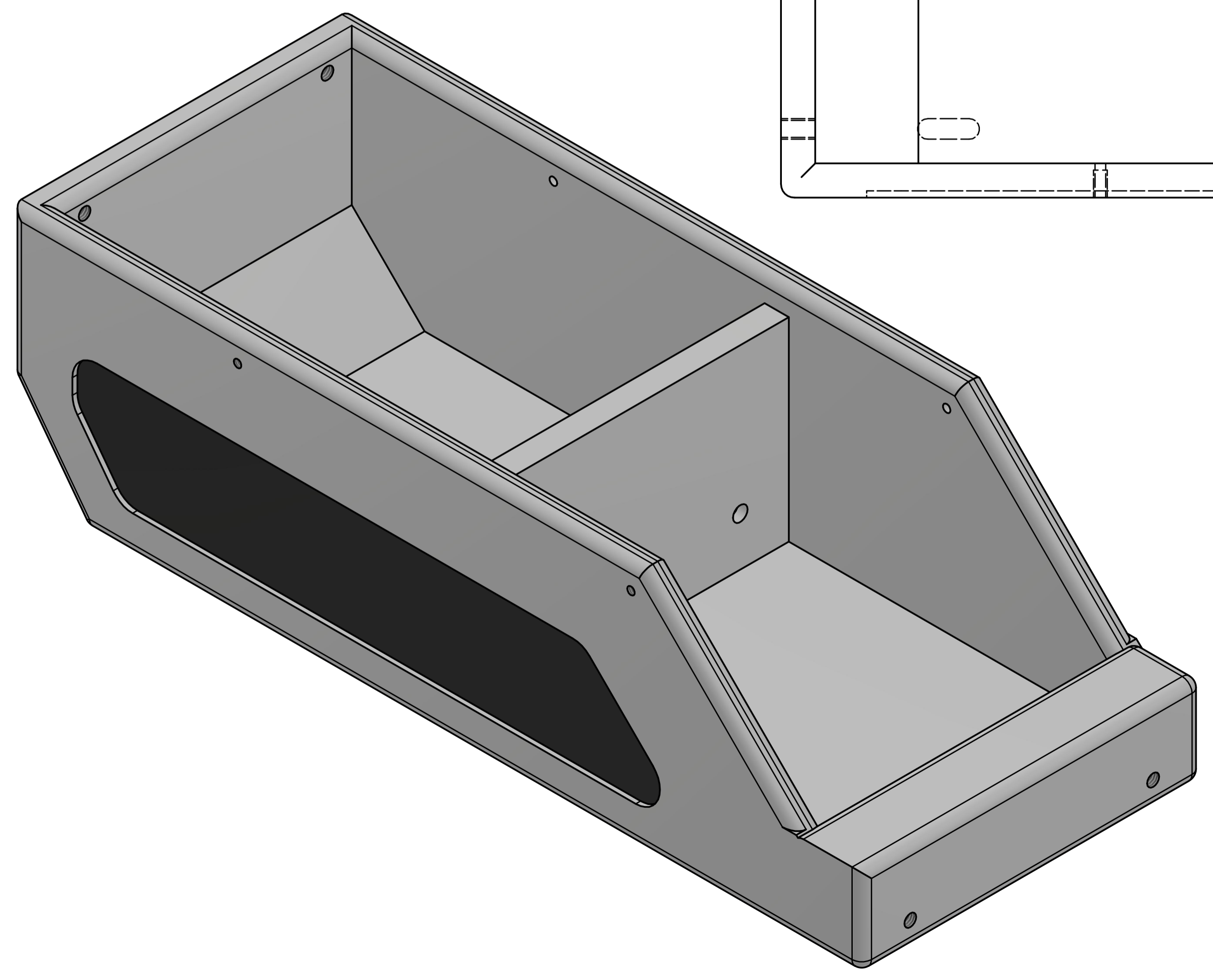
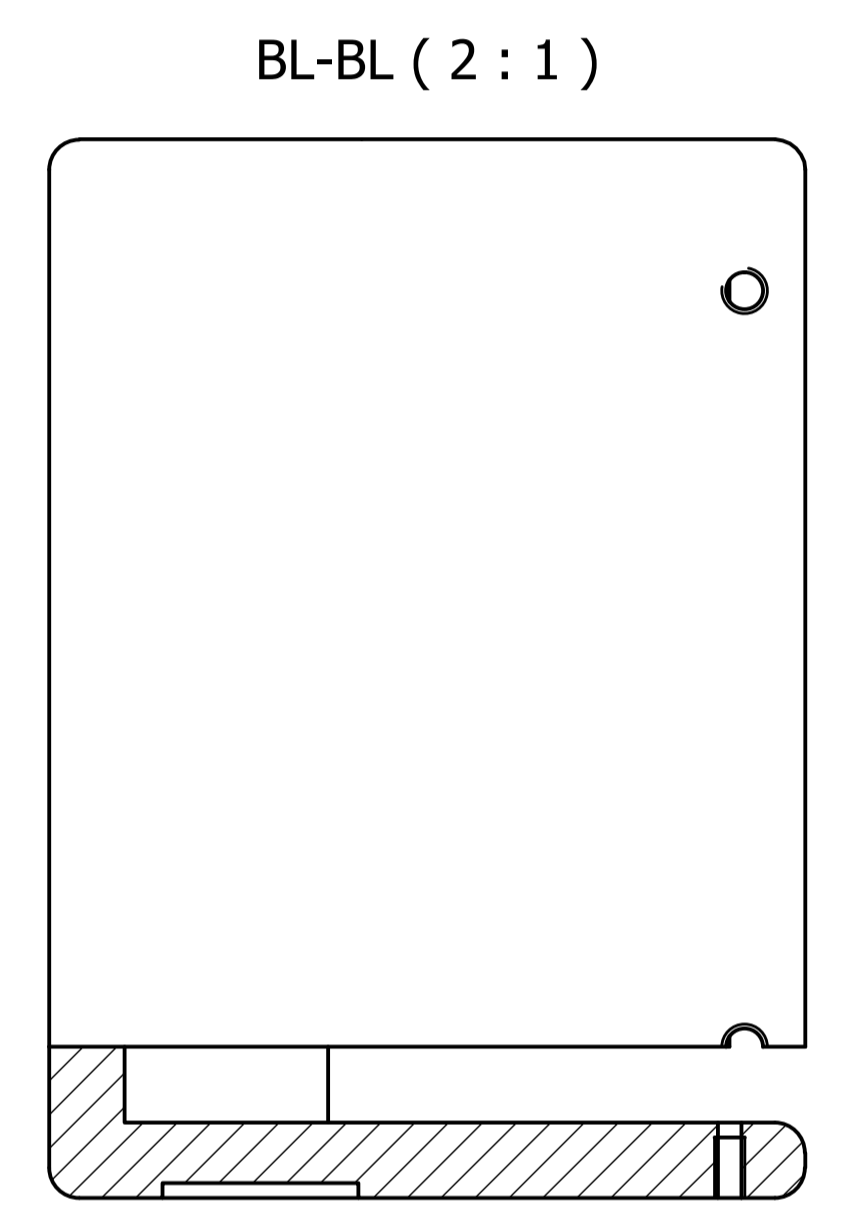
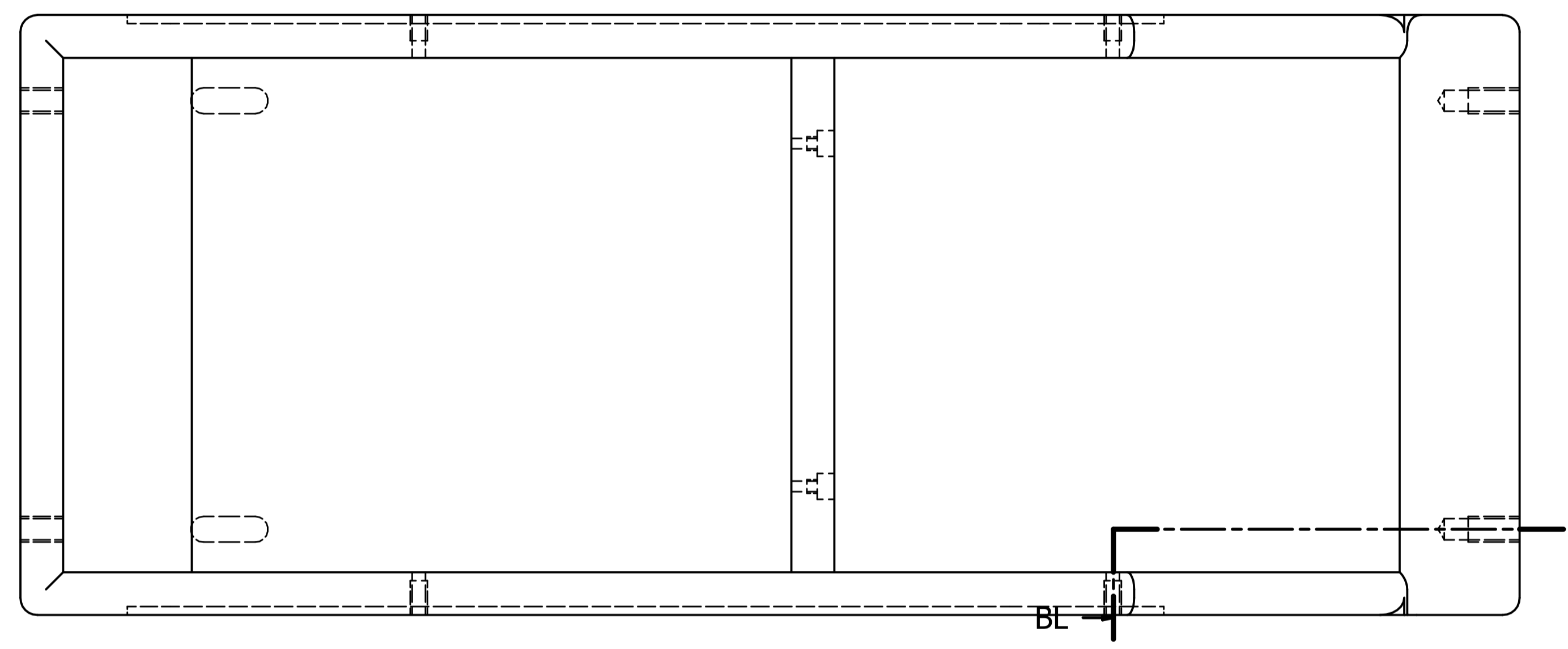
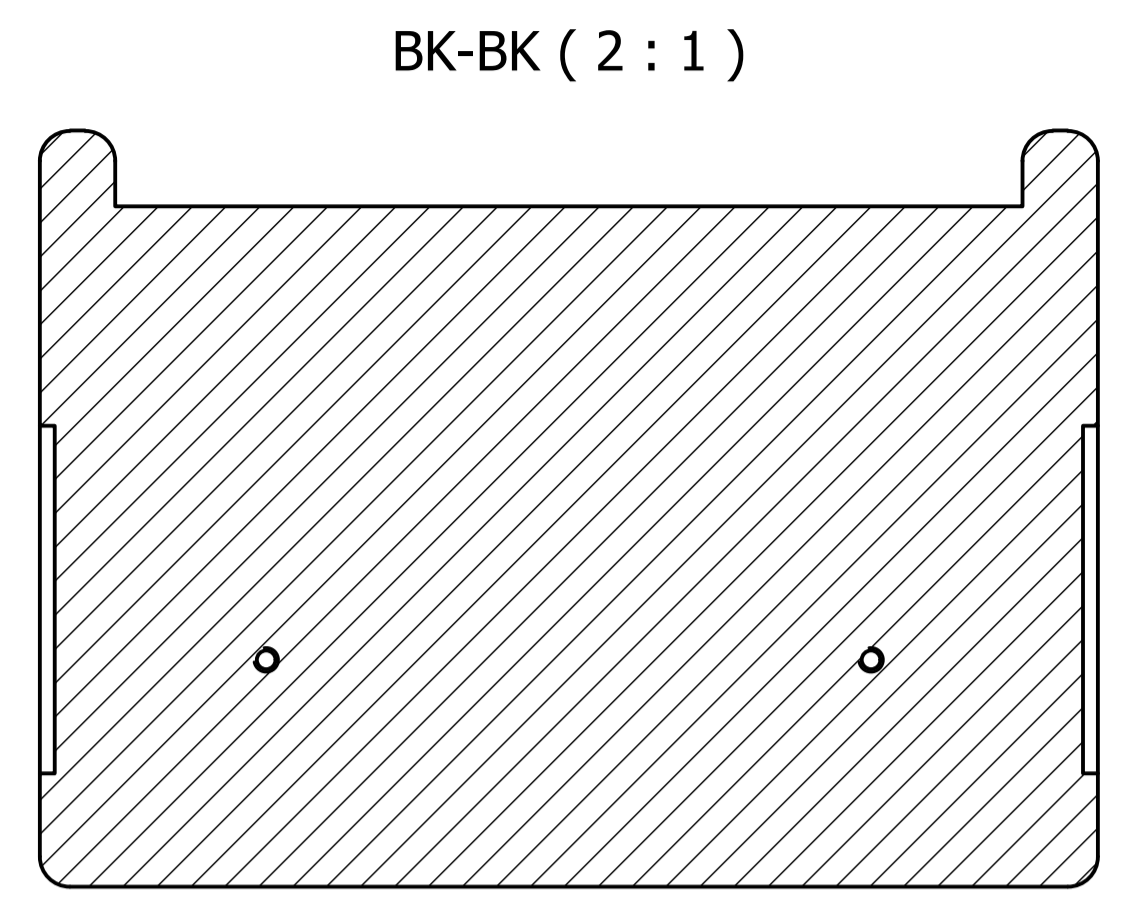
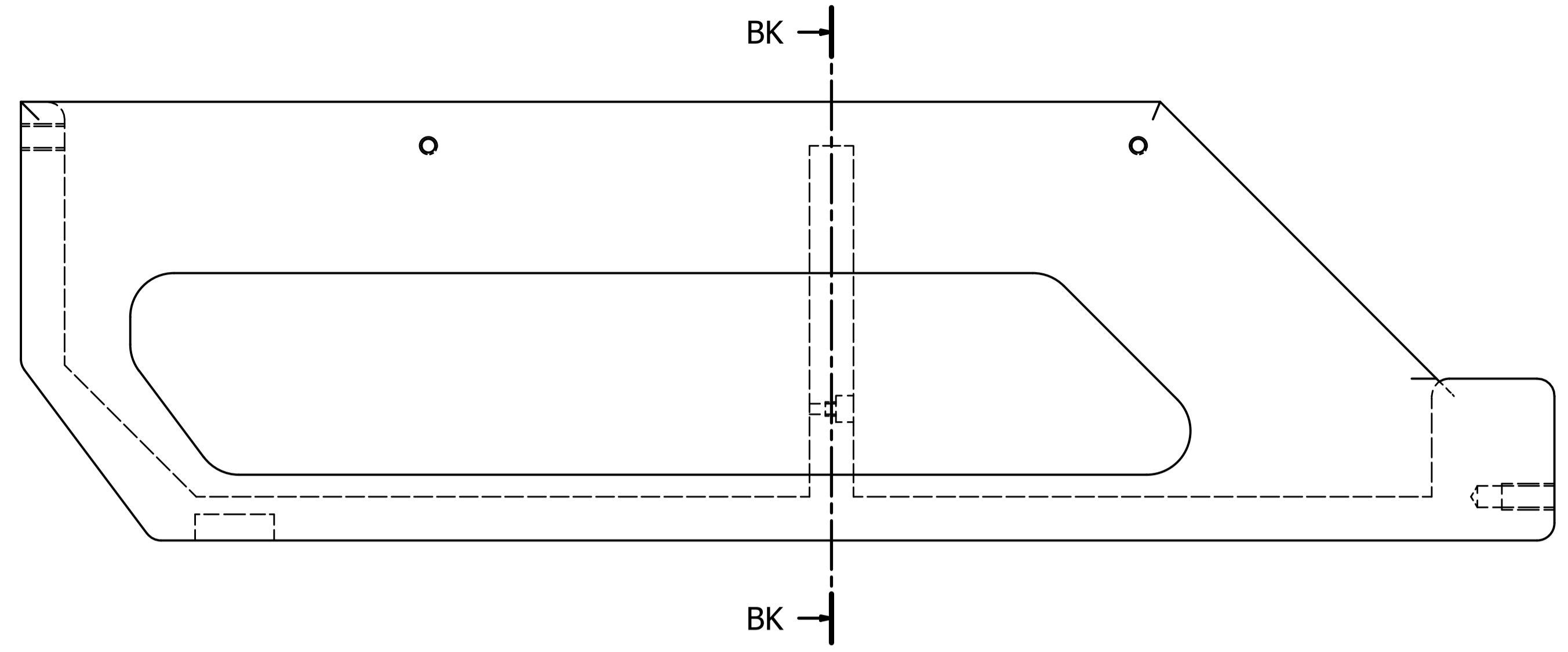
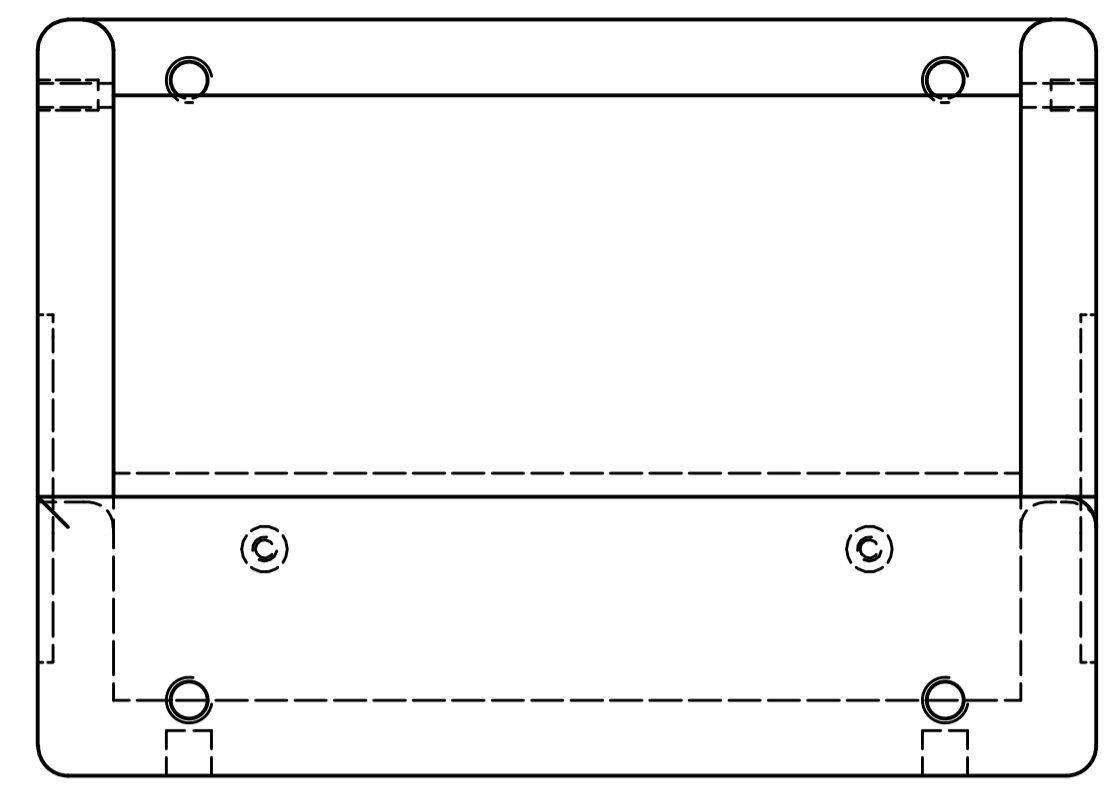
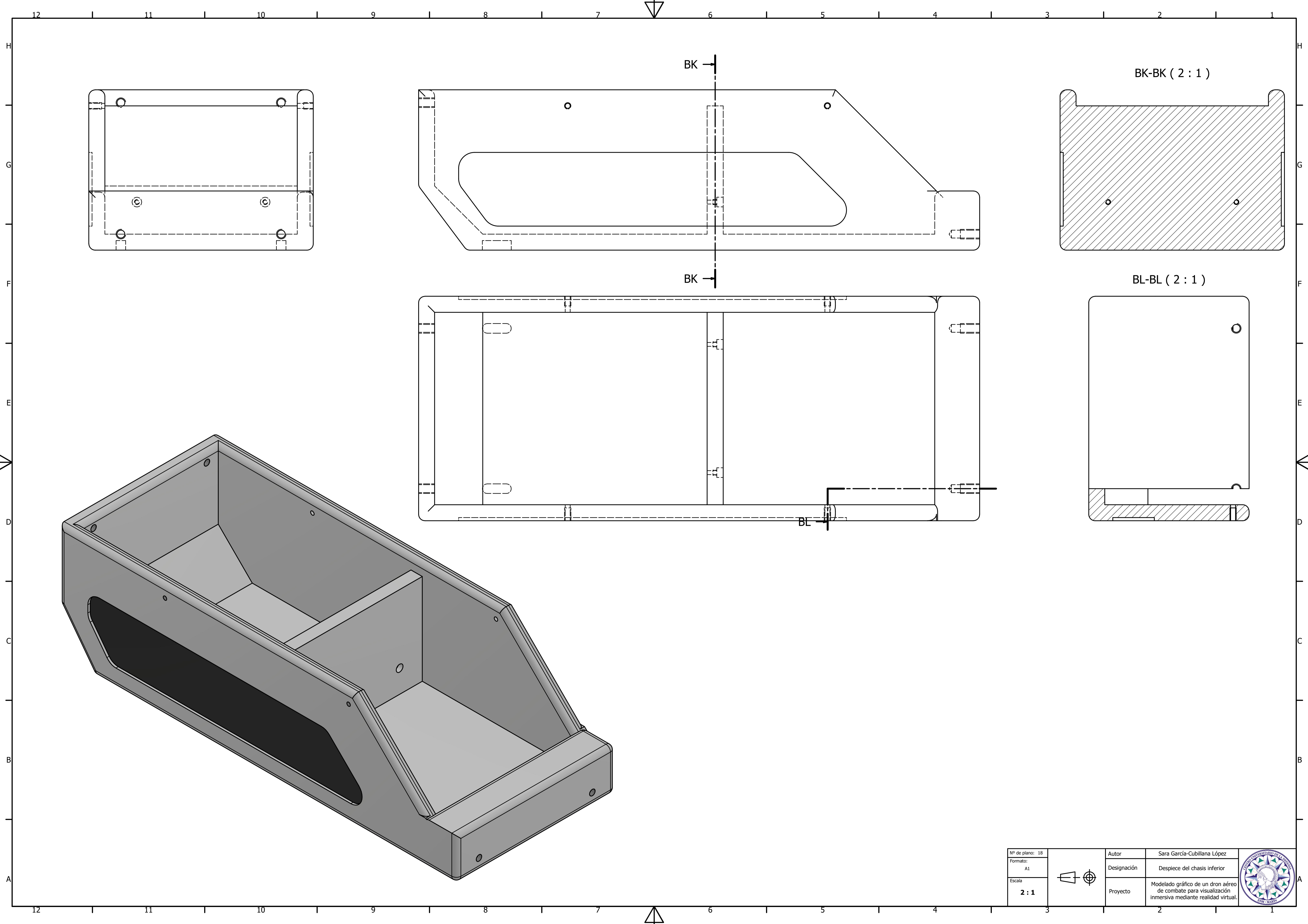


BH-BH ( 1 : 1 )

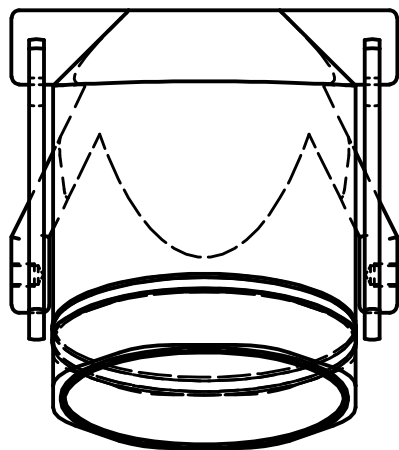
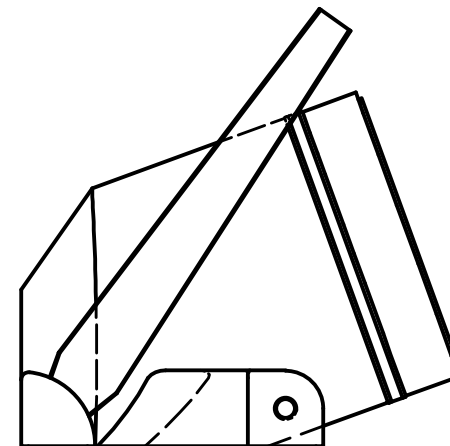
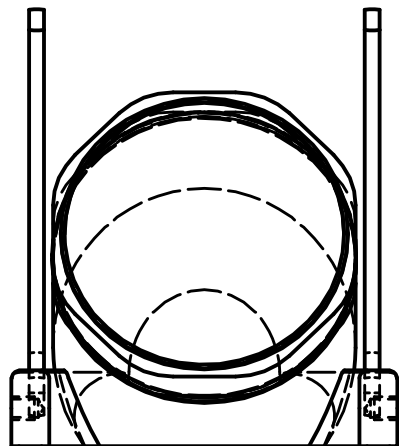


Nº de plano: 17		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A1		Designación	Despiece del chasis superior	
Escala: 1:1		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	

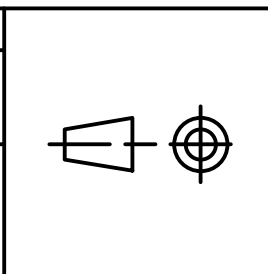
12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



Nº de plano: 18		Autor	Sara García-Cubillana López	
Formato: A1		Designación	Despiece del chasis inferior	
Escala: 2:1		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.	



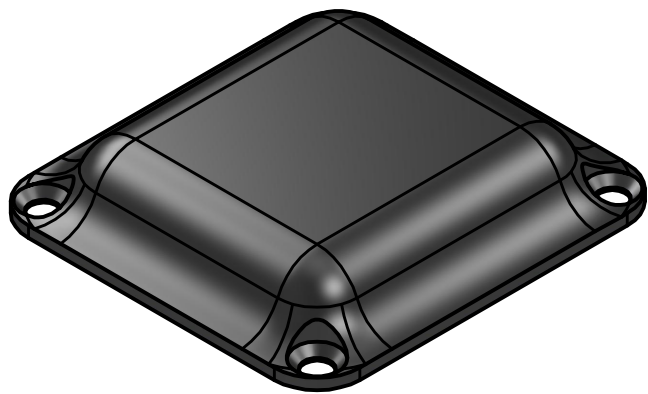
Nº de plano: 19
Formato: A4
Escala <b>1 : 1</b>



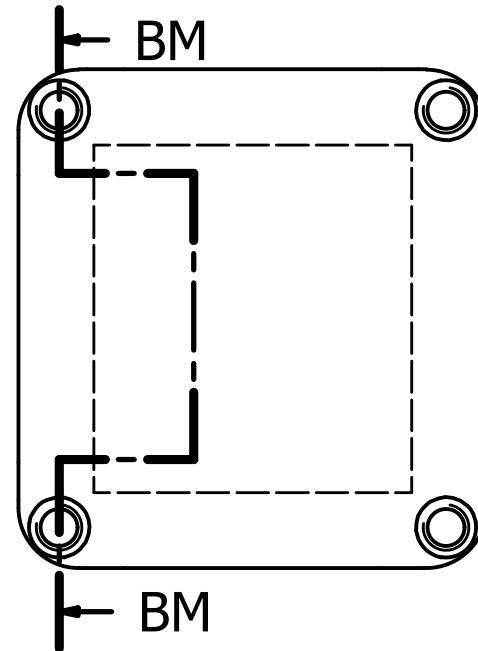
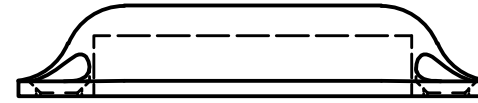
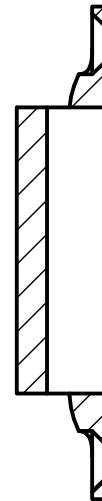
Autor
Designación
Proyecto

Sara García-Cubillana López
Despiece del LiDAR
Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.





BM-BM ( 2 : 1 )



Nº de plano: 20		Autor	Sara García-Cubillana López
Formato: A4		Designación	Depiece tapa del GPS
Escala <b>2 : 1</b>		Proyecto	Modelado gráfico de un dron aéreo de combate para visualización inmersiva mediante realidad virtual.

