



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para
simulación mediante realidad virtual*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Pedro Jesús Sánchez Lima

DIRECTORES: Francisco Manuel Troncoso Pastoriza
Xavier Núñez Nieto

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para
simulación mediante realidad virtual*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

En la actualidad, el creciente auge de las tecnologías provenientes de la innovadora Industria 4.0 han provocado un gran impacto en múltiples sectores. Especialmente, las tecnologías de la simulación permiten recrear vivencias inmersivas de gran valor en diferentes ámbitos.

En el mundo militar son de relevante importancia, potenciando el realismo en el adiestramiento de las tropas. Las Fuerzas Armadas persiguen su incursión y consolidación del mundo virtual, reflejándose en múltiples proyectos de gamificación que engloban a los tres ejércitos: Armada, Tierra y Aire.

En el presente proyecto se emplearán técnicas de programación por medio de informática gráfica para desarrollar las diferentes acciones y movimientos asociados al diseño de un fusil de asalto HK-G36-E, intrínsecamente unido a las Fuerzas Armadas, y previamente elaborado con un software de diseño. Además de recrear dimensionalmente el arma y aportarle sus funciones, se utilizará la tecnología de la simulación para que el combatiente pueda desempeñar su adiestramiento con el uso de armas de fuego.

PALABRAS CLAVE

Realidad Virtual, Informática gráfica, CAD, Blueprints, Simulación de combate

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Don Francisco Manuel Troncoso Pastoriza y Don Xavier Núñez Nieto, mis tutores en este Trabajo Fin de Grado, el esfuerzo, implicación y ayuda desinteresada para lograr llegar a la meta y acompañarme en este último tramo de mi carrera académica. Además, agradecer a todas esas personas que, de manera indirecta, han aportado en el desarrollo del presente trabajo.

Agradecer a mi familia, compañeros y amigos por permanecer a mi lado durante todos estos años en el tramo académico de mi formación militar en la Escuela Naval Militar.

Seguidamente, agradecer a mis padres, Ramón Sánchez Ariza y Juana Lima García, y a mi hermana, María Teresa Sánchez Lima, por ser unos pilares fundamentales para mí y unos ejemplos a seguir en todos los ámbitos de la vida.

En especial, dar las gracias a Miriam, por apoyarme en los momentos difíciles, haciéndolos más amenos y resaltar con alegría los momentos de felicidad. Gracias por estar ahí siempre.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	5
1 Introducción y objetivos	9
1.1 Descripción del apartado.....	9
1.2 Antecedentes	9
1.3 Motivación	10
1.4 Objetivos	10
1.5 Estructura del trabajo	11
2 Estado del arte	12
2.1 Industria 4.0	12
2.1.1 Realidad virtual, aumentada y mixta	12
2.1.2 Realidad virtual: tipos y características	13
2.2 Simulación y gamificación.....	14
2.2.1 Simuladores en las Fuerzas Armadas	15
2.2.1.1 Ejército de Tierra	17
2.2.1.2 Ejército del Aire y del Espacio	18
2.2.1.3 Armada	19
2.2.2 Simuladores comerciales	21
2.2.2.1 Gafas Meta Quest 3	21
2.2.2.2 Dispositivo HTC Vive Pro.....	21
2.2.2.3 PlayStation VR 2	22
2.2.2.4 Samsung Gear VR	22
2.3 Arma HK-G36-E.....	22
2.3.1 Características y especificaciones.....	22
2.3.2 Introducción a las Fuerzas Armadas.....	23
2.4 Ingeniería inversa.....	23
2.4.1 Métodos de ingeniería inversa	23
2.5 Diseño asistido por ordenador (CAD)	24
2.5.1 Proceso clásico de diseño	24
2.5.2 Sistemas CAD.....	26
2.5.3 Autodesk Inventor	26
2.5.3.1 Interfaz del software	27
2.6 Software y equipos.....	28
2.6.1 Software.....	28

2.6.1.1 Epic Games Store	28
2.6.1.2 Unreal Engine 5	28
2.6.1.3 Herramientas de Steam	29
2.6.2 Equipos y materiales.....	29
2.6.2.1 Meta Quest 3.....	30
2.6.2.2 Tarjeta gráfica NVIDIA GeForce RTX 2080 SUPER	30
3 Desarrollo	31
3.1 Descripción del apartado.....	31
3.2 Modelado	31
3.2.1 Toma de medidas	32
3.2.2 Diseño	32
3.2.2.1 Cuerpo del arma.....	32
3.2.2.2 Conjunto de cierre (parte fija y parte móvil)	34
3.2.2.3 Cargador	35
3.2.2.4 Cola del disparador	35
3.2.2.5 Seguro	36
3.2.2.6 Cartucho (casquillo y bala).....	36
3.2.2.7 Cabeza del tornillo.....	37
3.2.3 Ensamblaje.....	37
3.2.3.1 Ensamblaje de piezas auxiliares	37
3.2.3.2 Ensamblaje cartuchos – cargador	38
3.2.3.3 Ensamblaje del cuerpo del arma	39
3.2.4 Proceso de renderizado	39
3.3 Informática gráfica.....	40
3.3.1 Importación de archivos	40
3.3.2 Elaboración de archivos.....	41
3.3.3 Materiales	42
3.3.4 Blueprint	44
3.3.4.1 Método seguido para la programación	45
3.3.4.2 Cargador	45
3.3.4.2.1 Introducir y extraer cargador	46
3.3.4.2.2 Desaparición de cartuchos	47
3.3.4.3 Disparo.....	48
3.3.4.3.1 Aparición de la bala en la bocacha	48
3.3.4.3.2 Salida lateral del casquillo y cartucho	48
3.3.4.3.3 Movimiento de la cola del disparador	48

3.3.4.4 Recarga	49
3.3.4.5 Visor del arma.....	50
3.3.4.6 Seguro	52
3.3.4.7 Sonidos y efectos visuales	52
3.3.4.8 Ajuste de las manos	53
3.3.4.9 Comprobaciones y condicionantes para efectuar el disparo	54
3.4 Realidad virtual	56
4 Resultados	57
4.1 Descripción del apartado.....	57
4.2 Diseño	57
4.2.1 Modelo digital.....	57
4.2.2 Planimetría	59
4.3 Programación y simulación.....	72
4.1.3.1 Escenario.....	72
4.1.3.2 Acciones con el arma.....	73
4.1.3.2 Acciones con el cargador	74
4.1.3.3 Visor del arma.....	75
4.1.3.4 Vídeo demostración	75
5 Conclusiones y líneas futuras	76
5.1 Descripción del apartado.....	76
5.2 Conclusiones	76
5.2.1 Diseño del arma	76
5.2.2 Informática gráfica.....	76
5.2.3 Realidad Virtual.....	76
5.2.4 Conclusión final.....	77
5.3 Líneas futuras	77
5.3.1 A corto plazo.....	77
5.3.2 A largo plazo.....	77
6 Bibliografía.....	78
Anexo I: Implicaciones Sociales, y/o Económicas, y/o Ambientales	80
Anexo II: Reflexiones Éticas Y Sociales	82
Anexo III: Modelo digital interactivo	84
Anexo IV: Bloques de código del arma	86
Anexo V: Bloques de código de la recarga	89
Anexo VI: Bloques de código del cargador	91

Anexo VII: Bloques de código de comprobaciones y condiciones para efectuar el disparo	94
Anexo VIII: Bloques de código de efectos visuales y sonoros	96
Anexo IX: Manual del seguridad de Meta Quest 3	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Industria 4.0	9
Figura 2-1 Juego de Pokemon Go	13
Figura 2-2 Sistema de sobremesa de RV.....	13
Figura 2-3 Simulador de vuelo comercial	14
Figura 2-4 Sistema inmersivo comercial.....	14
Figura 2-5 Portada Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) [5]	15
Figura 2-6 Cartel Jornada Tecnológica de Simulación en Defensa [7].....	16
Figura 2-7 Portada de la jornada tecnológica: simulación en el ámbito de la defensa [8]	17
Figura 2-8 Simulador de helicóptero FBMS e imagen del Eurocopter EC665 Tigre [9]	18
Figura 2-9 Simulador de A400M e imagen del Airbus A400M Atlas [10]	19
Figura 2-10 CASI de la Base Naval de Rota [11]	20
Figura 2-11 Componentes Meta Quest 3. Autoría: elaboración propia	21
Figura 2-12 Modelo HK-G36-E [16]	22
Figura 2-13 Modelo CETME C [17].....	23
Figura 2-14 De izquierda a derecha: escaneo láser, por luz estructurada y por fotogrametría [18].	24
Figura 2-15 Palpador de un sistema MMC [18].....	24
Figura 2-16 Proceso clásico de diseño. Autoría: elaboración propia	25
Figura 2-17 Interfaz principal de Inventor Professional	27
Figura 2-18 Epic Games Store, Unreal Engine y Steam Link [22] [23] [24].....	28
Figura 2-19 Interfaz Epic Games Store	28
Figura 2-20 Interfaz de Steam con Steam VR.....	29
Figura 2-21 Equipos y materiales. Autoría: elaboración propia	30
Figura 2-22 Tarjeta gráfica instalada en el PC del trabajo. Autoría: elaboración propia.....	30
Figura 3-1 Diagrama del proceso general del proyecto	31
Figura 3-2 Toma de medidas del arma	32
Figura 3-3 Extrusión del guardamanos	33
Figura 3-4 Extrusión de la culata	33
Figura 3-5 Extrusión de la pestaña del conjunto de cierre	34
Figura 3-6 Extrusión huecos del cargador.....	35
Figura 3-7 Extrusión de la cola del disparador.....	35
Figura 3-8 Extrusión del seguro	36
Figura 3-9 Revolución del casquillo	36
Figura 3-10 Bordes redondeados de la cabeza del tornillo	37
Figura 3-11 Ensamblaje del cartucho.....	38
Figura 3-12 Ensamblaje del conjunto de cierre.....	38

Figura 3-13 Ensamblaje y detalles del cargador	38
Figura 3-14 Interfaz del renderizado en Inventor.....	39
Figura 3-15 Interfaz con la opción de Datasmith	41
Figura 3-16 Interfaz del archivo Static Mesh.....	41
Figura 3-17 Interfaz del archivo Skeletal Mesh	42
Figura 3-18 Intefaz del archivo Physics Assets.....	42
Figura 3-19 Portada principal de AmbientCG	43
Figura 3-20 Interfaz de la creación de materiales	43
Figura 3-21 Tipos de Blueprint	44
Figura 3-22 Interfaz principal de un Blueprint.....	45
Figura 3-23 Diagrama de “Introducir y extraer el cargador”	46
Figura 3-24 Código de "Introducir y extraer cargador"	46
Figura 3-25 Diagrama de "Desaparición de cartuchos"	47
Figura 3-26 Detalle del código de "Desaparición de cartuchos"	47
Figura 3-27 Código de "Aparición de la bala en la bocacha"	48
Figura 3-28 Código de "Salida lateral del casquillo"	48
Figura 3-29 Código de "Movimiento de la cola del disparador"	49
Figura 3-30 Diagrama del cambio de base	49
Figura 3-31 Código de "Recarga"	50
Figura 3-32 Colocación del cilindro para el visor	50
Figura 3-33 Retícula.....	51
Figura 3-34 Interfaz del material del visor	51
Figura 3-35 Explicación del FoV	52
Figura 3-36 Código de "Movimiento del seguro"	52
Figura 3-37 Interfaz para la configuración del efecto visual.....	53
Figura 3-38 Interfaz para el posicionamiento de los dedos.....	53
Figura 3-39 Diagrama de comprobaciones y condicionantes para efectuar el disparo	54
Figura 3-40 Código de comprobaciones y condicionantes para efectuar el disparo (conjunto)	54
Figura 3-41 Código de "¿Seguro quitado?"	54
Figura 3-42 Código de "¿Bala recámara?"	55
Figura 3-43 Código de "Cargador puesto"	55
Figura 3-44 Código de "¿Arma cargada?"	55
Figura 3-45 Interfaz para la configuración de IMC	56
Figura 3-46 Tareas asignadas a los elementos de los mandos	56
Figura 4-1 Vista general del renderizado del arma	57
Figura 4-2 Renderizado y comparación del perfil izquierdo.....	58

Figura 4-3 Renderizado y comparación con detalle de la parte inferior	58
Figura 4-4 Renderizado y comparación del perfil derecho en detalle.....	59
Figura 4-5 Interfaz de Inventor para el desarrollo de planos	59
Figura 4-6 Usuario utilizando las gafas Meta Quest 3	72
Figura 4-7 Vistas del escenario virtual.....	72
Figura 4-8 Detalle de la mesa dentro del escenario virtual	73
Figura 4-9 Extracto de las acciones del arma	74
Figura 4-10 Extracto de las acciones del cargador.....	74
Figura 4-11 Comparación respecto al uso del visor	75
Figura 4-12 Captura y código QR del vídeo demostración.....	75

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Descripción del apartado

En este apartado se explica cuáles han sido los precedentes del ámbito de aplicación y cómo se ha llegado hasta este trabajo. Se expondrán razonadamente cuáles han sido los principales objetivos del trabajo que se querían alcanzar. Por último, se expone la estructura de la que consta el trabajo y la organización de su contenido.

1.2 Antecedentes

El mundo actual se encuentra inmerso en la más reciente revolución industrial, predecesora de todas las ocurridas a lo largo de la historia de la humanidad. Es la llamada “Industria 4.0”, la cual ha cambiado por completo la manera en la que se concibe la industria y la fabricación. Esta nueva idea implica la integración y conectividad de sus seis pilares fundamentales, que son: robótica colaborativa, inteligencia artificial, *big data*, internet de las cosas, impresión 3D y realidad aumentada.

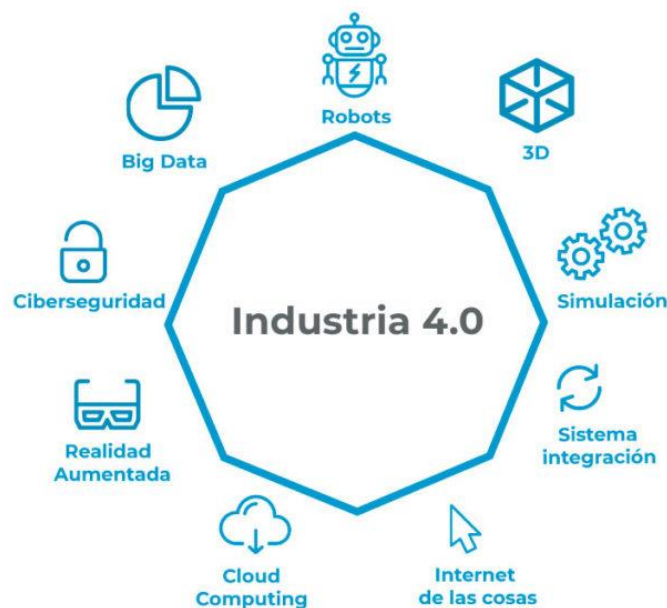


Figura 1-1 Industria 4.0

Ésta última es de especial interés, no solo en el ámbito industrial, pudiendo abarcar otros temas como la medicina y salud (por ejemplo, asistencias quirúrgicas de emergencia o fabricación de prótesis),

transporte (por ejemplo, simuladores de vuelo, conducción o navegación), entretenimiento (por ejemplo, incorporación de videojuegos con RA), educación (por ejemplo, libros que ofrezcan contenido multimedia para ser más interactivo), incluso en cultura y turismo (por ejemplo, uso de RA en museos y monumentos).

A su vez, esta nueva tecnología permite a las empresas y organizaciones dejar a un lado los ensayos de procesos y recreaciones físicas para dejar paso a la visualización de modelos digitales y ensayos recreados por medio de RA, disminuyendo los costes en materiales y herramientas, optimizando el proceso y mejorando de forma general en todos los aspectos.

Dicho pilar de la “Industria 4.0” no ha pasado desapercibido para nuestros Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y Fuerzas Armadas. La incorporación de la realidad aumentada es una pieza clave para el adiestramiento y enseñanza en la Seguridad y Defensa de la nación, permitiendo poseer simuladores para ejercicios o proporcionar los medios necesarios para la creación de nuevos avances tecnológicos en cuanto a defensa se refiere.

Conforme a todo lo señalado anteriormente, se hace latente la importancia de la incorporación de esta nueva tecnología, siendo necesaria la investigación y desarrollo para la complementación del adiestramiento de nuestras Fuerzas Armadas.

1.3 Motivación

Demostrada la efectividad con la que los simuladores se adaptan a las necesidades actuales de las Fuerzas Armadas, y especialmente, de la Armada, se pretende contribuir en el esfuerzo común de adiestrar al personal de la Armada en la habilidad, tan necesaria para el combatiente, como es el adiestramiento con armas de fuego.

A medida que los entrenamientos de las tropas se realizan de manera más exhaustiva, es especialmente importante incidir en la rápida reacción del soldado a los estímulos externos. Para ello, el realismo de los simuladores de realidad virtual ha de ser el máximo posible, tanto en la ambientación como en los medios utilizados. Debido a ello, el fusil de asalto virtual ha de poseer la mayoría de las similitudes con su homólogo real, de manera que las reacciones aprendidas en la simulación puedan ser extrapoladas fácilmente a la vida real. Concretamente, el presente trabajo se ha focalizado en el desarrollo del fusil de asalto intrínseco de las Fuerzas Armadas, el fusil de asalto HK-G36-E.

Para ello, tanto el diseño del arma como su posterior programación de acciones cobrarán una especial relevancia, de cara a su posterior simulación. Cumplimentar de manera simultánea estas dos tareas será el cuerpo principal del proyecto.

1.4 Objetivos

Con la finalidad de posibilitar la implementación de los simuladores de realidad aumentada en las Fuerzas Armadas y, más concretamente, en el adiestramiento de los/as alumnos/as de la Escuela Naval Militar, el presente trabajo busca desarrollar una plataforma de adiestramiento virtual para la realización de ejercicios en una situación de combate simulada.

Por ello, el trabajo presenta los siguientes objetivos principales:

- Elaboración propia del arma: se pretende desarrollar un diseño desde cero de un arma de fuego para, en un posible futuro, elaborar diferentes diseños de armas de manera autónoma.
- Movimientos con el arma: buscando el adiestramiento del personal en movimientos con el fusil de asalto, el trabajo proporcionará los principales movimientos con un arma de fuego, como son: recarga, disparo y apuntamiento, entre otros.
- Uso de la Realidad Virtual: la simulación dentro de un entorno virtual proporcionará al usuario la inmersión total para realizar los movimientos y acciones con el arma.

1.5 Estructura del trabajo

La estructura del presente trabajo constará de las siguientes partes:

- Introducción: se definen los antecedentes que llevan al proyecto desarrollado y se presenta dicho trabajo junto con los principales objetivos a cumplir en su ejecución.
- Estado del arte: se describen detalladamente los ámbitos en los que el presente proyecto se encuadra. Asimismo, se presenta el software y equipo empleado para el desarrollo del trabajo.
- Desarrollo: se expone de manera rigurosa el proceso seguido en el diseño y conformado de todos los componentes que engloba el proyecto.
- Resultados: se presenta el producto final del desarrollo de la simulación por medio de Realidad Virtual para el adiestramiento de personal militar.
- Conclusiones y líneas futuras: se recapitulan los resultados obtenidos, realizando un análisis de ellos y la imposición de posibles mejoras a corto y largo plazo.
- Bibliografía: se enumeran las fuentes de información evaluadas y consultadas para el proyecto.
- Anexos: se amplía información relevante y necesaria para el entendimiento total del trabajo.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Industria 4.0

El concepto de “Industria 4.0” (i4.0) surge en Europa, especialmente en Alemania, alrededor del año 2011, para hacer referencia a una política económica basada en una serie de estrategias sobre alta tecnología, caracterizadas por el uso de tecnologías de la electrónica y de la información, digitalización de los procesos y automatización en la manufactura, además de la creciente capacidad de interacción e intercambio de información entre humanos y máquinas [1].

En la actualidad la i4.0, como ya se comentó en la introducción de este trabajo, está sustentada sobre varios pilares fundamentales como son: el desarrollo de sistemas, el internet de las cosas (*IoT*) y el internet de las personas y de los servicios, apoyadas en otras tecnologías como la fabricación aditiva, la impresión 3D, la ingeniería inversa, el *big data*, la inteligencia artificial y la realidad virtual [2]. En el presente trabajo nos centraremos en la ya mencionada realidad virtual, explicando a continuación el concepto e información relacionada.

2.1.1 Realidad virtual, aumentada y mixta

En la actualidad existe algo de controversia a la hora de referirse a esta nueva tecnología, puesto que se mezclan dos conceptos relacionados, pero totalmente diferentes, como son la realidad virtual y la realidad aumentada. Además, existe un tercer concepto, como es la realidad mixta, cuya definición también es confundida de manera rutinaria por la sociedad actual, no sabiendo distinguir de manera clara y concisa entre estos tres conceptos sobre la tecnología de la simulación. A continuación, se detallan las principales diferencias entre los tres conceptos mencionados anteriormente con ejemplos para una mayor comprensión.

La realidad virtual, según la Real Academia Española (RAE), se define como la “representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real” [3]. La clave de la diferencia se centra en la representación de escenas o imágenes. En la realidad virtual, la creación de entornos es total por parte del sistema informático, mientras que en la realidad aumentada se superpone información digital sobre el mundo real, es decir, no reemplaza la realidad física por la virtual. Un claro ejemplo de realidad aumentada sería el exitoso juego para dispositivos móviles, “Pokemon Go”.

La realidad mixta consiste en una combinación entre ambas realidades ya mencionadas, incorporando elementos totalmente virtuales de manera más dinámica y compleja en la realidad física que visualiza el usuario [4]. En el presente trabajo nos centraremos en la realidad virtual para la creación del entorno de simulación, como ya veremos más adelante.



Figura 2-1 Juego de Pokemon Go

2.1.2 Realidad virtual: tipos y características

Como ya se ha mencionado en el anterior apartado, la realidad virtual tiene la capacidad para estimular y engañar los sentidos a los que se dirige. Para conseguirlo, debe de abarcar una serie de características para que la experiencia del usuario sea totalmente realista y satisfactoria, como son [4]:

- Resolución y fidelidad de la imagen: entorno y objetos con apariencia realista.
- Reproducción de las propiedades de los objetos.
- Reacciones de los objetos: al ser manipulados por el usuario.
- Interactividad: el usuario debe ser capaz de moverse y actuar en el entorno virtual de modo intuitivo.
- Respuesta sensorial: a través de dispositivos de audio (altavoces cascos integrados), visuales (gafas de RV) y mecánicos (vibración y movimiento de los mandos, interacción con sensaciones como calor, humedad y salpicaduras) el usuario debe sentirse totalmente inmerso en el entorno virtual.

Respecto a los tipos de RV, se pueden clasificar según la proporción de inmersión al entorno creado por el sistema informático. Así, se agrupan en tres tipos, comenzando de más simples y menos inmersivos a más complejos e interactivos:

- Sistemas de sobremesa: sistemas no inmersivos que presentan el entorno virtual en la pantalla de un ordenador. En ocasiones se puede hacer uso de gafas de RV. El usuario experimenta una inmersión psicológica aun cuando no exista inmersión sensorial completa.



Figura 2-2 Sistema de sobremesa de RV

- Sistemas proyectivos: sistemas semi-inmersivos en las que las imágenes del mundo virtual se proyectan sobre pantallas en las paredes que rodean al usuario. Muy utilizados en simuladores de vuelo, navegación y conducción. Poseen algún tipo de sistema físico para interactuar con el entorno virtual (volante, palancas, mandos, etc.)



Figura 2-3 Simulador de vuelo comercial

- Sistemas inmersivos: sistemas donde el usuario experimenta una sensación inmersiva total, capaz de engañar o estimular el mayor número de sentidos posibles. Es imprescindible el uso de gafas de RV.



Figura 2-4 Sistema inmersivo comercial

2.2 Simulación y gamificación

La simulación, apuntando a la destinada a recrear situaciones con el fin de adiestramiento y/o entretenimiento, es un término muy relacionado con la realidad virtual. Los simuladores permiten a los usuarios experimentar situaciones que pueden ocurrir en la vida real. El creciente auge de la realidad virtual ha propiciado que ambas tecnologías aúnen con un propósito muy innovador. El uso de la realidad virtual incorporada en la simulación hace que el usuario experimente una inmersión total en la situación recreada, independientemente de su fin formativo o de entretenimiento. A su vez, la incorporación de elementos de gamificación provoca un impulso de motivación y participación que hace que el usuario mejore en sus tareas específicas.

El creciente auge de estas tecnologías ha provocado cambios tanto en el ámbito civil como en el militar, mostrando una perfecta vía de aprendizaje, adiestramiento y entretenimiento. A continuación, se muestran los avances (militar y civil) en este nuevo ámbito.

2.2.1 Simuladores en las Fuerzas Armadas

La Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) determina el marco estratégico de la I+D+i en el ámbito de la Defensa frente a las nuevas amenazas para la defensa y el avance tecnológico a nivel nacional e internacional. Dicha estrategia se elabora cada cinco años, siendo la última actualización la del año 2020 y quedando recogida en un documento de visita pública en el “Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa”[5].

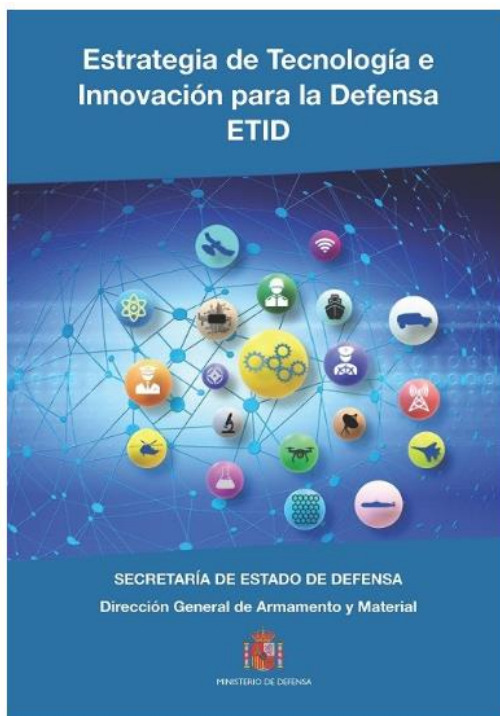


Figura 2-5 Portada Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) [5]

En dicho documento, el conjunto de líneas de I+D+i de interés están organizadas en torno a once áreas diferentes. A continuación, se le presta un mayor enfoque en la última de ellas, denominada “11. Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación”, donde trata varios puntos relacionados con la simulación, como son [6]:

- 11.3.1. Adiestramiento avanzado mediante simulación: preparación y adiestramiento de las Fuerzas Armadas en lo relativo a la utilización de los medios materiales o la recreación de condiciones similares a las de las operaciones reales.
- 11.3.2. Interoperabilidad entre simuladores: desarrollo de soluciones basadas en la estandarización de los sistemas de simulación existentes para así facilitar la extensión de las capacidades de adiestramiento de los sistemas para realizar un único ejercicio de simulación.
- 11.3.3. Simulación como herramienta para la toma de decisiones: desarrollo de soluciones tecnológicas para el apoyo a la resolución de problemas, toma de decisiones y planificación operativa (planificación de crisis)

Con el objetivo de generar un marco de encuentro entre empresas, universidades, centros tecnológicos y Defensa donde se pueda mostrar la puesta en común de las necesidades tecnológicas de las Fuerzas Armadas y las metas planteadas en la ETID, la Subdirección General de Planificación Tecnología e Innovación (SDG PLATIN) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) del Ministerio de Defensa, en colaboración con el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), organiza periódicamente las denominadas como “Jornadas Tecnológicas”, donde se presentan distintas temáticas de interés para la Defensa [7].



Figura 2-6 Cartel Jornada Tecnológica de Simulación en Defensa [7]

En concreto, el 24 de abril de 2018 tuvo lugar la “Jornada Tecnológica de Simulación en el ámbito de la Defensa”, donde se exponían, entre otros aspectos relacionados con la realidad virtual y la simulación, las principales aplicaciones de la RV en defensa y seguridad, siendo las siguientes [8]:

- Adiestramiento y entrenamiento militar: el adiestramiento militar de situaciones comprometidas simulando de la forma más realista todo el entorno y la interacción con él es uno de los puntos más importantes a destacar. El uso de gafas de RV, combinadas con trajes y guantes de datos, hacen que se reproduzcan de manera fehaciente el ambiente en el campo de batalla o el arma de realidad virtual, creando en los soldados un entrenamiento totalmente inmersivo. A su vez, la utilización en la simulación de vuelo para la Fuerza Aérea y la conducción virtual de carros de combate, de barcos o de lanchas permiten el adiestramiento perfecto previo al uso de un vehículo real.
- Condiciones NRBQ: permite simular las condiciones de un ataque de tipo NRBQ (nuclear, radiológico, biológico y químico) para elaborar las tácticas, técnicas y procedimientos (TTP) de este tipo de guerra.
- Psicología: el uso de la RV en este ámbito ha sido algo bastante novedoso, empleándose principalmente en el tratamiento de fobias (por ejemplo, la aerofobia y la acrofobia) y en el entrenamiento psicológico proporcionado a la fuerza ante determinadas situaciones críticas.
- Medicina: la simulación de tratamientos traumatológicos, cirugías o ensayos de MEDEVAC (*Medical Evacuation*) pueden ayudar a conseguir un rendimiento más eficiente y eficaz en situaciones reales. Por otra parte, la telemedicina está en un auge continuo en los últimos tiempos, por lo que un buen ensayo virtual puede repercutir en un mejor servicio en las ZO (Zonas de Operaciones)

En el presente proyecto se entrelazan el primer y el tercer concepto mencionados anteriormente. El adiestramiento y entrenamiento de las tropas, especialmente de cara a situarse en situaciones de combate real, se une intrínsecamente con la parte psicológica sobre fobias o miedos respecto a estas situaciones, convirtiéndose entonces en una de las piezas claves para trabajar en el proyecto y, de manera sutil, avanzar y progresar hacia un posible futuro adiestramiento mejor estructurado y sin causas en la salud mental.

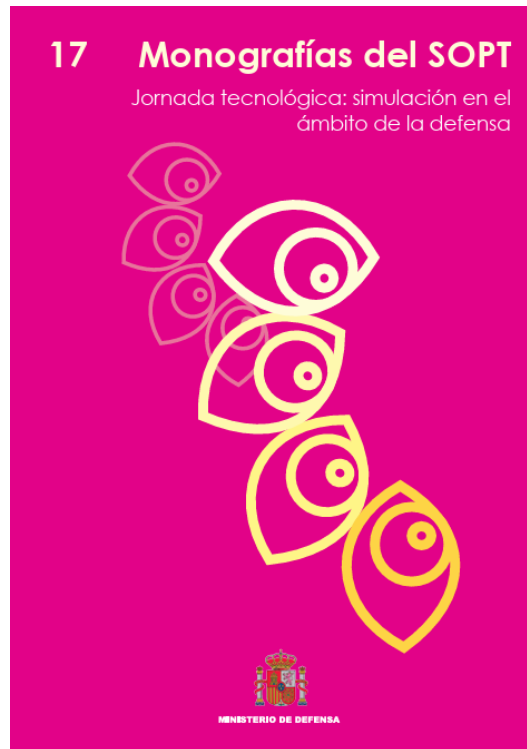


Figura 2-7 Portada de la jornada tecnológica: simulación en el ámbito de la defensa [8]

2.2.1.1 Ejército de Tierra

El Ejército de Tierra (ET) crea su propia clasificación para los simuladores, teniendo en cuenta la finalidad y la naturaleza de éstos. Respecto a esta última clasificación, según su naturaleza se clasifican en [8] [9]:

- Simuladores reales o simulación en vivo: el usuario opera sistemas con sensores y accesorios para suplir la actividad, estimulando solamente los efectos. Actualmente se encuentran en uso los siguientes, entre otros:
 - Simulador de tiro “NOPTTEL”
 - Simulador de tiro “STS”
 - Simulador de duelo “CC. (Carro de Combate) LEOPARDO”
- Simuladores virtuales: el usuario opera con sistemas que simulan lo existentes en la vida real, simulando efectos y material. En uso los siguientes:
 - Simulador de helicóptero “FBMS”
 - Simulador de carros y vehículos de combate “CC. LEOPARD 2^a4 /STO”
 - Simulador de artillería “Cañón 35/90”
 - Simulador de artillería “SIMACA GACA y BIA”
 - Simulador de misiles “COAAAS-L/M”
 - Simulador de misiles “EUMP/MISTRAL”
- Serious games: sistemas basados en juegos comerciales para PC (*Personal Computer*) y adaptados a las necesidades específicas del ET en el adiestramiento de tropas hasta nivel compañía/GT (Grupo Táctico). A continuación, se enumeran una serie de modos de juego, como son:
 - Instrucción de Jefe de Pelotón.
 - Reconocimiento del área de operaciones
- Simuladores constructivos: sistemas que, mediante modelos informáticos, realiza la representación gráfica de unidades, armas y sus respectivos efectos de equipos y terreno. Requieren la necesidad de personal anexo que introduzca las órdenes al sistema.



Figura 2-8 Simulador de helicóptero FBMS e imagen del Eurocopter EC665 Tigre [9]

2.2.1.2 Ejército del Aire y del Espacio

El Ejército del Aire y del Espacio (EA) opta por la adquisición de sistemas de simulación de vuelo en los que los costes de compra y mantenimiento sean reducidos, siempre teniendo en mente dos puntos fuertes: los pilotos no deben de reemplazar sus horas de vuelo real por las simuladas, puesto que las sensaciones adquiridas y la responsabilidad no se mantienen al mismo nivel en ambas situaciones; además se debe evitar el “entrenamiento negativo”, definiendo éste como el adiestramiento de una tripulación con un resultado tal que lo llevase a realizar acciones diferentes a lo esperado en una misión real, con sus consecuencias negativas asociadas. Visualizando estas dos premisas, el EA ha ido adquiriendo diferentes sistemas de simulación, no limitados a medios aéreos, dependiendo del tipo de sistema existente en su momento, así se poseen los siguientes [8] [10]:

- 2 simuladores de EF-18
- 3 simuladores de C-101
- 1 simulador de F5M
- 1 simulador de C-130
- 1 simulador de UD-14
- 1 simulador de Sikorsky S76
- 1 simulador de EC120B (Colibrí)
- 1 entrenador genérico de avión bimotor
- 1 simulador de apoyo aéreo
- 1 simulador de radar de ruta y torre
- 1 simulador de defensa aérea
- 1 simulador de EW (*Electronic Warfare*)
- 1 simulador virtual de paracaidismo
- Simuladores de tiro

A esta lista se deben adjuntar las adquisiciones más recientes, como son: *full flight simulators* (FFS) del EF2000, IMRIT (*MALE RPA ISR training*) y el simulador del A400M.

El Ejército del Aire y del Espacio sigue en un continuo proceso de modernización e incorporación de nuevos sistemas de simulación para el adiestramiento de su personal. En la actualidad, se está realizando un mayor hincapié en que las nuevas modificaciones o cambios en los simuladores se realicen prioritariamente en las escuelas de formación de alumnos, véase la Academia General del Aire (AGA) de San Javier (Murcia), para que su futuro personal egrese de las diferentes escuelas y academias con un nivel de conocimiento adecuado a los sistemas reales que posean las diferentes aeronaves y destinos en general.



Figura 2-9 Simulador de A400M e imagen del Airbus A400M Atlas [10]

2.2.1.3 Armada

A raíz de un análisis general realizado en el año 2015, la Armada comenzó un proceso de modernización con la incorporación de diferentes medios de simulación para la enseñanza, instrucción y adiestramiento que sitúen a los usuarios en entornos bélicos navales y situaciones de emergencias de posible riesgo en una operación real. En términos generales, el uso de la simulación se centra en las escuelas de enseñanza, como son la Escuela Naval Militar (ENM), la Escuela de Especialidades Antonio Escaño, la Escuela de Especialidades de la Estación Naval de la Graña (ESENGRA), la Escuela de Infantería de Marina y las diferentes escuelas de submarinos, aeronavales y buceo, además de otras áreas como son el Centro de Valoración al Combate (CEVACO) y el Gabinete de Investigación Militar Operativa y Estadística de la Armada (GIMOE).

La Armada realiza su propia clasificación de los simuladores de acuerdo con la capacidad, así se definen los siguientes [8][11]:

- Navegación y táctica
 - SIMNAV: simulador de navegación de diversas plataformas.
 - GALEÓN: simulador táctico de operaciones navales.
 - ACOLAB: laboratorio de operadores de consolas del sistema de combate AEGIS.
 - SCOMBA-T: adiestramiento del sistema de combate SCOMBA (Sistema de Combate de los Buques de la Armada)
 - SCE: sistema de control de embarcaciones.
 - SACAZ: simulador de cazaminas.
 - SATS: simulador de adiestramiento táctico en submarinos clase S-70.
 - SIMTAC: simulador de adiestramiento táctico para submarinos de la clase S-80.
 - TALOS: simulador de C2 (*Command and Control*) de la fuerza de Infantería de Marina (IM)
- Control de la plataforma
 - SISMA: adiestramiento en la seguridad durante la inmersión en submarinos.
 - SIMPRA: simulación de propulsión de submarinos.
 - SIFAS: simulador para el adiestramiento en fugas y vías de agua en submarinos.
 - SIMPLAT: simulador de control de plataforma en submarinos.
 - Simuladores de control de plataformas varias: fragatas clase Santa María, BAC (Buque de Aprovisionamiento en Combate) Patiño, LPD (*Landing Platform Dock*)

Galicia, fragatas clase Álvaro de Bazán y LHD (*Landing Helicopter Dock*) Juan Carlos I.

- Simuladores de sistemas de vuelo para AV-8B Harrier y SH-60B Seahawk.
- Seguridad Interior: referido a todas las incidencias a bordo de un buque relacionadas con incendios o inundaciones.
 - CISI: Centro de Instrucción de Seguridad Interior de la Escaña.
 - CASI: Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de la ENM y Base Naval de Rota (BNR)



Figura 2-10 CASI de la Base Naval de Rota [11]

- Adiestramiento del combatiente
 - VBS3: Visual Battle Space 3 para el modelado de escenarios de combate.
 - VICTRIX: simulador de tiro de armas portátiles y movimientos del combatiente.
 - SCATT: simulador de tiro de armas portátiles.
- Comunicaciones
 - DIANA: simulador del sistema DIANA (Sistema de distribución de datos de navegación)
 - GMDSS: simulador del sistema de salvamento y seguridad marítima.
 - ICCS-5: simulador del sistema integrado de control de comunicaciones a bordo de los buques.
- Simuladores de inmersión
 - Simuladores de inmersión a gran profundidad para el adiestramiento del personal en complejos hiperbáricos de 50 y 90 m.
- Apoyo a la decisión y experimentación
 - SIMDIS: simulador OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte) que permite el lanzamiento de misiles para su posterior análisis de la reacción del buque y el comportamiento del misil.
 - ALSA: Algoritmo de Lanzamiento de Señuelos Antimisil para la creación de tablas estandarizadas para el lanzamiento automático de *decoys*.
 - EXODUS: sistema para el diseño de rutas de evacuación en buques.

La Armada se encuentra actualmente en una constante mejora de sus instalaciones de instrucción y adiestramiento como, por ejemplo, la renovación del CASI existente en la ENM por uno mejorado compuesto por diferentes pisos para la práctica de diferentes ejercicios como la entrada a un compartimento por distinto nivel. Dichas modificaciones propiciará una nueva fuente de aprendizaje y adiestramiento para el alumnado de la Escuela Naval Militar, asimilando mejor los conceptos y asemejándose a los diferentes sistemas utilizados especialmente en los buques.

2.2.2 Simuladores comerciales

La RV también ha revolucionado el mundo civil, orientándose más al entretenimiento del usuario por medio de videojuegos. Esta tecnología en el mundo civil avanza a pasos agigantados, consiguiéndose cada año mejoras en la calidad de los productos y sacando nuevos al mercado que compiten entre varias empresas líderes en el sector. Antes de comentar algunos de los productos más punteros en el ámbito de la simulación, destacar la principal diferencia que existe entre los diferentes dispositivos, siendo esta localización de sus sensores de seguimiento o *tracking*. Se clasifican en dos grupos: *inside-out tracking*, donde los sensores se encuentran instalados dentro del propio dispositivo (gafas) o *outside-in tracking*, donde los sensores de seguimientos se encuentran en dispositivos independientes de los mandos utilizados por el usuario. A continuación, se muestran algunos de los productos más destacables en este ámbito:

2.2.2.1 Gafas Meta Quest 3

Las gafas de simulación “Meta Quest 3” (MQ3) [12] es el nuevo producto de la empresa “Meta”, dueña de Instagram y WhatsApp, lanzadas al mercado a finales del año 2023. Se tratan de unas gafas de simulación *inside-out tracking* con increíbles avances en gráficos, además de ser pioneras en apostar por la realidad mixta al alcance de cualquier público, es decir, mezclar el mundo real con el virtual creado por el sistema informático. Como novedades respecto a su antecesora, las gafas Meta Quest 2, han hecho posible implementar sombras en tiempo real, además de texturas con un nivel de detalle mucho mayor y resolución de 4K. Las gafas MQ3 serán las utilizadas en la elaboración de este trabajo, de las cuales se hablarán más adelante.



Figura 2-11 Componentes Meta Quest 3. Autoría: elaboración propia

2.2.2.2 Dispositivo HTC Vive Pro

Las gafas de simulación “Vive Pro” [13], lanzadas por “HTC”, una de las empresas líderes en el sector, aportan una experiencia única de RV inmersiva desde una simple sala de estar. Vive Pro están diseñadas para su uso en un local cerrado, puesto que poseen unas estaciones bases con tecnología láser denominada *Lighthouse*, lo que permite la localización de los dispositivos dentro del área de seguimiento (*outside-in tracking*). Para que no existan obstrucciones entre el sistema laser y los dispositivos móviles, cuenta con un par de estaciones base, colocadas de manera opuesta en el local asignado, barriendo así el área total designada. Los dispositivos móviles cuentan con distintos sensores que permiten al software representar con exactitud la posición y movimientos en el mundo virtual.

2.2.2.3 PlayStation VR 2

Las gafas de simulación “PlayStation VR 2” (PSVR 2) [14], de la marca nipona “Sony” ha revolucionado la simulación desde su lanzamiento a principios del año 2023. PSVR 2 ha conseguido un gran salto respecto su antecesora, las gafas “Play Station VR”, con avances en el uso de *inside-out tracking* y en la resolución de las pantallas para cada ojo con tecnología OLED, además de poseer un campo de visión de 110 grados, renderizado foveado (tecnología que utiliza el seguimiento de la mirada para la renderización de ciertas partes de la imagen) y nuevas funciones sensoriales que pueden replicar el pulso del usuario en momentos de tensión o el ajeteo de los objetos en movimiento al pasar cerca de su cabeza. Sin embargo, una de sus desventajas es el uso de un cable entre las gafas y la propia videoconsola.

2.2.2.4 Samsung Gear VR

Las gafas de simulación “Samsung Gear VR” [15] es una colaboración entre la empresa surcoreana y la compañía “Oculus”, propiedad de “Meta”. Se trata de un dispositivo muy asequible para cualquier usuario, puesto que únicamente necesita la incorporación del smartphone “Samsung Galaxy” para su uso. Además de contar con tecnología *inside-out tracking*, permite al usuario estar inmerso en la RV y visualizar videos, juegos y aplicaciones educativas en 360 grados. La incorporación de un accesorio móvil denominado “air mouse” hace que la experiencia sea más inmersiva.

2.3 Arma HK-G36-E

2.3.1 Características y especificaciones

Diseñada por la empresa armamentística alemana “Heckler & Koch” (HK) se trata de un fusil de asalto [16] con mecanismo indirecto accionada por gas (mecanismo indirecto se refiere a la implicación de componentes adicionales intermedios en la transmisión de la energía del gas para realizar la acción de disparo), con cabeza de cerrojo giratoria en calibre 5,56 mm x 45 OTAN. Con el cuerpo fabricado en polímero reforzado con fibra de vidrio, resulta un beneficio para el combatiente en cuanto a peso se refiere. El HK-G36-E se puede operar desde ambos lados, siendo de fácil manejo para tiradores diestros y zurdos. Cuenta con un alcance máximo de entre 300 y 600 m, dependiendo de las miras incorporadas. Se puede desmontar en sus diferentes piezas y volver a montarlo por el usuario, debido a su fácil manejo y construcción. Destaca por su fiabilidad ante condiciones adversas de polvo, barro, calor, frío e incluso en ambientes marítimos debido a su probado sistema de gas. La culata es plegable, lo que reduce la longitud del arma para que el combatiente pueda moverse por espacios angostos sin complicación o para transportarse, sin restricciones respecto su principal uso. Además, dispone de una interfaz de serie para colocar un lanzagranadas HK de 40 mm debajo del “guardamanos” para aumentar su potencia de fuego.



Figura 2-12 Modelo HK-G36-E [16]

La designación “e” en su nombre viene a referirse al anglicismo *export* o *enhanced*, significando una mejora o avance respecto a versiones anteriores, dependiendo éste del contexto y del país que posea esta versión.

Todas estas características hacen que el HK-G36-E sea un arma fiable, ergonómica en su funcionamiento y manejo, óptima en peso, a la vez que preciso altamente eficaz en el campo de batalla.

2.3.2 Introducción a las Fuerzas Armadas

Tras el fracaso del fusil CETME C, usado desde principio de los años 50, debido a sus materiales de poca calidad, peso y maniobrabilidad, la necesidad de disponer de un rifle de asalto de última generación para los ejércitos españoles hizo que en el año 1999 se cambiara del entonces fusil CETME al nuevo fusil de asalto HK-G36-E, declarándose modelo estándar de las Fuerzas Armadas Españolas. El nuevo fusil proporcionaba una capacidad de respuesta rápida, tanto de día como de noche y en distancias de 300 m, un uso fiable bajo condiciones climáticas adversas, facilidad de entrenamiento y peso reducido. Además, utiliza un calibre menor al CETME, de 7,72 mm, consiguiendo así la provocación de heridas al combatiente, con su posterior evacuación y mayor gasto al enemigo, en vez de la destrucción excesiva que provocaba la munición de mayor calibre. Los diferentes accesorios usados por cada uno de los ejércitos hacen que se adecúen mejor a los cometidos y misiones específicas de cada uno de ellos, como el uso de visores con aumento de 1,5 para el Ejército de Tierra y de aumento 3 para la Infantería de Marina [17].

Versátil, segura y fiable, proporciona las capacidades esenciales para las fuerzas españolas, haciéndola el arma perfecta para cada uno de sus cometidos.



Figura 2-13 Modelo CETME C [17]

2.4 Ingeniería inversa

En ocasiones, a la hora de duplicar o perfeccionar una pieza, sistema u objeto ya existente, el ingeniero no está en posesión de los diferentes planos o detalles de construcción originales necesarios para dicha tarea, por lo que se recurre a la denominada “ingeniería inversa” o “retroingeniería”.

La ingeniería inversa se define como el proceso de obtención de información sobre el diseño y estructura de un producto con el fin de determinar cuáles son sus componentes, la interacción entre ellos y el proceso de fabricación para crear un dispositivo que se asemeje en diseño y forma al producto original [18].

2.4.1 Métodos de ingeniería inversa

Para la obtención de información y análisis de una pieza real, la ingeniería inversa cuenta con diferentes métodos explicados a continuación [18][19]:

- Toma de medidas manual: sencillo y económico, se trata de un método asequible en caso de contar con las herramientas necesarias para su ejecución, véase pie de rey, goniómetro y/o metro. Dicho método es viable en caso de que la pieza u objeto no posea formas muy complejas. Será el método utilizado en este trabajo, explicado más adelante.
- Escaneo 3D: método que utiliza dispositivos especializados en la recopilación de datos tridimensionales sobre la forma y la apariencia de un objeto, creando un modelo digital en tres dimensiones. Existen tres tipos de escaneo 3D:

- Escaneo 3D con láser: mediante la proyección de un láser sobre el objeto y midiendo el ángulo de incidencia y la distancia entre el láser y el sensor que capta el rebote de éste, se puede determinar la forma del objeto.
- Escaneo 3D con luz estructurada: consiste en proyectar diferentes patrones de luz sobre el objeto y medir la deformación de estos patrones al ser captados por una cámara, interpretando los datos obtenidos para obtener la geometría tridimensional del objeto.
- Escaneo 3D por fotogrametría: mediante la obtención de fotografías del objeto desde diferentes perspectivas y ángulos y con la ayuda de un software determinado, se es capaz de reproducir un modelo digital 3D del objeto.

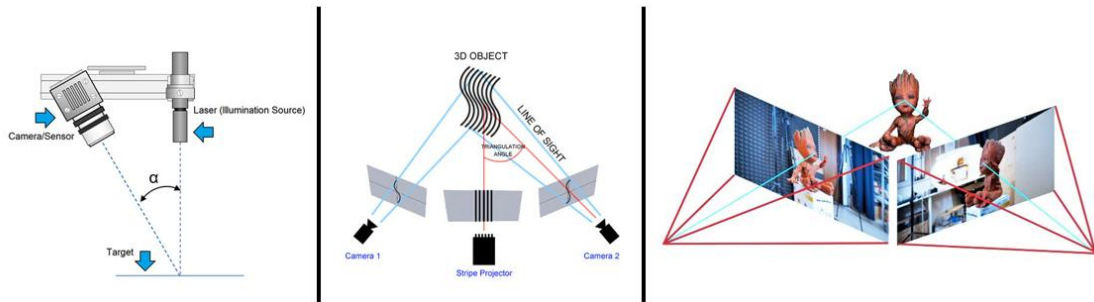


Figura 2-14 De izquierda a derecha: escaneo láser, por luz estructurada y por fotogrametría [18]

- Máquinas de Medición por Coordenadas (MMC): sistemas de medición de alta precisión compuestas por un palpador con movimiento en los tres ejes (X,Y,Z) que, mediante el contacto con el objeto en todas sus superficies, es capaz de crear una nube de puntos y generar posteriormente una malla para su representación digital.



Figura 2-15 Palpador de un sistema MMC [18]

2.5 Diseño asistido por ordenador (CAD)

El término “CAD” proviene del acrónimo en inglés *Computer Aided Design*, traducido al castellano como “Diseño Asistido por Ordenador” (DAO) y entendido como la aplicación de un conjunto de tecnologías de la información y de la comunicación en el proceso clásico de diseño. A continuación, se define en qué consiste dicho proceso clásico de diseño, el sistema CAD y el software de diseño utilizado en este trabajo.

2.5.1 Proceso clásico de diseño

El diseño, según la RAE, se define como la “concepción original (creativa y técnica) de un objeto u obra destinados a la producción en serie” [20]. En el contexto del diseño gráfico, se definiría como la

representación gráfica de una idea, objeto, máquina o estructura de cualquier tipo susceptible de ser representado simbólicamente.

El proceso de diseño se compone de una serie de elementos o pasos a seguir de manera iterativa. Sin embargo, hay situaciones que es necesario volver al paso anterior para realizar modificaciones o, incluso, volver a comenzar el proceso desde el principio si se detectan fallos graves.

Los pasos típicos del proceso clásico de diseño se enumeran a continuación [21]:

- **Definición:** especificar las propiedades y características más relevantes del sistema que se desea diseñar.
- **Modelado:** crear un modelo del sistema o elemento a diseñar que satisfaga las necesidades presentadas en el paso anterior. El ingeniero es el encargado de la modelización, por medio de modelos existentes o mediante técnicas de modelado conocidas.
- **Dibujos de detalle:** representar gráficamente el elemento a diseñar por medio de planos con un nivel de detalle suficiente como para poder ejecutar su construcción sin ambigüedades. En este proceso se deben crear una gran cantidad de planos como para poder construir prototipos en el paso siguiente.
- **Elaboración de prototipos:** normalmente cuando los objetos diseñados se van a someter a un proceso de fabricación, es habitual construir una serie de prototipos con el objetivo de corregir errores en el modelo o visualizar mejoras aplicables al producto antes de ser construido de manera definitiva. El prototipo no deben ser un ejemplar completo del modelo a construir, pudiéndose seccionar partes del elemento principal.
- **Pruebas:** tras la construcción de un o varios prototipos, se someten a una serie de pruebas y análisis de muy diverso tipo según el campo de aplicación, como pudiera ser la resistencia aerodinámica. En caso de detectar fallos en el prototipo o elementos mejorables, se vuelve al paso del modelado; si el problema es grave, se suele volver incluso al paso de definición.
- **Documentación:** una vez validado el diseño se pasa a documentarlo. La documentación debe contener la información suficiente para su construcción, llegando a estar formada por descripciones del sistema y de sus componentes, esquemas de instalación, de montaje, entre otras.

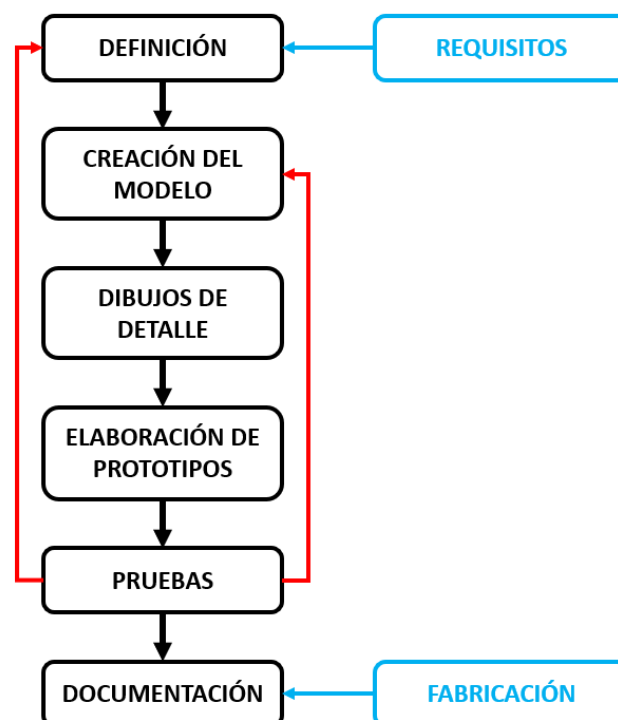


Figura 2-16 Proceso clásico de diseño. Autoría: elaboración propia

2.5.2 Sistemas CAD

Los sistemas CAD [21], definidos anteriormente como la aplicación de un conjunto de tecnologías de la información y de la comunicación en el proceso clásico de diseño no tendrían sentido si no tuvieran un objetivo que conseguir. Dicho objetivo es el de permitir la reducción del tiempo invertido en el proceso de diseño y, en la medida de lo posible, aumentar la calidad del producto final. Las herramientas para abordar con éxito dicho objetivo es el uso de sistemas gráficos interactivos, que permitan realizar modificaciones en el modelo y observar los resultados provocados en el producto final. Es por eso que el proceso clásico de diseño se ve ligeramente modificado al implementas sistemas CAD, incluyendo una etapa intermedia entre el paso de creación del modelo y el de dibujos de detalle, definiéndose esta como “simulación”. Esta modificación propicia la anterior nombrada reducción del tiempo invertido, ya que permite identificar alguno de los errores de diseño antes de tiempo, con el consiguiente ahorro en costes.

Este nuevo proceso de diseño, empleando herramientas CAD, se puede entender en términos generales como un ciclo continuo de modificación, simulación y visualización del modelo.

En un carácter general, aunque los sistemas CAD puedan poseer pequeñas variaciones en su estructura dependiendo del objetivo del diseño y del área de conocimiento, se pueden establecer las siguientes funciones a realizar por un sistema CAD:

- Definición interactiva de un modelo en 2D o 3D.
- Visualización múltiple.
- Cálculo de propiedades y simulación.
- Modificación del modelo.
- Generación de planos y documentación específica.
- Conexión con CAM (*Computer Aided Manufacturing*) y CAE (*Computer Aided Engineering*)

No se puede estandarizar de manera universal un patrón para el diseño con sistemas CAD, sin embargo, existen una serie de componentes comunes, como son:

- Modelo: representación gráfica de manera computacional del objeto que se está diseñando con toda la información necesaria, tanto a nivel geométrico como físico.
- Subsistema de edición: permite la creación y edición del modelo estableciendo una interacción entre el diseñador y el software.
- Subsistema de visualización: se encarga de generar y mostrar las imágenes del modelo en proceso de diseño, variando desde representaciones simples (dibujos bidimensionales con líneas) hasta representaciones empleando técnicas de iluminación y proyecciones.
- Subsistema de cálculo: se encarga del cálculo de propiedades del modelo y las simulaciones en él, siendo estos procesos muy complicados de elaboración propia por parte del ser humano.
- Subsistema de documentación: generación de información necesaria para el entendimiento total del modelo.
- Base de datos CAD: almacenar de manera permanente la información de los objetos diseñados.

Algunos ejemplos de estos sistemas de diseño serían los softwares como SolidWorks, SIEMENS NX, CATIA, AutoCAD o Inventor, centrándonos en este último a continuación.

2.5.3 Autodesk Inventor

En la actualidad existen diversos softwares de CAD con espectaculares prestaciones para su utilización en la ingeniería, más específicamente en la parte de diseño, entre ellos Autodesk Inventor Professional.

Desarrollado por la compañía estadounidense Autodesk, una de las líderes en softwares de diseño en 2D y 3D para la industria, las más recientes versiones de Autodesk Inventor Professional proporcionan al usuario la capacidad de realizar el modelado mecánico en 2D y 3D, utilizando diferentes planos de trabajo para su diseño y posterior visualización de la pieza de manera proyectada, la generación de planos y documentación de los modelos, análisis estático y dinámico, ensamblaje de piezas y exportación a diversos tipos de archivos para su posterior manufactura y fabricación.

Proporciona así al ingeniero las herramientas esenciales y especializadas para el diseño de cualquier pieza o sistema a diseñar.

2.5.3.1 Interfaz del software

El software proporciona una interfaz sencilla e intuitiva para la utilización de cualquier usuario con cierto nivel de conocimiento previo sobre el ámbito por medio de simbología de cada una de sus herramientas.

El software ofrece la posibilidad (y más utilizada) de comenzar el diseño a través de un boceto en 2D, eligiendo el plano en el espacio más necesario a utilizar en cada caso (XY, XZ, YZ). Una vez finalizada la representación en 2D, el programa proporciona una serie de herramientas (parte superior) para dar volumen y proyección a la pieza como pueden ser la extrusión, el vaciado, la revolución, el taladro, el empalme, o la unión. Todas estas acciones quedan recogidas en el árbol de tareas (parte izquierda), además de información sobre planos de referencia y ensamblajes, entre otros. Para visualizar la pieza desde diferentes ángulos y planos, en la parte derecha existe un cubo y una serie de herramientas que permiten cambiar la perspectiva del objeto desde la vista del usuario.

Una vez terminadas las diferentes piezas, Inventor proporciona la opción de ensamblaje, conformando un bloque único formado por las piezas al que se le pueden aplicar restricciones de movimiento que permiten recrear las acciones reales del conjunto creado.

Además, existe la posibilidad de renderizar un objeto, añadiendo realismo a la pieza por medio de la localización de luces, tipo de luz, escenario, material, entre otros.

Por último, ofrece una gran variedad de importación de archivos, como puede ser para la fabricación por medio de una máquina de impresión 3D o un archivo de visualización tridimensional para su posterior integración en un software de programación.

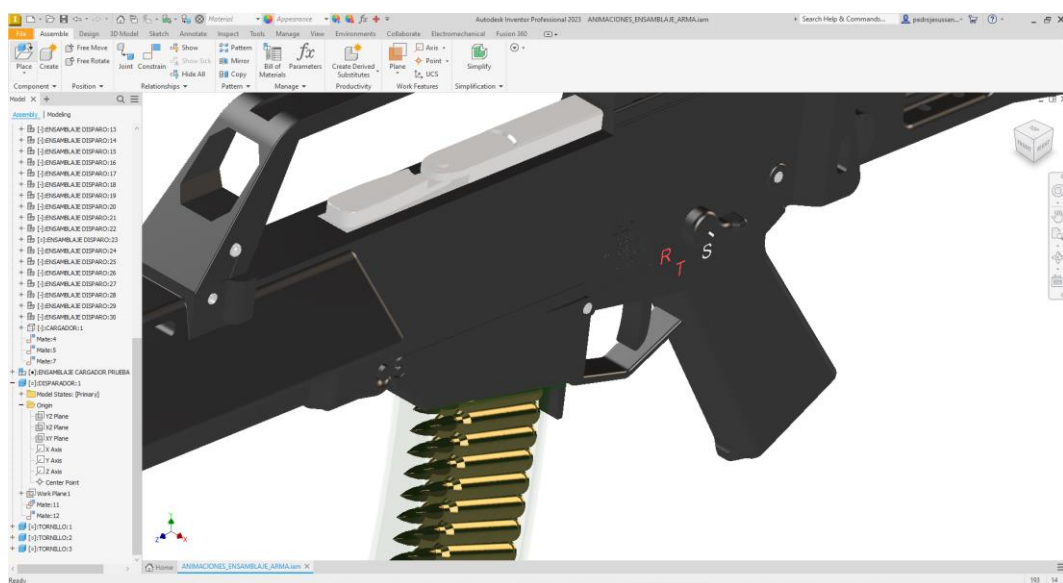


Figura 2-17 Interfaz principal de Inventor Professional

2.6 Software y equipos

2.6.1 Software

Respecto al software utilizado, en el presente trabajo se ha trabajado con el motor de juego Unreal Engine, proporcionado a través de Epic Games Store. Además, para la conexión de las gafas de RV con el propio ordenador, se ha empleado aplicaciones de Steam, como son Steam Link y Steam VR. Los programas utilizados se explican más detalladamente a continuación.



Figura 2-18 Epic Games Store, Unreal Engine y Steam Link [22] [23] [24]

2.6.1.1 Epic Games Store

Epic Games es una compañía estadounidense desarrolladora de videojuegos, mundialmente conocida por juegos tan famosos como “Fortnite”. Cuenta con un programa, Epic Games Store, el cual ofrece al usuario de a pie una amplia gama de aplicaciones, servicios y bibliotecas (la mayoría de forma gratuita) para el entretenimiento y creación de videojuegos propios, como el Unreal Engine, del que se hablará más adelante [22].

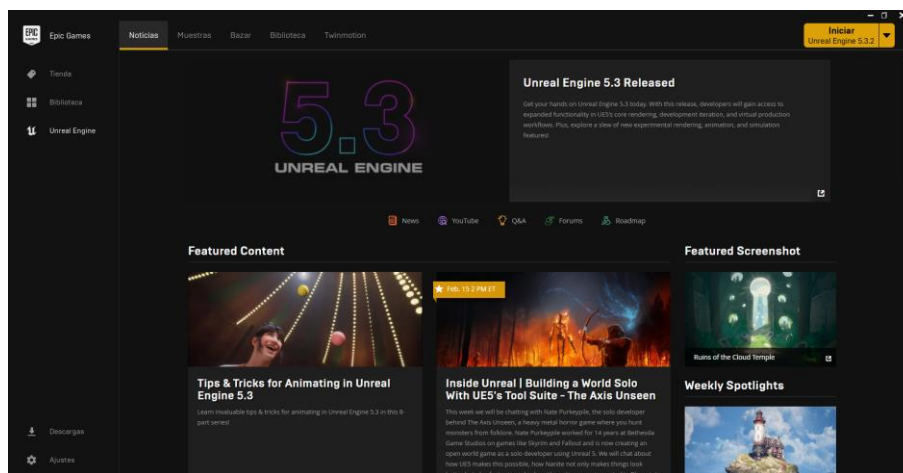


Figura 2-19 Interfaz Epic Games Store

2.6.1.2 Unreal Engine 5

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, Unreal Engine [23] es un software creado por la empresa Epic Games y accesible a través del programa Epic Games Store para la creación de videojuegos.

Se trata de un motor de juego que posee las herramientas necesarias para el desarrollo de videojuegos de alta calidad y visualización de diseño, como pueden ser la creación de diferentes archivos que asemejen las características de los objetos de la vida real en una realidad virtual, el código para la ejecución de órdenes a dichos objetos o la renderización de éstos para que aumenten su realismo.

El software ofrece al usuario diferentes formas para la creación de proyectos según sus necesidades, existiendo escenarios en 2D, en primera persona (*First Person*), en tercera persona (*Third Person*) y en RV.

Para el desarrollo de los videojuegos, el usuario puede escoger para su programación entre el clásico lenguaje de programación multipropósito C++ o el innovador código “Blueprint”, consistente en un lenguaje de programación gráfica con un enfoque basado en bloques y nodos interconectados, más asequible para el usuario con poco manejo y experiencia.

Para el presente trabajo se ha empleado la versión de Unreal Engine 5.3.2, siendo la última actualización lanzada por Epic Games con mejoras en programación y accesibilidad en la interfaz por parte del usuario.

2.6.1.3 Herramientas de Steam

Creada por la plataforma estadounidense de distribución digital de videojuegos “Steam”, la aplicación “Steam Link” permite al usuario transmitir datos sobre juegos de Steam desde su PC (Personal Computer) a otros dispositivos como móviles, tabletas, televisores, visores de RV u otros PC. Funcionamiento de manera inalámbrica, requiere de una red Wi-Fi para su uso, además de especificaciones más técnicas mostradas más adelante. Presenta muy buenas prestaciones y ventajas sobre otros competidores, como es el disfrute de juegos de la plataforma Steam sin la necesidad de poseer videoconsolas específicas para ello [24].

Los requisitos mínimos para su uso con gafas de RV son las siguientes:

- Ordenador con Steam y SteamVR en ejecución.
- Sistema Operativo (SO) compatible: Windows 10 o superior.
- GPU (*Graphics Processing Unit*) o tarjeta gráfica NVIDIA (GTX 970 o superior)
- Router inalámbrico: mínimo canal de 5 GHz.
- Conexión por cable entre el PC y el router.

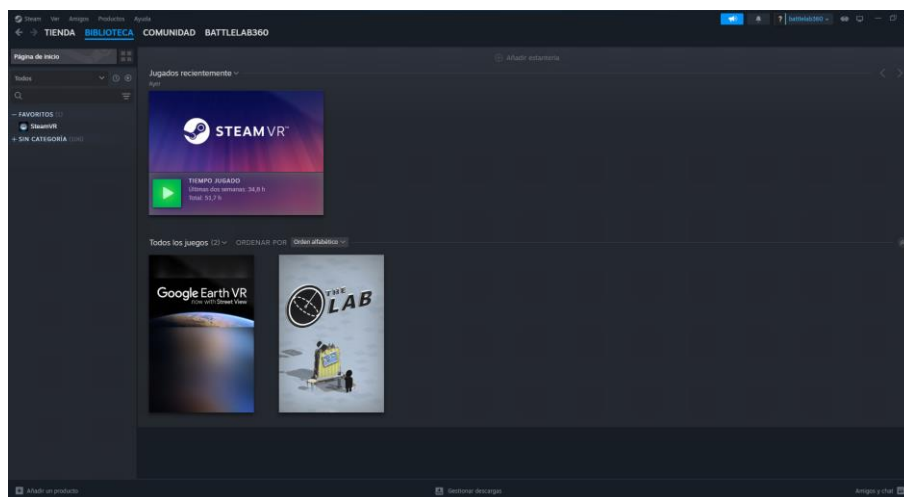


Figura 2-20 Interfaz de Steam con Steam VR

2.6.2 Equipos y materiales

Para el desarrollo del trabajo se ha empleado el equipo y material con las especificaciones y requerimientos necesarios para el diseño, modelado, programación y ejecución de la simulación del rifle de asalto.

La mayor parte del trabajo ha tenido lugar en el Laboratorio de RV, localizado dentro del complejo universitario de los Laboratorios de Investigación del CUD (Centro Universitario de la Defensa), en las instalaciones de la ENM. Dicho laboratorio contaba con el material necesario para el desarrollo del

trabajo, como han sido un PC (*Personal Computer*) potente para el soporte de los diferentes softwares, con sus respectivos dispositivos específicos (monitor, ratón y teclado) Y las gafas de RV Meta Quest 3.



Figura 2-21 Equipos y materiales. Autoría: elaboración propia

2.6.2.1 Meta Quest 3

El dispositivo de RV utilizado en este trabajo es el visor Meta Quest 3, comentado anteriormente. Posee un diseño ergonómico, bajo peso y cómodo a la hora de su manejo, lo que los hace perfecto para su uso en juegos que requieran desplazamiento, como la simulación de armas de fuego. Además, su compatibilidad con Steam Link disminuye la dificultad a la hora de realizar la conexión con el PC. A su vez, posee una gran fiabilidad y seguridad en su uso, adjuntándose un manual de seguridad para su uso adecuado en el Anexo IX: Manual del seguridad de Meta Quest 3

2.6.2.2 Tarjeta gráfica NVIDIA GeForce RTX 2080 SUPER

Debido a la alta demanda de trabajo de los recursos de motor de juego (UE5) y a la implementación de la tecnología de RV, se ha adquirido e instalado una tarjeta gráfica potenciada con tecnología avanzada y un hardware suficiente como para acelerar los efectos de *ray tracing* de vanguardia, como es la denominada NVIDIA GeForce RTX 2080 SUPER. Dicha tarjeta gráfica es muy usada en PC donde se van a instalar juegos tan famosos y con tanta potencia gráfica como “Far Cry 6”, “Call of Duty” o “Fornite”. Cuenta con 8GB GDDR6 (*Graphics Double Data Rate 6*) de capacidad de memoria de video, además de tres puertos *Display* y un puerto HDMI 2.0b (*High Definition Multimedia Interface*) [25].



Figura 2-22 Tarjeta gráfica instalada en el PC del trabajo. Autoría: elaboración propia

3 DESARROLLO

3.1 Descripción del apartado

En el presente apartado se desarrolla el proceso que se ha llevado a cabo para completar el proyecto. Se ha dividido en tres fases bien diferenciadas, mostradas de manera gráfica en la Figura 3-1

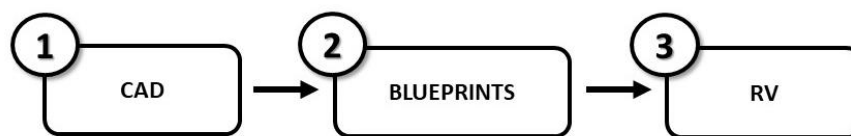


Figura 3-1 Diagrama del proceso general del proyecto

En cada una de las fases se han realizado procesos requeridos en la fase posterior, creándose así una cadena de eventos entrelazados e indispensables. A continuación, se explica de manera breve cada uno de ellos para, posteriormente, desarrollarlos en los apartados posteriores.

1. CAD: diseño del fusil de asalto HK-G36-E mediante un software de diseño con herramientas de ingeniería inversa.
2. Blueprints: programación del comportamiento del arma, codificando sus acciones y funciones mediante un software de programación.
3. RV: interacción del usuario con el entorno virtual para validar el comportamiento del arma y realizar los movimientos propios del combatiente.

3.2 Modelado

La elaboración del presente trabajo comenzó con el diseño y recreación a medida del fusil de asalto HK-G36-E. La experiencia en el uso del software de diseño AutoCAD Inventor y la posibilidad de diseñar el arma desde cero en lugar de escoger un formato ya diseñado de una fuente pública, fueron factores claves que propiciaron la decisión de llevar a cabo esta tarea, a la vez de poder proporcionar pequeñas remodelaciones en el diseño de manera personal que hicieran que el arma se visualizase de manera más realista en el software de programación Unreal Engine y posteriormente con su uso en la RV.

En el presente apartado se explica todo el proceso de diseño del fusil de asalto, comenzando desde lo más básico como la toma de medidas, pasando por el diseño de cada una de sus partes necesarias para el trabajo, la unión de cada una de ellas formando el conjunto del arma, la renderización para obtener una apariencia realista y la elaboración de los diferentes planos.

3.2.1 Toma de medidas

La primera dificultad al comenzar el diseño fue plasmar de manera milimétrica las medidas del fusil de asalto sin la posesión de los diferentes planos. Para ello se recurrió a la ya explicada ingeniería inversa, en cuyos diferentes tipos se encuentra la toma de medidas manual. Por medio de diferentes herramientas de medida, como fueron el pie de rey, el goniómetro y la regla milimétrica se consiguió recabar toda la información necesaria para la recreación del arma. Se hizo uso del armamento proporcionado por la ENM, en específico del fusil de asalto HK-G36-E, para obtener un diseño idéntico al arma original.



Figura 3-2 Toma de medidas del arma

3.2.2 Diseño

Para el diseño de las diferentes piezas que conforman el HK-G36-E se han tenido en cuenta dos grandes factores: elaborar cada una de las piezas por separado para poder añadirle materiales, colores y demás cualidades características de cada una para posteriormente unirlos por medio del ensamblaje; y, además, elaborar diferentes piezas puesto que cada una de ellas tendrá una función principal más adelante cuando se elabore la programación en el software de Unreal Engine, tales como movimientos, interacción en la RV, entre otros. Es por eso por lo que se han diseñado las siguientes piezas que conforman el arma: cuerpo del arma, conjunto de cierre (parte fija y parte móvil), cargador, seguro, cola del disparador, casquillos, balas y cabezas de los tornillos. A continuación, se muestra cada una de ellas y el proceso que se ha llevado a cabo para su diseño por medio del ya mencionado software Inventor.

3.2.2.1 Cuerpo del arma

Para el presente trabajo el cuerpo del arma va a estar compuesto por el cañón, el guardamanos, el asa para portar el arma, la parte del visor, el pistolete y la culata. Aunque en la realidad no sea así, puesto que la sencillez del fusil HK-G36-E hace que se puedan separar la mayoría de sus piezas, como desmontar la parte del cañón, el guardamanos o la zona del pistolete para sacar todas sus partes internas, para este trabajo se tratará como un conjunto debido a que, con el objetivo de simular el arma en RV, no es necesario destacar todas esas partes que serán más secundarias o pueden quedar en segundo plano.

Para comenzar a diseñar el cuerpo del arma, se eligió el guardamanos como zona más sencilla y más apropiada para su elaboración, debido a su posición centrada de la que se podían destacar los demás elementos. Partiendo del plano XY, se elaboró un boceto con las medidas exactas como si de un corte transversal al arma se tratara para luego continuar con una extrusión para conseguir el primer cuerpo del guardamanos, como se puede observar en la Figura 3-3.

A continuación, se elaboró el hueco en su parte frontal por medio de una extrusión cortante donde irá alojado el cañón. Siguiendo con el cañón, se ha dividido en una serie de partes, comenzando su extrusión desde el hueco mencionado anteriormente y realizando cada una de sus partes con la ayuda de planos auxiliares, llegando así hasta la parte con más dificultad, la bocacha, parte extrema del cañón. La bocacha cuenta con un diseño más complejo, debido a sus cavidades y cortes más arduos. Para ello se ha recurrido al uso de un patrón circular para la elaboración de sus orificios con forma de hoja, al uso de

chaflanes para realizar los diferentes ángulos y al vaciado para retirar el material central y “simular” que está hueco, no siendo necesario vaciar todo el cañón.

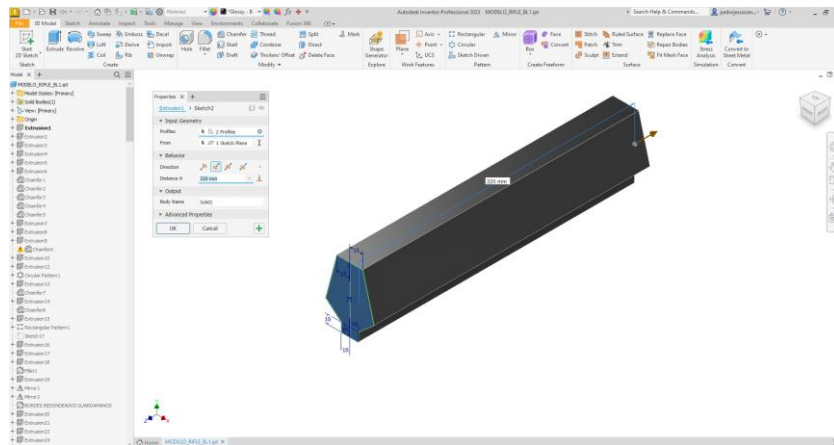


Figura 3-3 Extrusión del guardamanos

Una vez elaborados el cañón y el guardamanos con todos sus detalles por medio de extrusiones, vaciados, patrones rectangulares, chaflanes y redondeo de bordes, se ha continuado con la parte más central del arma, donde se encontrarían alojados todos los mecanismos internos. Para ello, se realizó una extrusión de un bloque con las medidas exactas para luego ir retocándolo y dándole forma.

Seguidamente y antes de realizar cualquier detalle en más profundidad, se comenzó la elaboración del asa de transporte y la parte que alojaría al visor del arma. Dado que el arma es muy similar en ambas caras laterales, se hizo uso de la herramienta espejo para la elaboración conjunta de detalles como el alojamiento de tornillos.

Siguiendo con la parte inferior del arma, más específicamente con la zona del pistolete, se hizo uso del plano YZ, el cual corta a la pieza en sentido longitudinal, para elaborar el mango en sí y la zona de protección de la cola del disparador por medio de una extrusión simétrica a dicho plano.

Por medio de extrusiones cortantes y vaciados se consiguió elaborar todos los huecos que posee el arma en la zona de la culata, observando su proceso en la Figura 3-4.

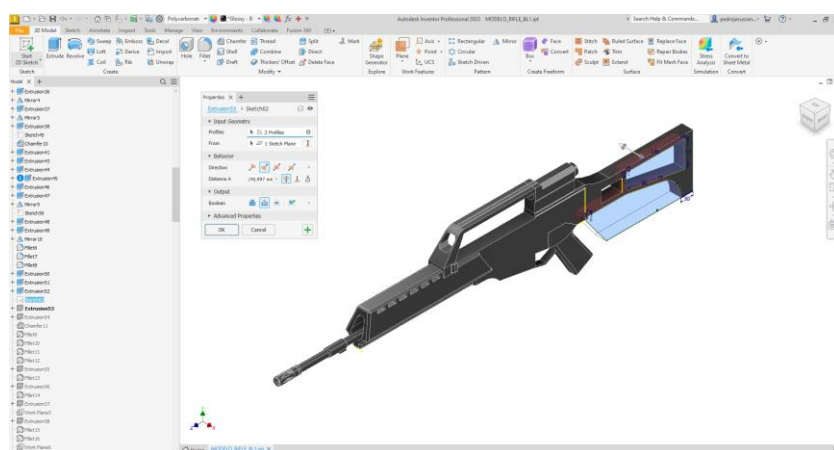


Figura 3-4 Extrusión de la culata

Una de las partes más complejas de esta zona fue la elaboración del botón que permite que la culata se pliegue hacia el lateral, poseyendo un estriado en una dirección y posición dificultosa. Para ello, se usaron una serie de planos auxiliares y un boceto en zigzag que, con la posterior extrusión cortante, obtendría el estriado deseado.

Además de la parte comentada anteriormente, otra zona de elaboración compleja fue el grabado de la marca y los diferentes números de serie. Para los números y letras se utilizó la herramienta de repujado, que permite la escritura de cualquier carácter, pudiendo modificar el estilo, tamaño y color de éstos para su posterior grabado en la pieza principal. Sin embargo, para la elaboración del logo de la marca HK debido a que no existía ningún estilo de letra similar, se optó por el diseño propio, siendo éste de igual posición, forma y dimensiones que el del arma original, obteniendo las medidas con el pie de rey.

Se hicieron los pertinentes huecos para el ensamblaje posterior de las diferentes piezas anexas, como son el cargador, el conjunto de cierre, la cola del disparador y el seguro. Para este último, debido a su complicada posición a la hora de elaborar el orificio pasante para su posterior unión y la colocación de las letras R (ráfaga), T (tiro a tiro) y S (seguro) en el lugar adecuado, hubo que elaborar un boceto puntual, que se eliminaría una vez realizadas estas dos tareas.

Finalmente, se aplicaron bordes redondeados a todas las aristas vivas que existían para dar un aspecto más realista a la hora de visualizarlo en RV, además de aplicar toques personales y muy específicos como fue la inscripción de un número de identificación particular en la parte inferior de la culata, para conseguir un aspecto aún más parecido con la realidad.

A su vez se le aplicaron diferentes colores a partes específicas como fueron el cuerpo en su totalidad, el cañón y la anilla de enganche de la correa para portar el arma. Estas características se detallarán en el apartado de renderizado.

3.2.2.2 Conjunto de cierre (parte fija y parte móvil)

Para la elaboración de la parte fija del conjunto de cierre se ha optado por una elaboración sencilla, aplicándose más detalles a la parte superior, pues será la parte más visible una vez realizado el ensamblaje. Para su elaboración se ha comenzado con la extrusión simétrica respecto al plano YZ como cuerpo principal para luego realizar una serie de extrusiones hasta conseguir elaborar la pestaña dónde irá alojado la parte móvil, con la preparación de un orificio para éste, como se puede observar en la Figura 3-5.

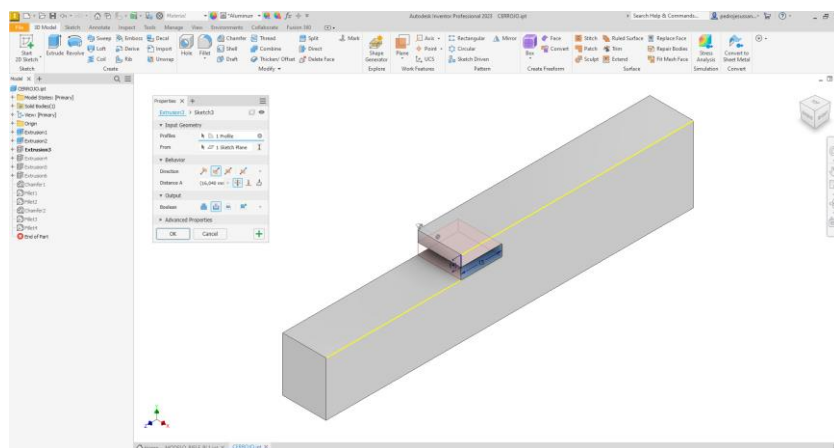


Figura 3-5 Extrusión de la pestaña del conjunto de cierre

Por medio de una serie de chaflanes y bordes redondeados se han realizados los detalles más exactos hasta conseguir la pieza final.

La elaboración de la parte móvil fue algo más compleja que la de la parte fija, comentada anteriormente, puesto que poseía más medidas y más recortes para su elaboración. Por medio de extrusiones y extrusiones cortantes se consiguió realizar cada una de las caras de la pieza, consiguiendo finalmente un gran número de ellas, incluso tratándose de una pieza de tamaño reducido.

Se realizó además el macho del eje que irá encastrado en el orificio de la parte fija, además de los diferentes bordes redondeados para dar realismo a la pieza.

3.2.2.3 Cargador

Para el diseño del cargador se ha partido de un boceto con la cara lateral del cargador en el plano YZ y se ha extruido de manera simétrica, obteniendo una pieza sólida. A continuación, se realizaron todas las hendiduras, huecos y suplementos de material, como el fondo del cargador o los topes laterales, mediante la herramienta de extrusión y espejo. En la Figura 3-6 se puede observar el proceso de extrusión de los huecos y hendiduras laterales.

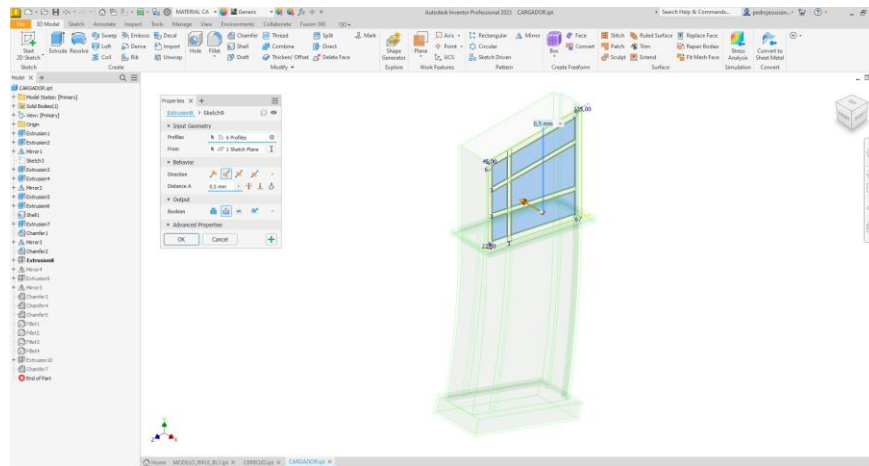


Figura 3-6 Extrusión huecos del cargador

La tarea más compleja ha sido el vaciado del cargador para la inserción de las balas debido a la curvatura propia de la pieza. Para ello se ha utilizado la herramienta de vaciado para eliminar el material sobrante y crear la cavidad pertinente, teniendo en cuenta las medidas y volúmenes de los disparos. Se finalizó la pieza con el uso de chaflanes y bordes redondeados para mejorar la apariencia física.

3.2.2.4 Cola del disparador

Para la parte del sistema de disparo, únicamente se ha elaborado la pieza denominada como cola del disparador o comúnmente llamada “gatillo”, puesto que es la principal pieza que sobresale del cuerpo y la que se utilizará en la programación. Se ha partido del plano YZ realizando una extrusión simétrica con la forma básica de la pieza, como se observa en la Figura 3-7. Seguidamente se han extruido dos ejes con los cuales se acoplará al cuerpo del arma anteriormente visto. Por último, se han utilizado los bordes redondeados para mejorar la apariencia de la pieza.

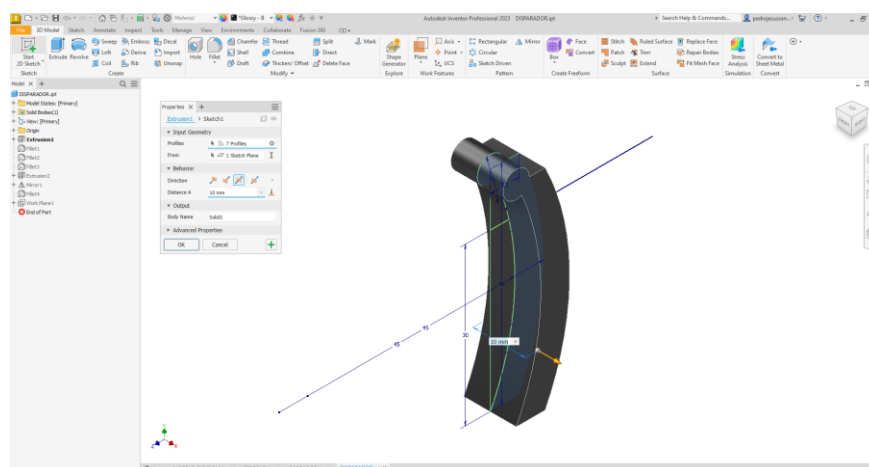


Figura 3-7 Extrusión de la cola del disparador

3.2.2.5 Seguro

Al igual que con la cola del disparador, con respecto al sistema de seguro del arma únicamente se ha elaborado la pieza externa, la cual tendrá ciertas funciones en la programación. Debido a que el pestillo del seguro se encuentra en ambos lados del arma, se ha utilizado la herramienta de espejo para replicar a la distancia exacta ambas piezas. Se ha comenzado desde el plano YZ y, con la ayuda de un plano auxiliar separado la mitad de la distancia entre ambas piezas se ha desarrollado una primera extrusión con la forma básica de la pieza, como se puede observar en la Figura 3-8.

Finalmente, mediante el uso de bordes redondeados, se le ha proporcionado la forma final del seguro. A su vez, se le ha añadido una hendidura para usarse como marca selectora.

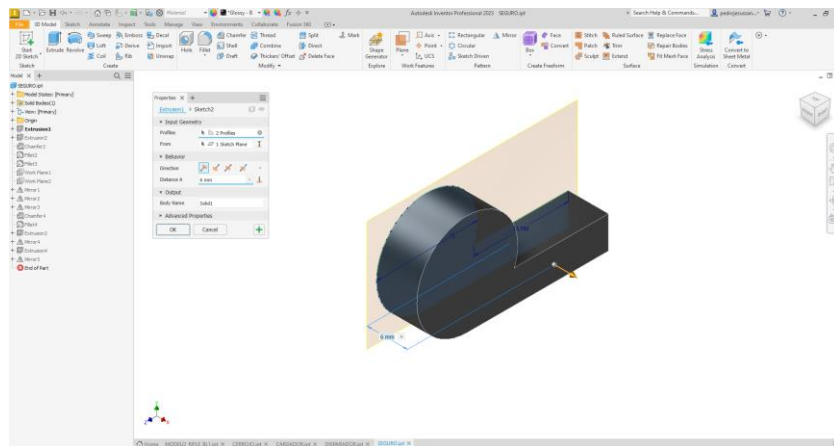


Figura 3-8 Extrusión del seguro

3.2.2.6 Cartucho (casquillo y bala)

La elaboración del casquillo ha sido sencilla en cuanto a diseño se refiere, la verdadera tarea importante ha sido el obtener todas las medidas con el uso del pie de rey a partir de un casquillo real del calibre 5,56 mm. Para su diseño se ha recurrido a la herramienta de revolución, creándose primeramente un boceto de la mitad de un corte longitudinal del casquillo, proyectándolo sobre el plano XZ, observándose el proceso en la Figura 3-9.

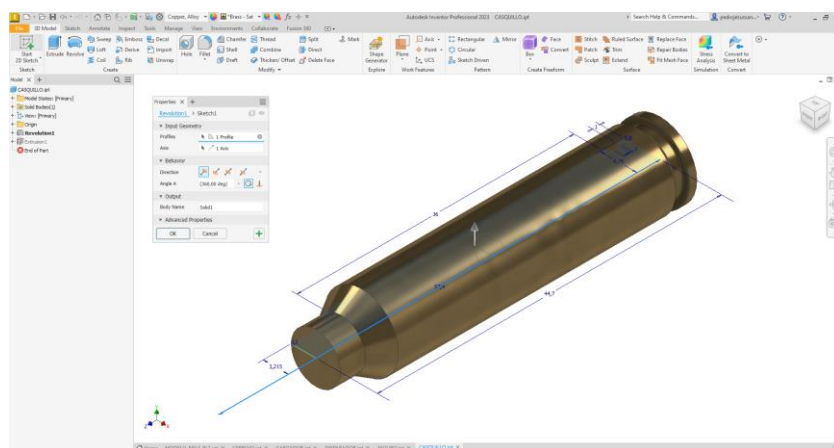


Figura 3-9 Revolución del casquillo

Se han realizado todos los detalles posibles, como fue la extrusión de la cápsula iniciadora de la zona del culote (parte posterior del casquillo)

Para la para de la bala en sí, se han realizado dos modelos diferentes. El primero y más simple, que consta de una sola pieza la cual no representa la bala en la vida real, puesto que se va a utilizar para formar el ensamblaje de ésta con el casquillo y unirla a la boca de éste.

Y la segunda es idéntica a la realidad, que consta del proyectil en sí que va a ser disparado. Este modelo se ha elaborado para luego ser utilizado en la programación con el fin de que la simulación fuera aún más realista.

Ambas han utilizado las herramientas de revolución y chaflanes para dar realismo.

Además del uso de las diferentes herramientas de medición pertinentes, se ha creado la pieza basándose en las medidas originales de fabricación del cartucho del calibre 5,56 mm.

3.2.2.7 Cabeza del tornillo

Con el objetivo de definir hasta el más mínimo detalle del fusil de asalto HK-G36-E, se han elaborado las diferentes cabezas de los tornillos que posee el arma, localizándose en las zonas que une el asa de transporte con el cuerpo del arma. Para ello se ha extruido un cilindro con el diámetro estandarizado de la cabeza ranurada cruciforme, dejando sin extruir dicha estrella para formar el hueco. Luego, mediante la herramienta de borde redondeado, se le ha realizado la curva para convertirlo en una cabeza redondeada, como se observa en la Figura 3-10.

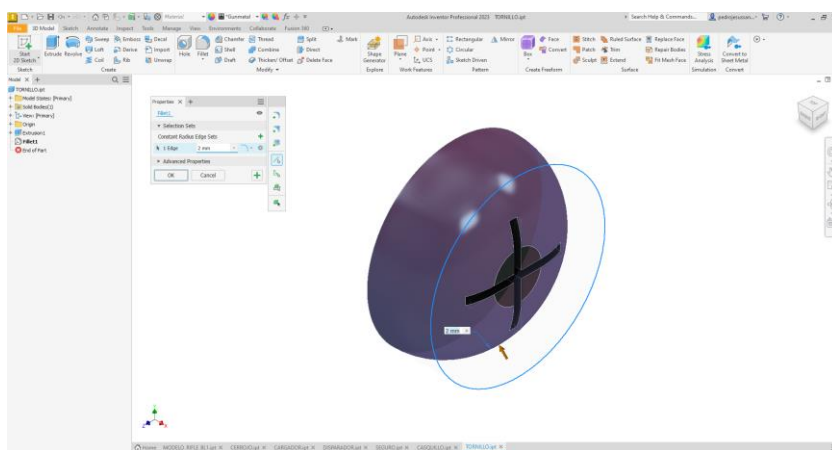


Figura 3-10 Bordes redondeados de la cabeza del tornillo

3.2.3 Ensamblaje

El software de diseño Inventor proporciona una herramienta esencial para la creación de conjuntos en los que intervienen un gran número de piezas, consiguiendo uniones, constricciones o movimientos entre ellas. Los ensamblajes del presente trabajo se pueden dividir en tres grupos: ensamblajes entre piezas auxiliares, ensamblaje de los cartuchos en el cargador y ensamblaje de las diferentes piezas unidas al cuerpo del arma. Para cada uno de los grupos se han utilizado diferentes formas de unión y/o contricción proporcionadas por el programa para conseguir su colocación en la posición correcta y deseada.

3.2.3.1 Ensamblaje de piezas auxiliares

Se han considerado como ensamblajes auxiliares cualquier tipo de unión o contricción entre piezas cuyo conjunto final irá ligado al cuerpo o cargador como un único elemento, siendo éstos el cartucho y el conjunto de cierre. Ambos están compuestos por varios elementos o piezas comentados anteriormente en los subapartados 3.2.2.2, para el conjunto de cierre (parte fija y parte móvil), y 3.2.2.6, para el cartucho (casquillo y bala).

Para el cartucho se han utilizado dos herramientas de contricción para unir la bala simple con el cartucho. Primeramente, se ha utilizado la herramienta de contricción de dos elementos para unir las caras pertinentes de la bala y el casquillo, para luego utilizar la herramienta de contricción alineada para posicionar ambas con un mismo eje longitudinal, quedando unidas ambas piezas en su posición real.



Figura 3-11 Ensamblaje del cartucho

Para el conjunto de cierre se han utilizado las mismas herramientas que para el anterior proceso. La constricción de dos elementos para unir la cara inferior de la parte móvil con la superior de la parte fija para posteriormente alinear ambos ejes del macho y el orificio con la herramienta de constricción alineada.

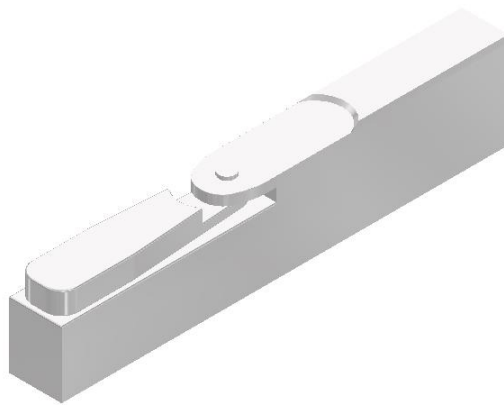


Figura 3-12 Ensamblaje del conjunto de cierre

3.2.3.2 Ensamblaje cartuchos – cargador

El ensamblaje de los treinta cartuchos que conforma un cargador del fusil de asalto HK-G36-E fue uno de los retos de la sección de ensamblaje, puesto que la curvatura desigual del cargador hacía que el ensamblaje de los cartuchos siguiendo dicha geometría fuera un aspecto para estudiar con detenimiento. Para conseguirlo, primeramente, se unieron cada uno de los cartuchos con su pareja en la posición lateral oblicua, creándose así dos filas de quince cartuchos cada una y formando una especie de zigzag.

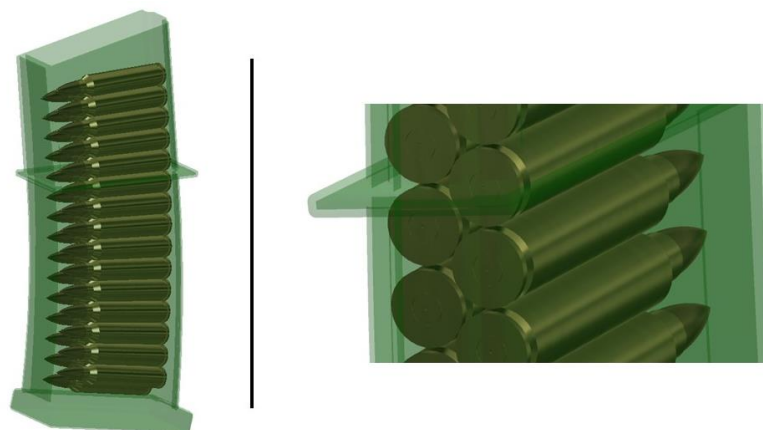


Figura 3-13 Ensamblaje y detalles del cargador

Para ello se utilizó la constricción de tangencia, debido a la forma cilíndrica de los cartuchos, para unirlos entre ellos, y la constricción de dos elementos nivelados para posicionar en un mismo plano todos los culotes de los cartuchos.

Una vez conformado el bloque de cartuchos, se prosiguió a introducirlos dentro del cargador. Para su colocación siguiendo la curvatura comentada anteriormente, se utilizó la constricción de dos elementos para unir el primer y el último cartucho (comenzando la numeración desde arriba) con la parte curva interna del cargador.

3.2.3.3 Ensamblaje del cuerpo del arma

En el ensamblaje del cuerpo del arma y, en definitiva, en el ensamblaje total de todas las piezas, se han acoplado las diferentes piezas y ensamblajes, siendo éstos el ensamblaje del cargador, el ensamblaje del conjunto de cierre, la cola del disparador, el seguro y las cabezas de los tornillos.

Tanto para la colocación de la cola del disparador, el seguro y los tornillos se han utilizado las herramientas de constricción de dos elementos para unir las caras pertinentes al cuerpo del arma, y la herramienta de constricción alineada para posicionarlos en el mismo eje que los orificios realizados con anterioridad en el cuerpo del arma.

Para el acople del conjunto de cierre y del cargador se han utilizado tres constricciones de dos elementos. Dado que ambas piezas van insertadas en un hueco con forma de paralelepípedo, dos constricciones han sido dispuestas en dos de sus caras colindantes para posicionar la pieza en su hueco, y la tercera para alinear o enrasar los bordes pertinentes de cada pieza con el cuerpo del arma. En el caso del conjunto de cierre alinear su superficie superior con el plano horizontal del cuerpo del arma y en el caso del cargador, enrasar el tope del cargador con la parte inferior del pozo del cargador

3.2.4 Proceso de renderizado

Con el objetivo de visualizar como quedaría el diseño realizado del fusil de asalto HK-G36-E similar a la vida real y generar unas imágenes fotorrealistas, se ha utilizado el apartado de renderizado que proporciona el mismo software de diseño Inventor. Para ello, el programa cuenta con una pestaña de renderización, dónde se despliegan diferentes parámetros a controlar, como son los tipos de luces, su localización, la escena dónde se encuentra el objeto, sombras, exposición del objeto, colocación de diferentes luces locales para resaltar partes del elemento, entre otros.

Una vez se han definido los parámetros anteriores según las necesidades de cada usuario, el programa captura una imagen de lo que se está visualizando en pantalla.

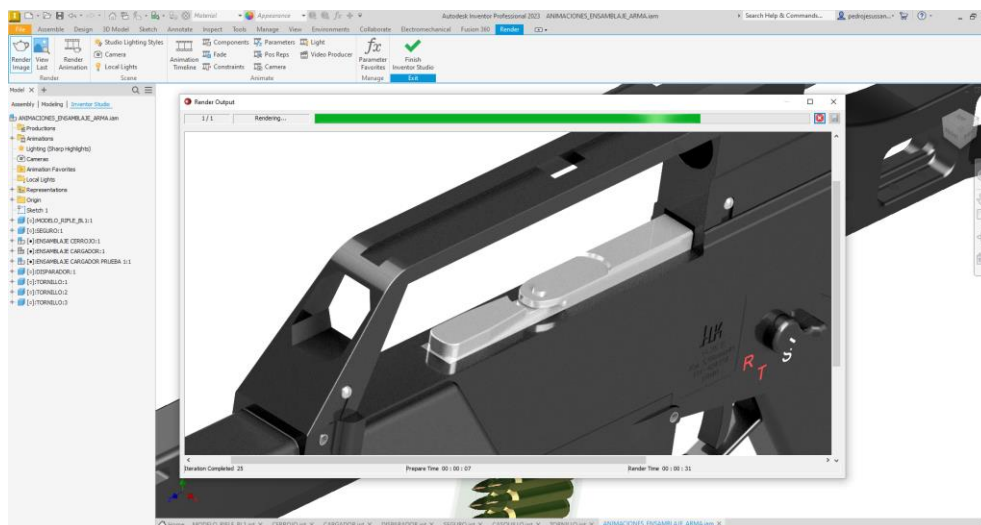


Figura 3-14 Interfaz del renderizado en Inventor

Para aumentar el realismo del modelo del arma, en el presente trabajo se han utilizado diferentes materiales y apariencias (colores). En el caso del cañón, se ha utilizado un color negro metálico (*Gunmetal*) con el cuál se conseguía que reflejara la luz y proporcionara un acabado sofisticado.

Para el cuerpo del arma, seguro y cola del disparador se ha utilizado un color negro mate (*Glossy – Black*) que se asemejaba bastante a un acabado polimérico como el que posee el arma en la vida real.

En cuanto al conjunto de cierre se ha optado por un acabado metálico de color más grisáceo, escogiendo el aluminio como mejor opción (*Aluminum – Dark*), otorgando así a la pieza unos toques y acabados metálicos ideales.

Debido a que tanto los casquillos como las balas poseen unos colores muy específicos, se han escogido el latón (*Brass – Satin 1*) para los casquillos y el color bronce (*Bronze – Polished*) para las balas, poseyendo ambos elementos un acabado reluciente y realista.

Por último, para el cargador se ha creado un material nuevo con características específicas para dicha pieza, puesto que debía poseer un color verdoso y translúcido. El mismo programa de Inventor permite confeccionar materiales a gusto del usuario, obteniéndose así un color perfecto para la pieza.

3.3 Informática gráfica

En el presente trabajo y dentro de la parte de informática gráfica, se ha utilizado el ya mencionado software de programación Unreal Engine para simular los movimientos y animaciones del modelo del fusil de asalto HK-G36-E explicado en el apartado anterior. Para la explicación del proceso de programación gráfica, se ha dividido el presente apartado en diferentes subapartados organizados cronológicamente como son: la importación de archivos CAD desde el software de diseño Inventor hasta la plataforma de Unreal Engine; la elaboración de diferentes archivos para cada una de las piezas dentro del software de diseño; la incorporación de materiales, texturas, aspectos y colores a las diferentes piezas; y por último el uso del sistema de programación visual denominado “Blueprint” para la animación, movimientos, interacciones con los objetos y simulación en RV.

3.3.1 Importación de archivos

El primer desafío a la hora de realizar la parte de informática gráfica era cómo importar los archivos CAD realizados con el software de diseño Inventor al software de programación Unreal Engine con el objetivo de trabajar con ellos.

El software de diseño Inventor permite la exportación de las piezas realizadas a un formato de archivo denominado “GLB”, de sus siglas en inglés “Graphics Library Binary”, el cual permite la transmisión y carga de modelos 3D para el ámbito de la informática gráfica y los cuáles eran compatibles con la plataforma de Unreal Engine. Sin embargo, la importación de estos tipos de formato de archivos provocaba pérdidas de datos en el software de programación, como eran colores, mala importación de materiales, incorrecta posición de las piezas dentro del conjunto del arma, entre otras.

Debido a la incorrecta importación de estos archivos, se decidió utilizar la herramienta propia del programa de Unreal Engine, denominada “Datasmith”.

Datasmith se trata de una herramienta y conjunto de funciones que facilitan al usuario la importación y optimización de archivos 3D provenientes de aplicaciones de diseño, como Autodesk Inventor, para su uso en Unreal Engine. Como breves características, la herramienta de Datasmith ofrece las siguientes funciones:

- Importación precisa y adecuada de datos: permite importar archivos 3D desde plataformas CAD, manteniendo materiales, luces y colores y preservando la precisión de las piezas.
- Optimización asistida y automática: realiza pequeñas modificaciones en los modelos para mejorar su uso en la plataforma de Unreal Engine, como la importación de secciones curvas, manteniendo dicha curvatura y no convirtiéndolas en polígonos circulares.

- Jerarquía de elementos: mantiene la estructura jerárquica de las piezas, permitiendo así la importación de ensamblajes y obtención de cada uno de sus elementos en la posición correcta.
- Flexibilidad ante posibles cambios: permite una actualización constante de los elementos importados a lo largo del proceso de programación, admitiendo cambios o modificaciones realizados por el usuario a las diferentes piezas u objetos.

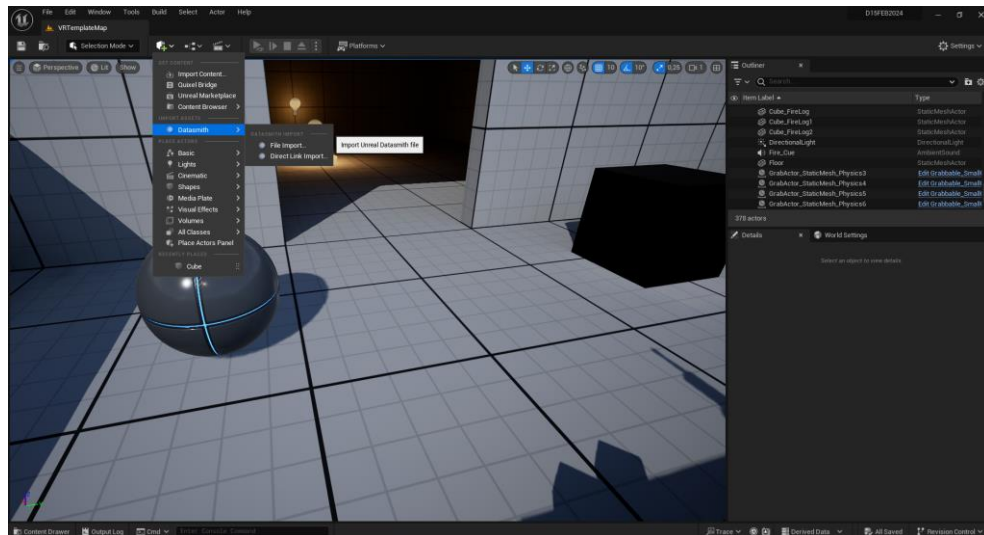


Figura 3-15 Interfaz con la opción de Datasmith

Para posibilitar el uso de la herramienta de Datasmith, primeramente, se hubo que habilitar los *plugins* pertinentes dentro de la plataforma de Unreal Engine, apareciendo una pestaña que permitía el proceso de importación.

En definitiva, se ha conseguido ahorrar tiempo y trabajo con el uso de Datasmith, llegando a ser una herramienta fundamental para la importación de archivos en el presente trabajo.

3.3.2 Elaboración de archivos

Una vez realizada la importación del archivo CAD del arma por medio de la herramienta de Datasmith, dentro de la plataforma de Unreal Engine se crea un archivo para cada uno de los elementos o piezas importados. Dichos archivos se denominan *Static Mesh* y en los cuáles se puede visualizar el objeto importado y realizar modificaciones en sus materiales y aspecto.

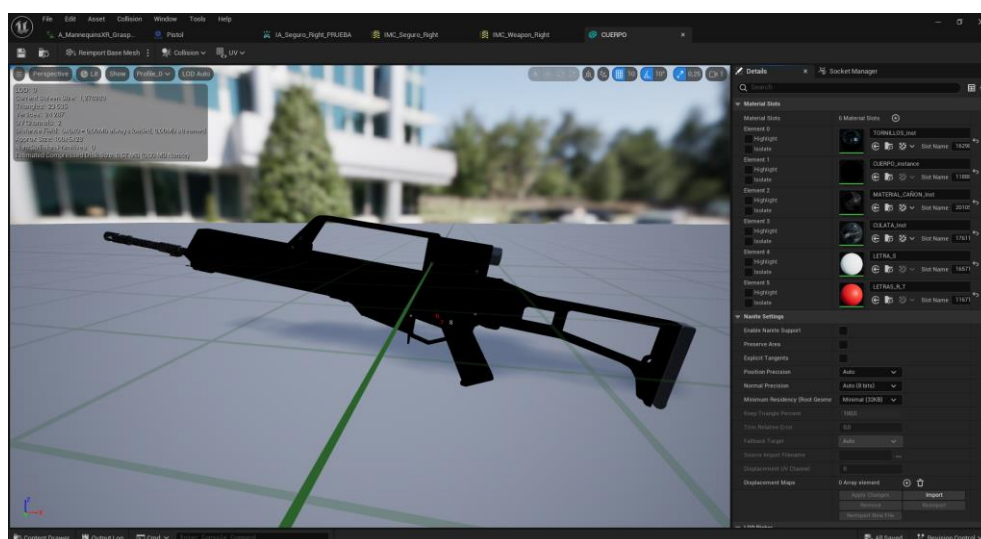


Figura 3-16 Interfaz del archivo Static Mesh

Para que dicho *Static Mesh* pueda poseer una estructura interna con el fin de interactuar con el mundo y proporcionarle movimientos, se debe crear otro archivo denominado *Skeletal Mesh*, dónde se pueden definir, modificar o eliminar los denominados “huesos” (*bones*) y “juntas” (*joints*). Una vez definidos, se recogen en un nuevo archivo denominado *Skeleton*, al cual se le pueden acoplar unos puntos de interacción con el personaje o entre objetos, denominados *sockets*.

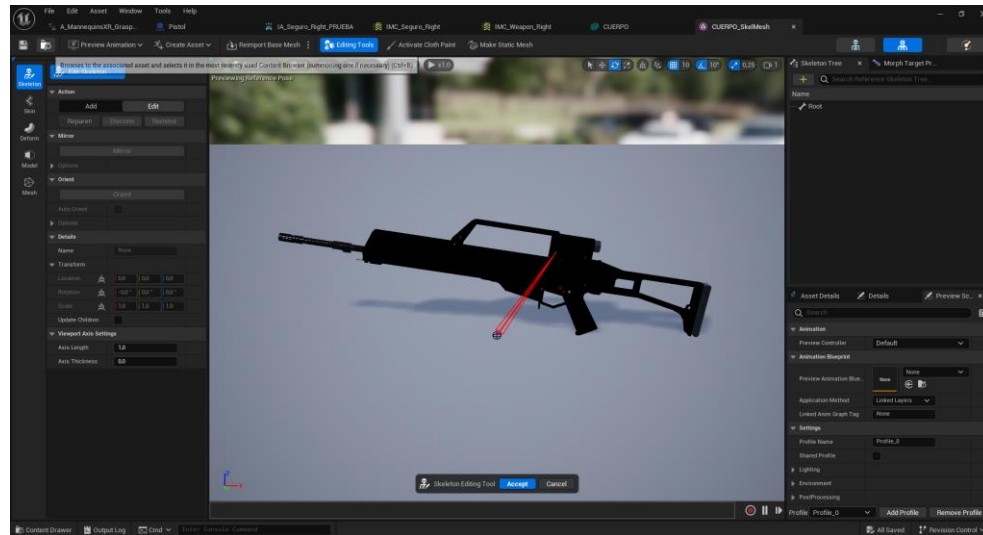


Figura 3-17 Interfaz del archivo Skeletal Mesh

Finalmente, para que el objeto obtenga las características físicas del mundo, como son gravedad o colisiones con otros objetos, se crea un nuevo tipo de archivo denominado *Physics Asset*, dónde se le pueden incorporar al objeto una serie de cuerpos (*Body root*) para que éste pueda asemejarse al mundo real a la hora de colisionar con objetos, caer al suelo o interactuar con los personajes, entre otros.

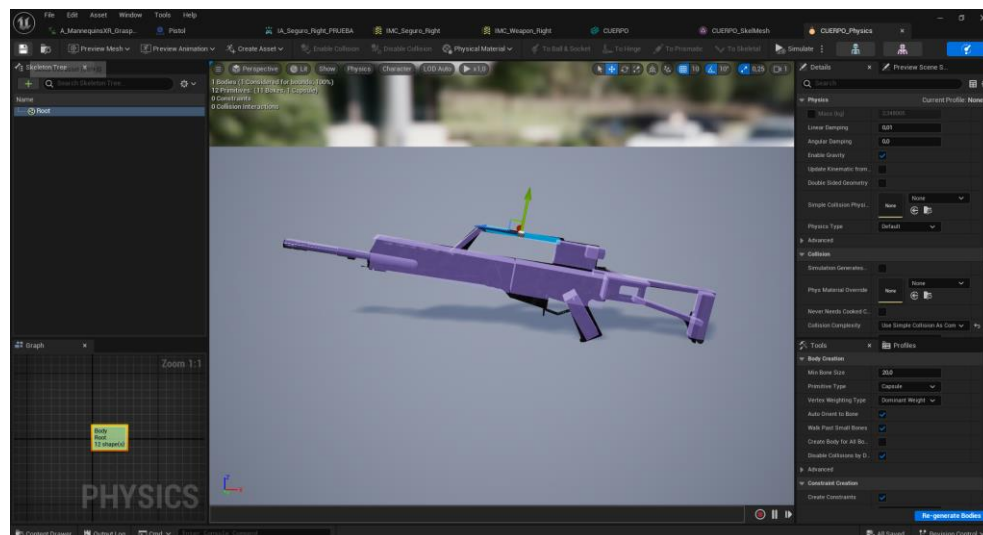


Figura 3-18 Intefaz del archivo Physics Assets

3.3.3 Materiales

Los materiales implementados en el diseño del arma en el software de Inventor eran ideales para su visualización fotorrealista en el proceso de renderización, aportando vistosidad y realismo al arma. Sin embargo, a la hora de recrear el arma y simularla en RV, se observó como el aspecto de los materiales usados vistos a través de las gafas de RV no se asimilaba en su totalidad a la vida real, por lo que se decidió implementar ciertos cambios que proporcionasen un mejor aspecto y calidad de imagen.

Para ello, el software de Unreal Engine ofrece la creación de nuevos materiales según los gustos del usuario por medio de la herramienta Blueprint, de la cual se comentará con más profundidad en los apartados siguientes.

El propio software de Unreal Engine ofrece una biblioteca completamente gratuita de materiales y objetos 3D de alta calidad, proporcionados por la aplicación de Quixel Bridge. Sin embargo, dicha biblioteca es limitada y no poseía los materiales y texturas buscados para las diferentes piezas del arma, por lo que se recurrió a la ayuda de las plataformas gratuitas de Internet.

Tras una búsqueda exhaustiva, se presentaron varias páginas web como posibles candidatas, decantándose la balanza por la página web denominada “AmbientCG”, que proporcionaba más de dos mil tipos de materiales diferentes totalmente gratuitos, desde metales hasta materiales poliméricos. La descarga de cualquier material ofrecía un paquete de cuatro archivos (o cinco en caso de materiales metálicos), siendo los siguientes: color base (*Base color*), rugosidad (*Roughness*), normal (*Normal*), disposición (*Ambient occlusion*) y, en caso de materiales metálicos, metalizado (*Metallic*).

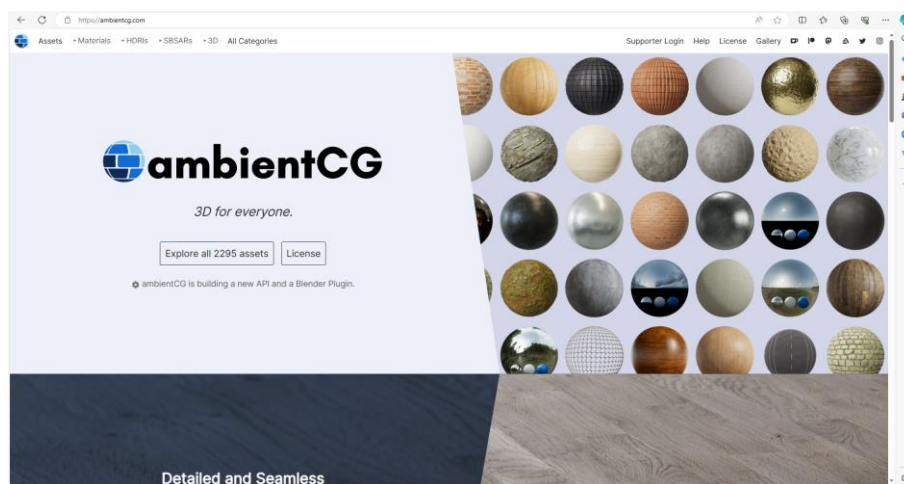


Figura 3-19 Portada principal de AmbientCG

Cada uno de esos archivos se importó a un Blueprint correspondiente a cada material mediante un comando de *Texture Sample* y ligando cada uno de ellos a un nodo resultado con todas las características de los materiales. A su vez, se colocó un comando de *Texture Coordinate* que junto con uno de *Scalar Parameter* podía modificarse la escala de las texturas del material respecto al tamaño del objeto que poseyera el mismo. Como detalle, debido a que el material del cargador es translúcido, se incorporó un comando de *Opacity* para dar un valor de opacidad al material.

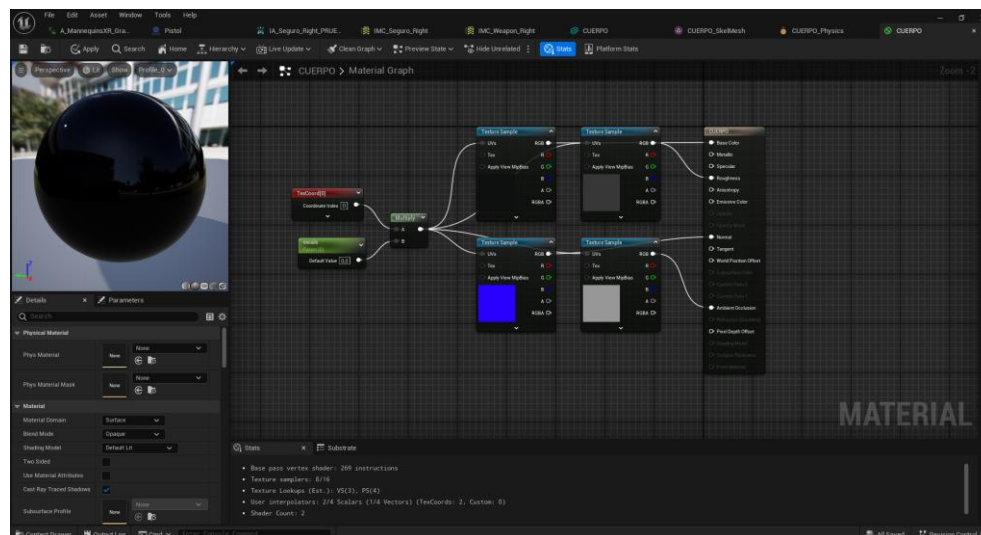


Figura 3-20 Interfaz de la creación de materiales

3.3.4 Blueprint

Como se ha mencionado anteriormente en el presente trabajo se ha utilizado la herramienta de programación gráfica Blueprint (BP), consistente en diagramas visuales que representan la lógica y el flujo de la programación que se está realizando. Con dicho tipo de programación, el usuario puede definir el comportamiento de objetos, personajes y sistemas del programa, la interacción entre ellos y las reglas y límites existentes.

Para la creación de dichos Blueprint, el programa de Unreal Engine ofrece al usuario una serie de tipos ya creados, como son el tipo *Actor*, *Pawn* o *Player Controller*, entre otros. En función de lo requerido por el usuario se podrá escoger el tipo de BP necesario para la simulación a desarrollar. Para el presente trabajo se han escogido los siguientes BP:

- *Actor*: es un objeto que puede ser situado en el mundo virtual.
- *Pawn*: es un tipo de Actor que puede ser controlado por un jugador, con componentes para controlar su comportamiento, movimientos e interacción con el mundo virtual.
- *Actor Component*: es una parte de un Actor que agrupa una funcionalidad específica, por ejemplo, un componente de colisión o un componente de movimiento.

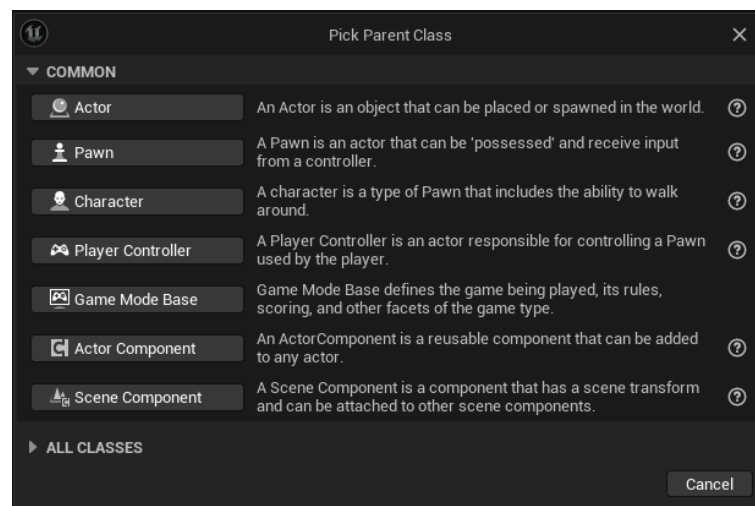


Figura 3-21 Tipos de Blueprint

Una vez se escoge el tipo de BP necesario, se abre una interfaz para trabajar con el BP. En él se encuentran una serie de opciones y pestañas. En la parte izquierda, se encuentra la columna de control, dónde se encuentran las siguientes herramientas:

- *Components*: son cada uno de los elementos que intervienen en el BP. Existen numerosos tipos para integrar, como *Static Mesh*, *Grab Component* (elemento de agarre) o *Box Collision* (caja de colisión con objetos), entre otros.
- *Graphs*: son los tipos de interfaces visuales donde se recogen el conjunto de comandos utilizados para la programación del juego. En este apartado es dónde se va a desarrollar el grueso de la programación.
- *Functions*: son bloques de código que realizan una tarea específica con entradas (*Inputs*) y salidas (*Outputs*).
- *Macros*: son similares a las *Functions*, pero no permiten la entrada y salida de valores.
- *Variables*: son elementos que pueden contener diferentes tipos de información (booleana, números, objetos, entre otros).
- *Event Dispatchers*: son un medio de comunicación entre BP, que permite que un BP emita un evento y otros respondan a ese evento.

En la parte derecha, se abre una pestaña de detalles, dónde se puede introducir, modificar o eliminar diferentes valores e información del objeto seleccionado, desde su escala, posición, rotación, habilitar las características físicas, ajustar su movilidad o habilitar las colisiones, entre muchos otros.

En la parte superior, principalmente se encuentran las herramientas de guardado, compilar, iniciar simulación y apertura de las diferentes pestañas de trabajo abiertas.

Por último, en la parte central de la interfaz se visualiza la pestaña de trabajo abierta en ese momento. Se diferencian dos principalmente: la pestaña de *Viewport*, dónde se plasman los componentes en un entorno espacial dónde pueden ser manejados por el usuario para cambiar sus vistas y escala; y la pestaña de *Graph*, dónde se muestra una cuadrícula en la cual se implementarán los diferentes comandos de acción.

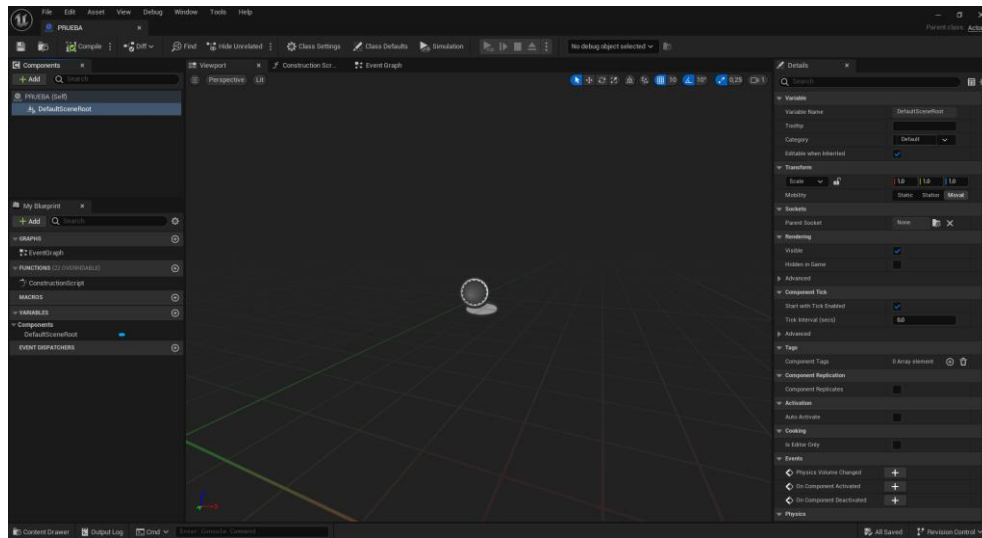


Figura 3-22 Interfaz principal de un Blueprint

3.3.4.1 Método seguido para la programación

Como ya se ha comentado anteriormente, la herramienta de Blueprint ofrece al usuario un método sencillo y visual para realizar la programación de cualquier código, sin embargo, la complejidad de la creación del código viene dada por la elección del comando necesario dentro de la abundante librería de Unreal Engine y la secuencia lógica de eventos para cualquier proceso. Para abordar dicha contrariedad, el método a seguir ha sido la utilización de diagramas de flujos elaborados a mano antes de volcar las ideas en el software de programación. Dicho esto, se han aportado algunos de esos diagramas para explicar con mayor detalle y precisión los códigos más complejos de toda la programación.

A continuación, se explican cada uno de los comandos y funciones implementados en el juego de simulación, agrupándolas en varias secciones, como son el cargador, la función de disparo, la recarga del arma, la construcción del visor, el seguro, la implementación de sonidos y efectos visuales, la colocación de las manos y la secuencia total del disparo.

3.3.4.2 Cargador

Para la implementación del cargador, se han desarrollado dos funciones u objetivos específicos, como son la introducción y extracción del cargador en el arma y la desaparición de cada uno de los cartuchos a la hora de efectuar un disparo. Además de las dos funciones principales mencionadas, la programación del cargador interviene a su vez en las diferentes comprobaciones y condicionantes para efectuar el disparo, mostrados en el posterior subapartado 3.3.4.9. En los siguientes apartados se explica detalladamente cada uno de los comandos utilizados y las funciones que posee cada uno, adjuntando gráficos explicativos para su mejor comprensión.

3.3.4.2.1 Introducir y extraer cargador

Para explicar primero el funcionamiento que ha seguido el código de introducir y extraer el cargador, se ha plasmado su proceso simplificado en la siguiente Figura 3-23, explicando cada uno de sus puntos a continuación.

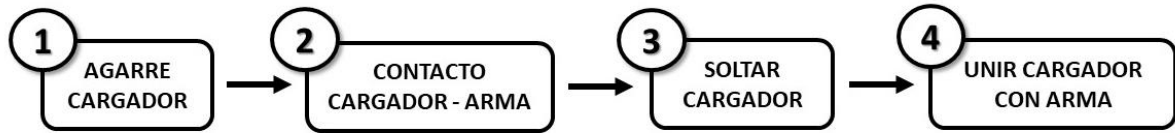


Figura 3-23 Diagrama de “Introducir y extraer el cargador”

1. Agarre cargador: consiste en el agarre del cargado con la mano del usuario.
2. Contacto cargador – arma: al acercar el cargador al pozo del cargador del arma, debe reconocer este solapamiento entre ambos objetos para proceder a su montaje y colocación correcta.
3. Soltar cargador: para unir el cargado con el arma, primero el cargador se debe soltar de la mano del usuario, es decir, reconocer su nuevo elemento enlazado (arma) y olvidar el antiguo (mano).
4. Unir cargador con arma: unión del cargador escogido con el arma en su posición correcta.

Una vez explicado el proceso de la introducción y extracción del cargador, se pasa a explicar el proceso utilizado en Unreal Engine.

Para la colocación del cargador, se ha utilizado el elemento de *Box Collision*, con el cuál evaluar cuando el cargador estaba colisionando con el fusil y así colocarlo en su posición correcta.

Para ello, se ha comenzado con el evento de *On Component Begin Overlap*, que se activará una vez colisione el cargador con el arma. Seguidamente, y con la incorporación de un elemento de *Grab Component* (AGARRE), se ha utilizado el comando de *Try Release* para desacoplar el cargador de la mano del jugador y acoplarlo al arma por medio del *Attach Actor To Actor*, uniendo el padre (PISTOL) con el cargador (AGARRE).

Para su correcta ubicación, se han utilizado dos sockets (INTRO_CARGADOR), uno en el arma y otro en el cargador, de manera que ambos se unirán en ese punto. Únicamente se ha tenido que ajustar los *sockets* hasta conseguir la ubicación perfecta.

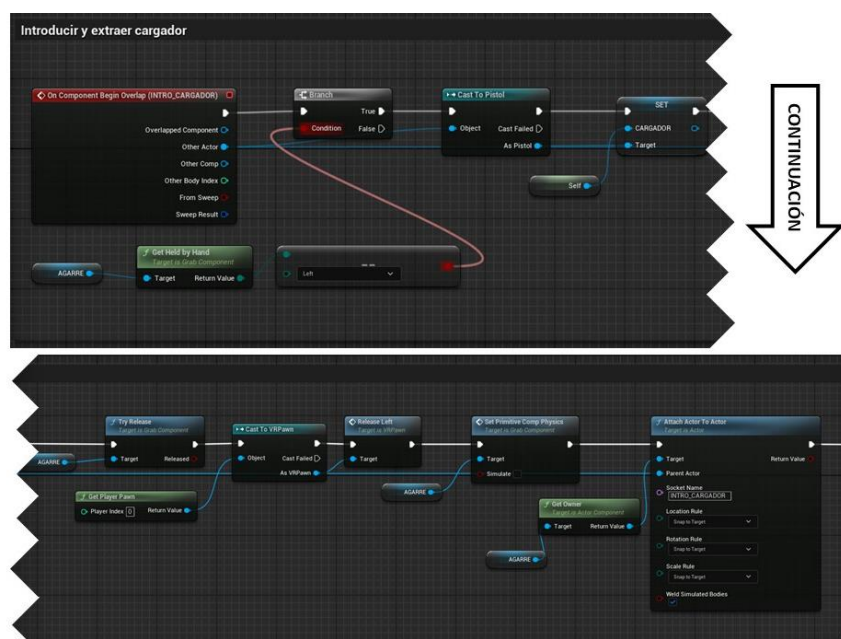


Figura 3-24 Código de "Introducir y extraer cargador"

3.3.4.2 Desaparición de cartuchos

Al igual que para el apartado anterior de introducir y extraer el cargador, para el presente apartado se ha utilizado un diagrama explicativo debido a su complejidad y gran extensión, mostrándose en la siguiente Figura 3-25.



Figura 3-25 Diagrama de "Desaparición de cartuchos"

1. Elección cartucho: primeramente hay que evaluar qué cartucho debe desaparecer. La secuencia comenzará anulando los cartuchos inferiores del cargador para simular que el conjunto sube. Dicha elección vendrá dispuesta según el punto 3 "evaluación nº cartuchos".
2. Ocultar cartucho: una vez elegido el cartucho correspondiente, éste debe desaparecer del cargador para simular que el primero (zona superior del cargador) se ha introducido en la recámara del arma.
3. Evaluación nº cartuchos: consistente en llevar una cuenta de los cartuchos que desaparecen para que no sobrepase de treinta (número de cartuchos máximos en un cargador normal). Dicho contador será la condición para elegir qué cartucho desaparece en el punto 1 "elección cartucho", como se explica más adelante.

Explicado el proceso de funcionamiento de una manera más sencilla, se pasa a la explicación del desarrollo del código en Unreal Engine.

Al efectuar un disparo, se debe eliminar un cartucho de la parte inferior del cargador para simular que el conjunto de cartuchos ha subido un puesto.

Para ello, primeramente, se han introducido los treinta *Static Mesh* de los cartuchos en el *Viewport* y se han enumerado cada uno de ellos, colocándolos de manera correcta y ordenada dentro del cargador. Seguidamente se ha creado una *Function* denominada DESAPARECER BALAS dónde se implementará el flujo de la eliminación de los cartuchos. Para conseguir dicho objetivo se ha introducido el comando de *Switch on Int* mediante el cual, el flujo de la función pasará por él según una condición dispuesta y saliendo por un valor numérico entero (0, 1, 2, 3, ...31).

Para la decisión de salir por cada una de las salidas, se ha dispuesto un contador después de cada uno de los comandos para cada cartucho, denominado *Set Hidden in Game*, que realiza la desaparición del cartucho específico y suma uno al contador. Cuando se vuelve a evaluar la condición, se ha incrementado un valor y la salida se cambia por el siguiente número entero, desapareciendo el siguiente cartucho. Para que el arma dejara de disparar cuando se consumiera toda su munición, se dispuso una condición a la salida de la función, evaluando si el contador era menor o igual que treinta cartuchos. Si la condición era incorrecta, el arma dejaba de disparar, consumida toda su munición.

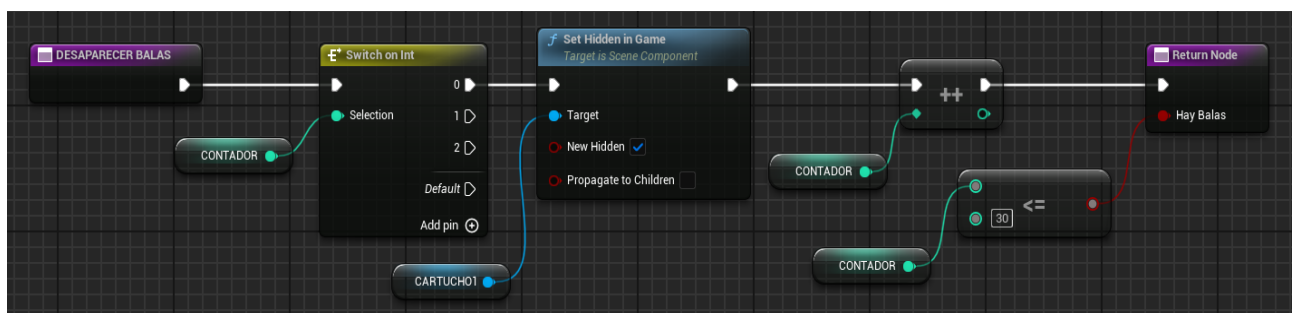


Figura 3-26 Detalle del código de "Desaparición de cartuchos"

3.3.4.3 Disparo

El efecto de disparo está compuesto por una serie de comandos y acciones que realizan la aparición de la bala en la boca del arma, el movimiento de la cola del disparador y la salida del casquillo por el lateral del arma. A continuación, se explican cada uno de ellos.

3.3.4.3.1 Aparición de la bala en la boca

Para la aparición de la bala en la boca del arma y simular que ésta está disparando, se ha hecho uso del comando *Spawn Actor*, que efectuaba la operación de aparecer un objeto en una localización exacta. En este caso, para obtener la localización de la boca se ha efectuado por medio de los comandos de *Get World Location* y *Get World Rotation* y la incorporación de un componente colocado en la boca, denominado *Scene Component* (BOCACHA).

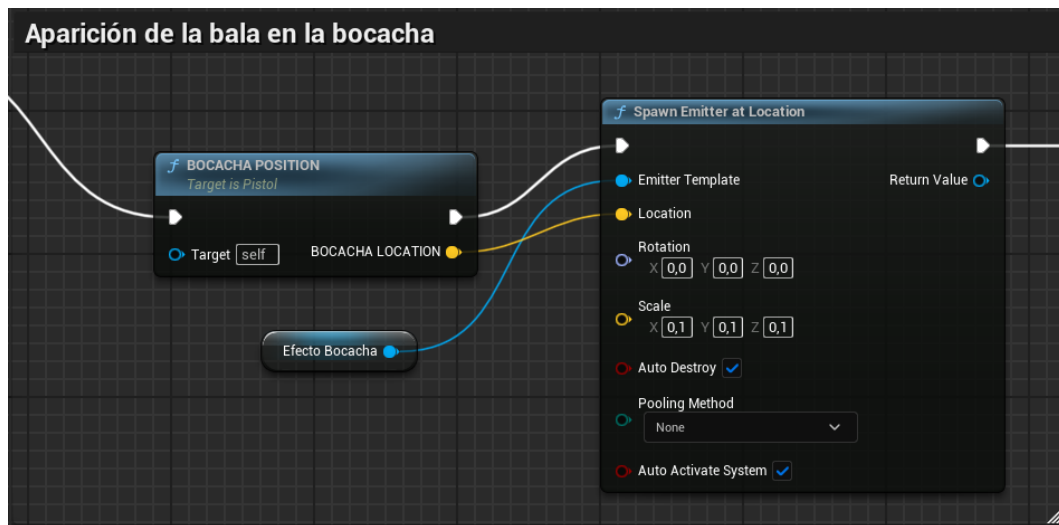


Figura 3-27 Código de "Aparición de la bala en la boca"

3.3.4.3.2 Salida lateral del casquillo y cartucho

Para efectuar la salida lateral del casquillo al efectuar el disparo primeramente se ha creado un *socket* en el arma denominado *SALIDA_CASQUILLO*. Seguidamente se ha desarrollado una función (*SALIDA LATERAL*) para devolver la posición de dicho *socket* para luego, mediante el comando *Spawn Actor*, realizar la aparición del casquillo en la posición del *socket*. La salida lateral del cartucho completo se realiza de igual manera, cambiando únicamente el elemento que aparece en la simulación.

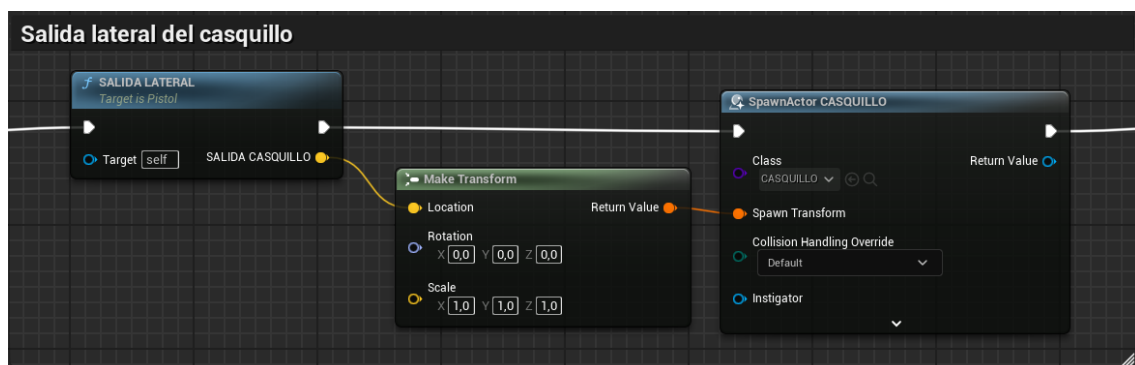


Figura 3-28 Código de "Salida lateral del casquillo"

3.3.4.3.3 Movimiento de la cola del disparador

Para el movimiento de la cola del disparador, primeramente, se ha introducido el *Static Mesh* correspondiente (*DISPARADOR*) para colocarlo en la posición correcta dentro del cuerpo del arma.

Luego, para el movimiento de rotación de la cola del disparador, se ha hecho uso del comando *Add Local Rotation*, introduciendo los parámetros de giro por medio de un *Make Rotator*, dónde se ha especificado un valor de 20° respecto al Eje Y. Tras el comando *Delay* que aporta un tiempo de espera, se ha efectuado el proceso contrario, con un valor de -20° en el Eje Y para que la cola del disparador volviera a su posición inicial.

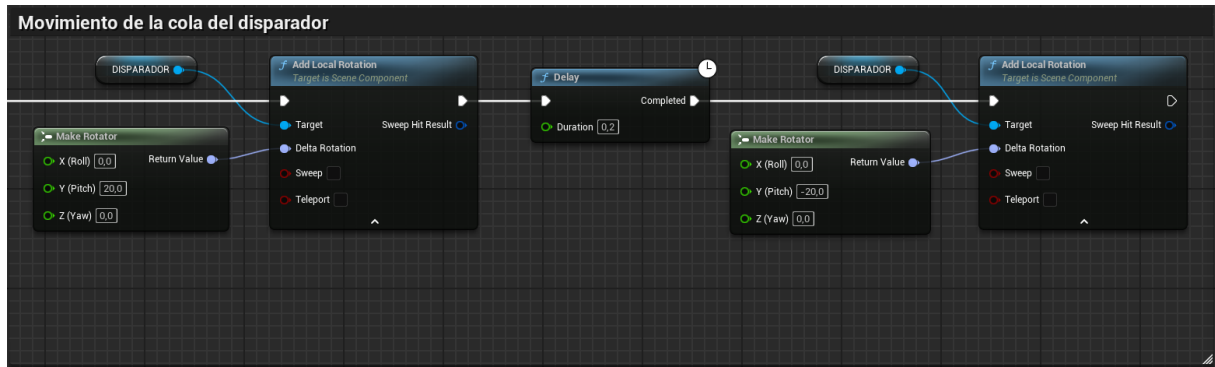


Figura 3-29 Código de "Movimiento de la cola del disparador"

3.3.4.4 Recarga

La recarga del arma se efectúa con el movimiento del conjunto de cierre. Para ello se debe realizar el movimiento del conjunto de cierre una vez se agarra con la mano y que la pieza se quede contenida dentro de los límites establecidos del cuerpo del arma. Para conseguir dicho movimiento se debe hacer uso del concepto matemático de cambio de base. Mediante el gráfico de la Figura 3-30, se explica de manera breve el proceso de cambio de base genérico.

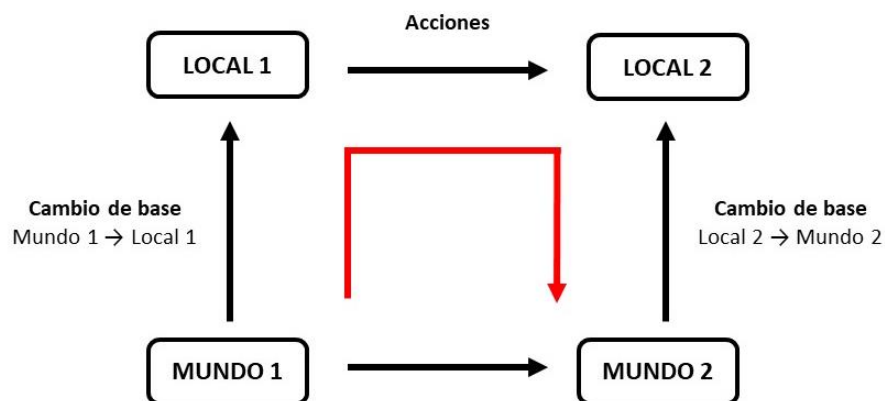


Figura 3-30 Diagrama del cambio de base

Estando en una posición específica (Mundo 1), se quiere efectuar un movimiento para pasar a otra posición (Mundo 2). Dichas posiciones se encuentran respecto a los ejes de coordenadas del mundo, sin embargo, para realizar el movimiento, se deben pasar a unas posiciones locales respecto a otros ejes de coordenadas o, mejor dicho, respecto a otra base (Local 1 y 2). Para conseguir dicho objetivo se debe efectuar el camino marcado. Para realizar el cambio de base del Mundo 1 al Local 1, se debe utilizar lo que denominaremos como “transformada” (T) y para realizar el cambio de base del Local 2 al Mundo 2 se debe utilizar la inversa de dicha transformada (T^{-1}). Estando en Local 1, se pueden realizar los movimientos para pasar de una posición a otra (Local 2).

Dicha ésta breve explicación, en Unreal Engine se ha utilizado un proceso similar. Por medio del comando *Get World Transform* se ha conseguido sacar la base de los ejes de coordenada del conjunto de cierre (local) y con *Get World Location*, la base de los ejes de coordenadas de la mano (mundo). Utilizando el comando de *Inverse Transform Location* se ha conseguido pasar del mundo a local y referencia la mano respecto de la base del conjunto de cierre, para luego obtener solo los valores del Eje

X. Por último, por medio del *Transform Location*, se ha vuelto a pasar a los ejes de coordenadas en el mundo. La obtención únicamente de los valores del Eje X se debe a que el movimiento del conjunto de cierre se va a realizar en ese eje, longitudinal al arma.

Para posicionar los límites de movimiento, se ha seguido un proceso similar al anterior pero ahora siendo la posición la obtenida anteriormente y referenciándola respecto a la base de ejes de coordenadas de un *socket* creado en el arma (UNIÓN). A partir de ahí y mediante el comando *Clamp (Float)*, se han introducido los valores mínimos y máximos de movimiento.

Para lograr el movimiento del conjunto de cierre, se ha usado el comando *Set World Location*, introduciendo ésta última posición. Dado que dicho proceso se debía efectuar en cada *frame*, se ha hecho uso del evento *Event Tick*.

Finalmente, para que el conjunto de cierre no se quedara acoplado a la mano una vez lo agarraba, se ha llamado al evento *On Dropped*, para, una vez la mano soltara el conjunto de cierre, devolver el control a éste.

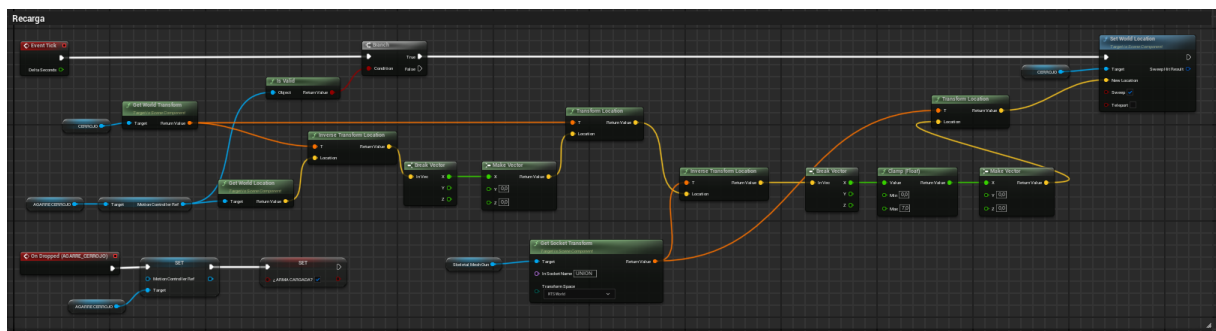


Figura 3-31 Código de "Recarga"

3.3.4.5 Visor del arma

Para conseguir el visor del arma con su aumento concreto se han seguido una serie de pasos. Primeramente, se ha colocado un componente de *Scene Capture Component 2D* o cámara auxiliar en la boca del arma, alineada con el cañón. Para capturar lo que observa dicha cámara, se ha creado un nuevo tipo de archivo denominado *Render Target*. Seguidamente, se ha elaborado e incorporado un cilindro como componente dentro del BP del arma, colocándose de manera exacta en la ubicación del visor.

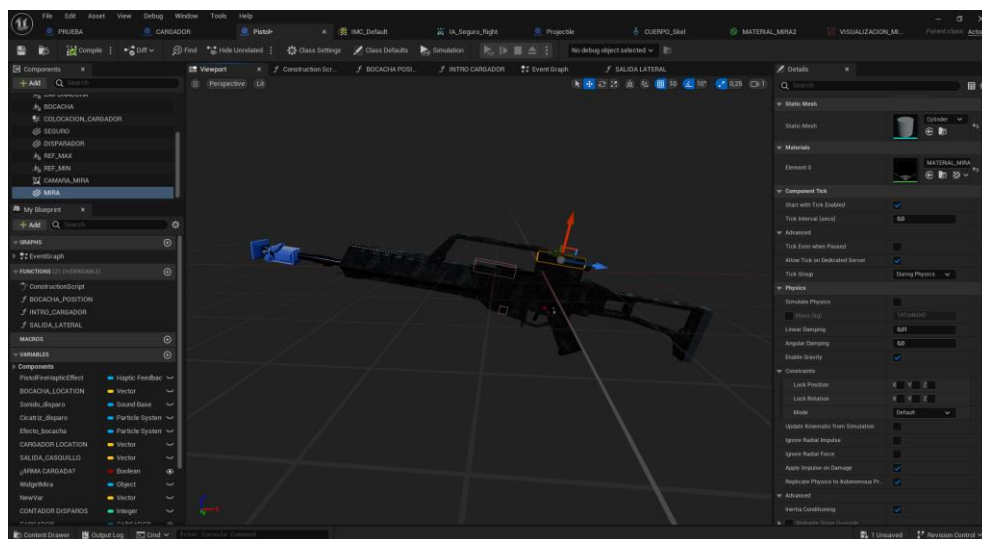


Figura 3-32 Colocación del cilindro para el visor

Basándose en la retícula original del fusil HK-G36-E, se ha diseñado una de igual forma por medio del software de diseño Autodesk AutoCAD. Además de su diseño, se debía conseguir que la imagen de la retícula tuviera el fondo transparente, por lo que se debía pasar el archivo de un formato JPG a uno del tipo PNG, utilizándose para ello el programa de edición de imagen *Photoshop*.

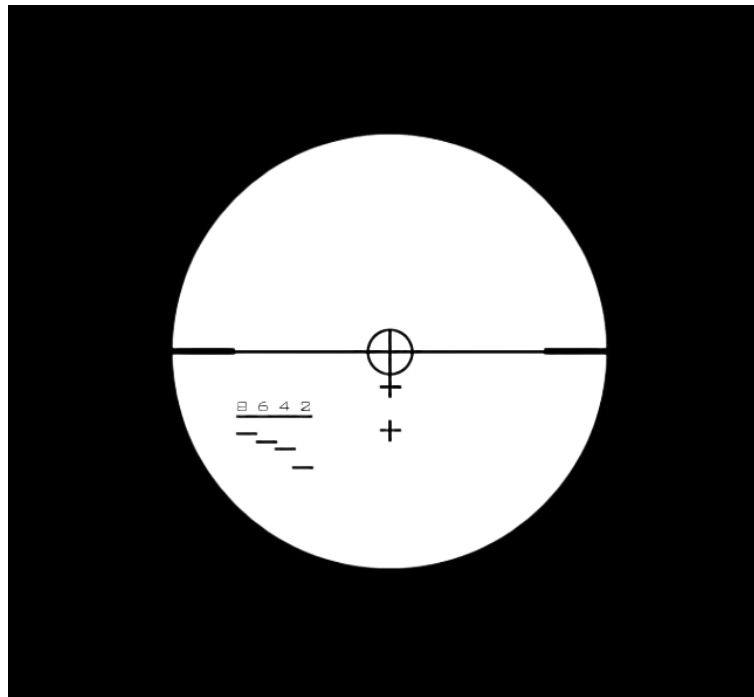


Figura 3-33 Retícula

A continuación, se creó un nuevo material en Unreal Engine, en el cual se incluían dos comandos de *Texture Sample*, uno para el archivo *Render Target* y otro para el diseño creado de la retícula y unificados por medio de un comando *Lerp* o interpolación lineal, que daba como resultado un solapamiento de ambos archivos, visualizándose la retícula superpuesta a lo que captaba la cámara.

Dicho nuevo material se introdujo en el cilindro anteriormente creado, obteniéndose así el visor del arma propiamente dicho.

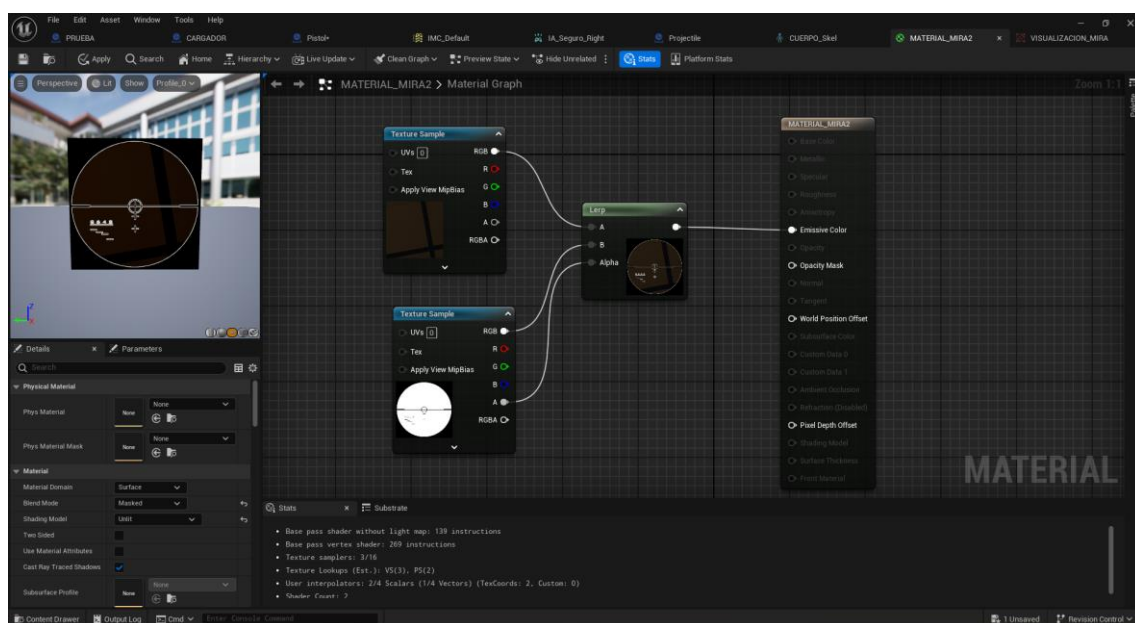


Figura 3-34 Interfaz del material del visor

Finalmente, para ajustar el aumento del visor, se hizo uso de un parámetro propio de la cámara como es el *Field of View* (FoV) o campo de visión. Se define como la medida del área que una lente de una cámara u ocular abarca en un momento dado, expresado dicho valor en grados. Para este caso, si se disminuye dicho campo de visión, se realizará una especie de aumento, abarcando la imagen captada toda la circunferencia de la retícula.

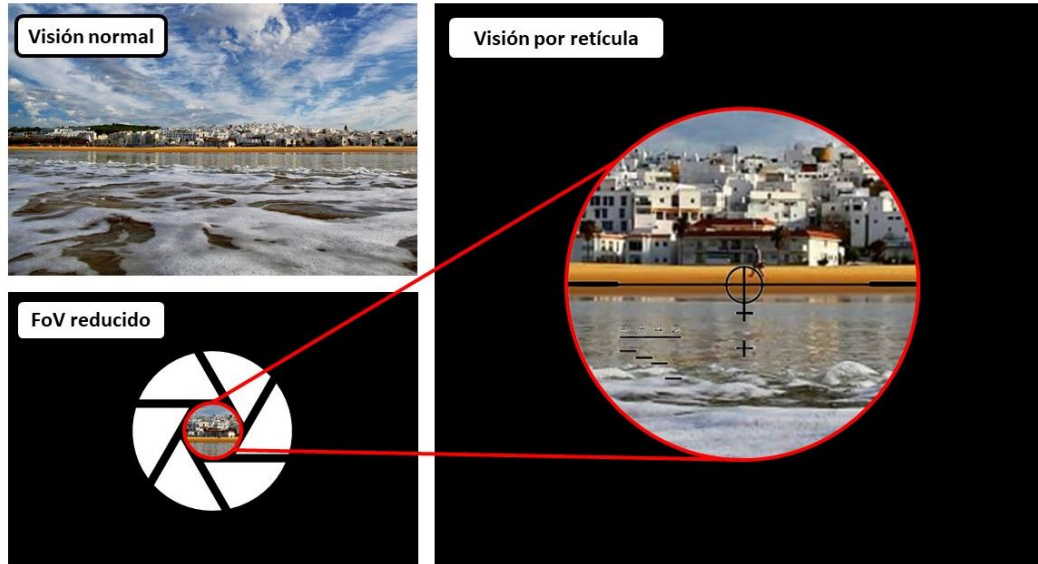


Figura 3-35 Explicación del FoV

3.3.4.6 Seguro

Para el desarrollo del movimiento del seguro, que posibilita la opción entre disparo (T) y arma con seguro puesto (S), se ha procedido de manera similar al movimiento de la cola del disparador. Primeramente, se ha introducido el componente SEGURO como un *Static Mesh*, colocándolo en su posición correcta respecto al cuerpo del arma. Seguidamente, mediante los comandos de *Make Rotator* y *Add Local Rotation* se proporciona el movimiento necesario del seguro.

Para cambiar entre una posición u otra, se ha escogido el comando *Switch on Int* que, según el valor de la variable CONTADOR SEGURO ofrece un 1 o un 0, siendo el 1 la opción de hacer fuego (T) y 0 la de poner el arma en seguro (S). Para ello, se han colocado unos elementos de suma y resta después de cada opción para así cambiar el valor de la variable.

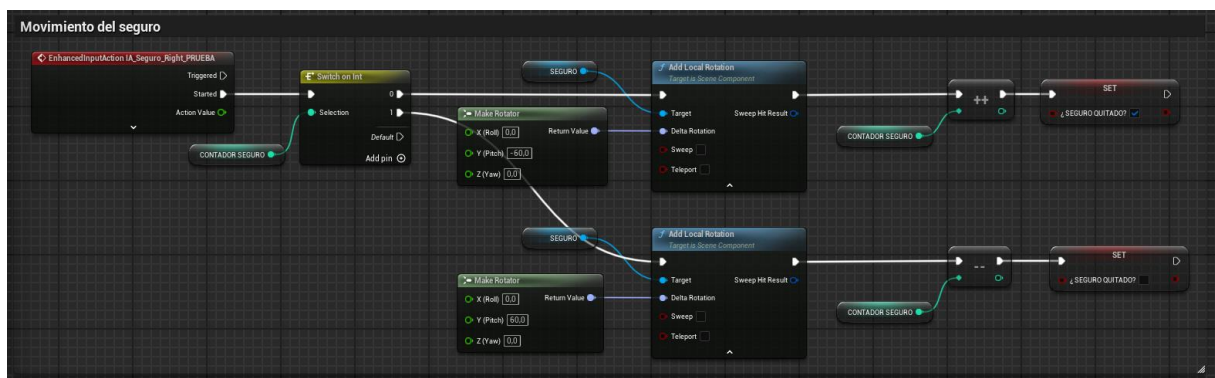


Figura 3-36 Código de "Movimiento del seguro"

3.3.4.7 Sonidos y efectos visuales

Para incrementar el realismo de la simulación, se han desarrollado una serie de efectos visuales y auditivos, como son el fogonazo de luz en la bocacha del arma al efectuar el disparo, el sonido al efectuar el disparo, el sonido al realizar el movimiento de recarga y el sonido al introducir el cargador. Estos dos

últimos se han obtenido de una grabación real al efectuar dichos movimientos con un fusil de asalto real HK-G36-E proporcionado por la ENM, mientras que los otros efectos provienen de una librería propia del programa Unreal Engine.

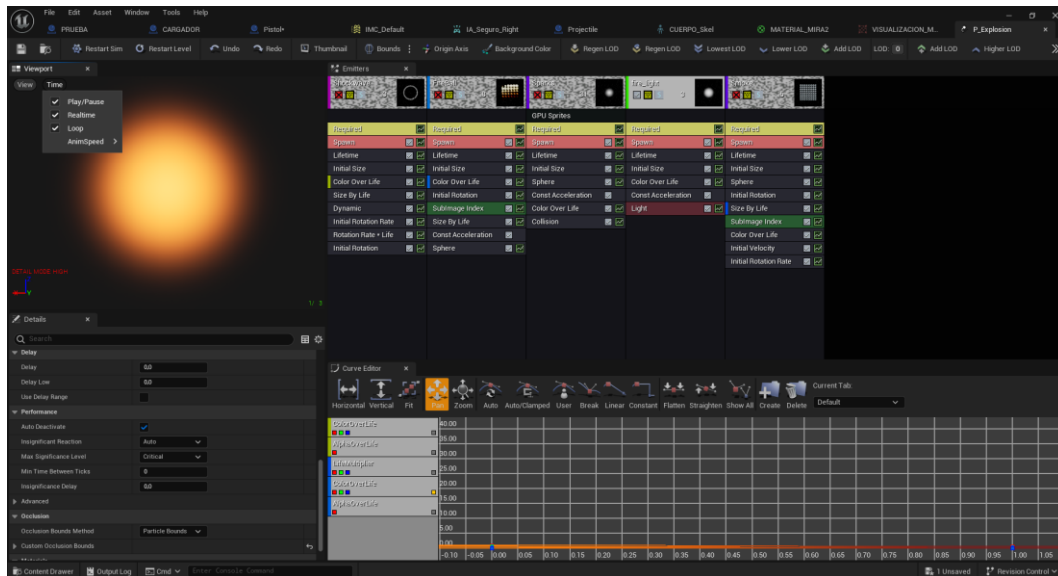


Figura 3-37 Interfaz para la configuración del efecto visual

Para la implementación en el BP de ambos efectos, de sonido y visual, se han utilizado comandos similares, usando para el primero *Play Sound at Location* y para el segundo *Spawn Emitter at Location*.

3.3.4.8 Ajuste de las manos

La propia demo de Unreal Engine proporcionaba unas manos móviles que se ajustaban a los mandos del usuario. Accionando los diferentes botones de los mandos de las gafas de RV Meta Quest 3, los dedos de las manos se movían, cerrándose y abriéndose. A la hora de agarrar la empuñadura del arma, mover el seguro o mover la cola del disparador, se necesitaba ajustar cada uno de los dedos para que su movimiento fuera coherente con el movimiento de las diferentes partes del arma. Para ello, se han modificado las animaciones de los dedos por medio del archivo *AnimSequence*, dónde, moviendo y modificando la posición de los huesos y metiendo nuevas entradas a la animación, se ha conseguido que el agarre sea correcto.

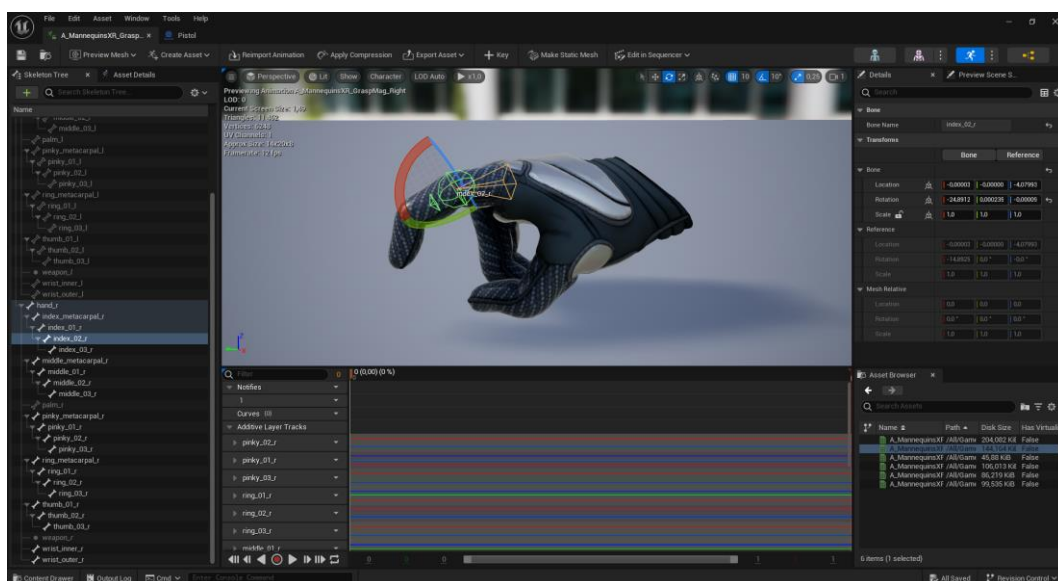


Figura 3-38 Interfaz para el posicionamiento de los dedos

3.3.4.9 Comprobaciones y condicionantes para efectuar el disparo

La secuencia de disparo se efectúa al pasar por varios condicionantes, como son: seguro quitado, bala en la recámara, cargador puesto y arma cargada, atendiendo al siguiente gráfico, Figura 3-39.

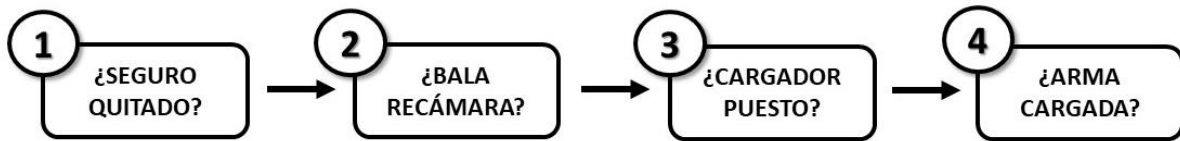


Figura 3-39 Diagrama de comprobaciones y condicionantes para efectuar el disparo

Los condicionantes 1, 2 y 4 son efectuados por medio de variables booleanas (devuelven 0 o 1), mientras que el condicionante número 3, se efectúa de otra forma, detallada más adelante. A continuación, se muestra una imagen de la secuencia completa de comprobaciones y se explica detalladamente el proceso para cada uno de ellos.



Figura 3-40 Código de comprobaciones y condicionantes para efectuar el disparo (conjunto)

1. ¿SEGURO QUITADO?: una vez creada la variable booleana, ésta adquiere un valor a la salida del movimiento del seguro por parte del usuario, siendo 1 cuando el arma está lista para disparar y 0 cuando tiene el seguro puesto. Finalmente, se evalúa en la secuencia de disparo si la variable está a 1 o a 0, efectuando el proceso de disparo si está en el valor 1.

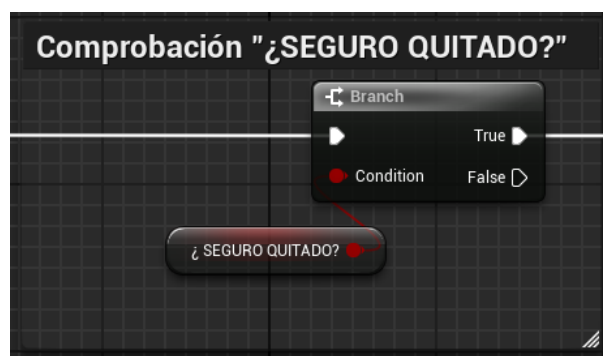


Figura 3-41 Código de "¿Seguro quitado?"

2. ¿BALA RECÁMARA?: primeramente, se evalúa la variable al ejecutar el movimiento del conjunto de cierre (cargar el arma). Al principio la variable estará en 0, pero una vez ejecutado el movimiento de carga, la variable obtiene el valor de 1. Finalmente, al igual que para el seguro, se evalúa su valor en la secuencia de disparo. En caso de ser 1 (bala en la recámara) se efectúa el disparo y se pone la variable a 0. En caso contrario, se pasa al siguiente condicionante 3 (¿CARGADOR PUESTO?).

Para proporcionarle el valor 0 o 1 a la variable booleana, únicamente se ha introducido un comando *Set*, por el cual si se marca con un *tick* (casilla marcada), la variable obtiene el valor 1 y, en caso contrario, obtendría el valor 0

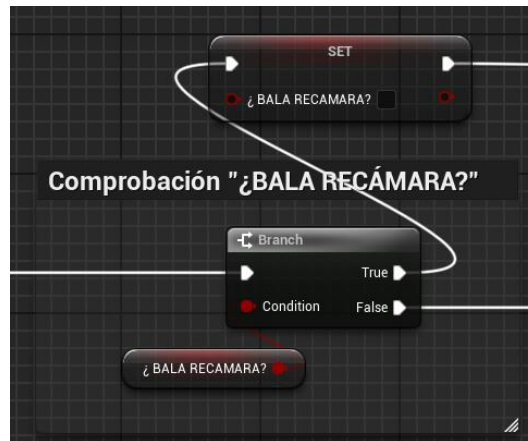


Figura 3-42 Código de "¿Bala recámara?"

3. ¿CARGADOR PUESTO?: para comprobar si el cargador está puesto se ha utilizado el comando *Is Overlapping Actor*, comprobando que el cargador esté colisionando en su posición correcta con el arma, devolviendo dicho comando un valor booleano (1=sí está colocado; 0=no está colocado).



Figura 3-43 Código de "Cargador puesto"

4. ¿ARMA CARGADA?: en primer lugar, se establece un valor de 1 a la salida de la ejecución del movimiento del conjunto de cierre y, al igual que los anteriores, se comprueba en el proceso de disparo. Si el valor del condicionante CARGADOR PUESTO es igual a 0 (no existe cargador), el valor de la presente variable se pondrá a 0; sin embargo, si el valor del condicionante anterior es igual a 1, la condición efectúa el disparo.

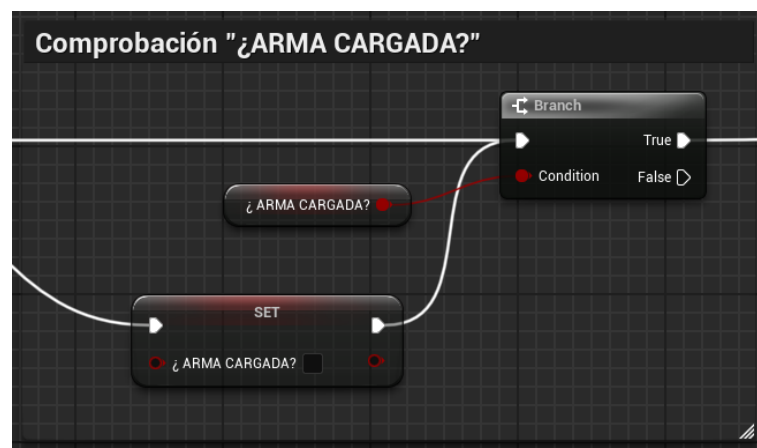


Figura 3-44 Código de "¿Arma cargada?"

3.4 Realidad virtual

En el presente trabajo y como ya se ha mencionado anteriormente, se han utilizado las gafas de RV Meta Quest 3 para conseguir la inmersión total del usuario en la simulación. Para ello, además de las gafas de RV, se cuenta con dos mandos para que el usuario pueda interactuar con el entorno virtual. Las funciones para el conjunto de botones y joysticks se pueden configurar según las necesidades del usuario por medio de archivos denominados *Input Mapping Context* (IMC) e *Input Action* (IA).

Los *Input Action* definen acciones ejecutables por el usuario por medio de los diferentes medios del mando para interactuar con objetos. En el presente trabajo se cuenta con una gran variedad de IA, para efectuar el disparo, movimiento del seguro, agarre de objetos, entre otros. Para implementar todos estos IA a la simulación, se deben crear los *Input Mapping Context*. Los IMC agrupan diferentes IA para incorporarlos en los BP correspondientes cuando se considere. Dentro de cada IMC se escoge qué medios del mando se encargarán de cada tarea.

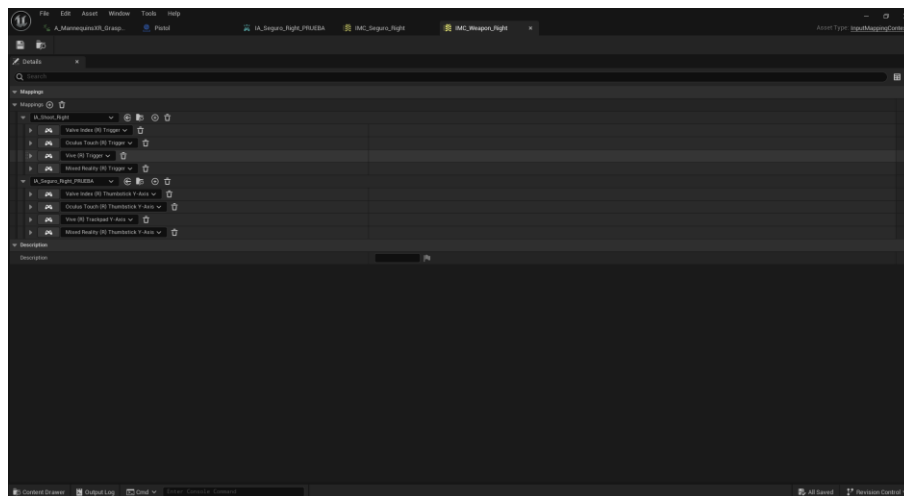


Figura 3-45 Interfaz para la configuración de IMC

A continuación, en la Figura 3-46, se muestra un gráfico de las tareas asignadas a cada elemento de los mandos.

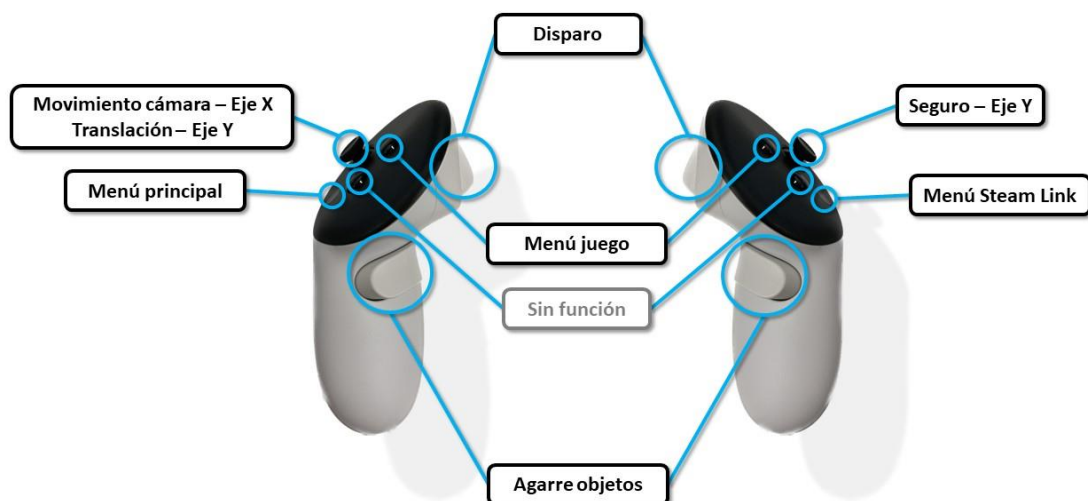


Figura 3-46 Tareas asignadas a los elementos de los mandos

Mediante el comando *Add Mapping Context* se activa la opción de usar el IMP necesario, para luego ejecutar los diferentes IA por medio de sus respectivos eventos.

4 RESULTADOS

4.1 Descripción del apartado

Tras el desarrollo del presente trabajo, se presentarán en este apartado los frutos de todo el proceso expuesto anteriormente, exponiéndose primeramente los resultados de la parte de diseño del arma, con su respectiva planimetría y comparación con el arma real y finalizando con la informática gráfica y simulación.

4.2 Diseño

4.2.1 Modelo digital

Finalmente, mediante el proceso de diseño, se han conseguido elaborar las diferentes piezas que componen el fusil de asalto HK-G36-E para, después de su ensamblaje, importar el diseño al software de programación Unreal Engine para incluir todas las acciones, movimientos y funciones del arma.

Además, mediante el proceso de renderización explicado en el subapartado 3.2.4, se han conseguido obtener imágenes fotorrealistas del arma que desafían al ojo humano a la hora de compararlas con el arma real. Para ello, a continuación, se proporcionan una serie de imágenes comparativas entre el fusil de asalto HK-G36-E real y las imágenes renderizadas a partir del software de diseño Inventor.



Figura 4-1 Vista general del renderizado del arma

Por motivos de seguridad y confidencialidad, se ha ocultado el número de serie del arma y se ha escogido un cargador sin munición.

En la Figura 4-2, se puede observar la comparación entre el arma real y el diseño renderizado desde la perspectiva del perfil izquierdo.



Figura 4-2 Renderizado y comparación del perfil izquierdo

En la Figura 4-3, se observan la parte central del arma y con más pericia los diferentes detalles como orificios en el guardamanos.



Figura 4-3 Renderizado y comparación con detalle de la parte inferior

En la Figura 4-4, se muestran la comparación entre elementos como el seguro, la bisagra de la culata o el hueco para la salida lateral del casquillo.



Figura 4-4 Renderizado y comparación del perfil derecho en detalle

En el Anexo III: Modelo digital interactivo, se adjunta un modelo digital interactivo para mejorar la comprensión de la geometría y visualización del diseño del arma realizado.

4.2.2 Planimetría

Para el presente trabajo se han proporcionado una serie de planos, denominados “planos proyectivos” con el fin de obtener las medidas correspondientes de cada pieza del arma (realizados a escala) y comprender la disposición de cada una de ellas dentro del conjunto del arma. La principal razón por la que no se han utilizado cotas es que la función principal de estos planos no es la fabricación del arma, sino que está más enfocado en la importación del archivo del modelo al software de programación Unreal Engine para su manejo en RV. Sin embargo, se han proporcionado dichos planos para verificar a escala la similitud entre el arma original y el modelo diseñado.

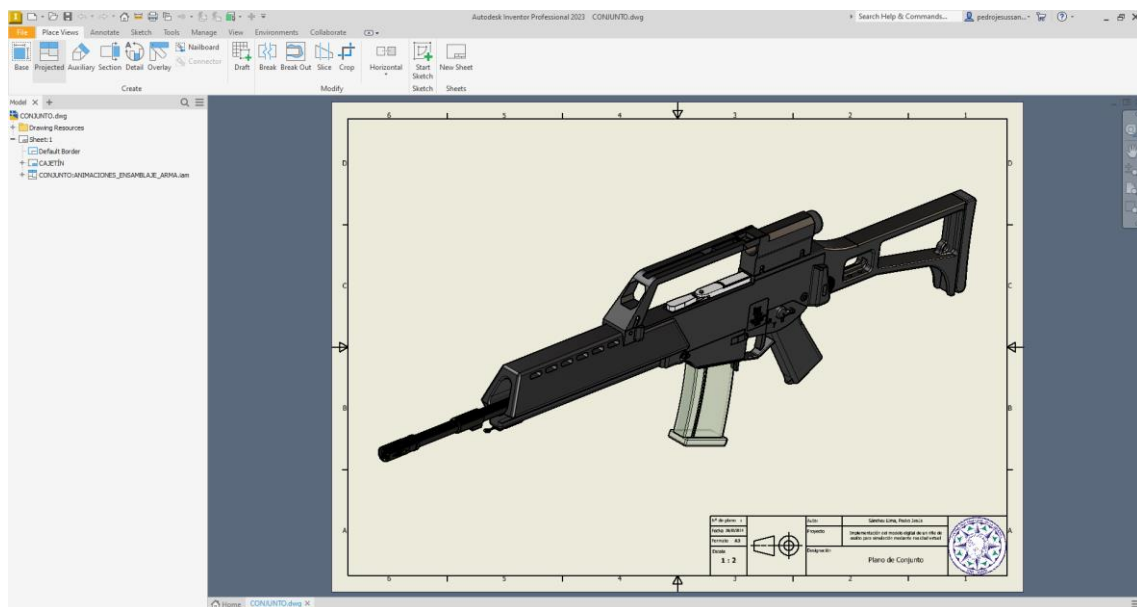


Figura 4-5 Interfaz de Inventor para el desarrollo de planos

Además, al tratarse de armamento militar, se ha clasificado como contenido delicado y confidencial las medidas del fusil de asalto HK-G36-E.

Para la elaboración de los diferentes planos se han seguido las diferentes normas ISO (*International Organization for Standardization*) pertinentes, en cuanto a la visualización de las diferentes vistas de un modelo 3D, las medidas y contenido para el cajetín, las listas de artículos, el formato y tamaño de las

hojas y la utilización de escalas estandarizadas. A continuación, se enumeran las diferentes normas ISO aplicadas para la elaboración de planos del presente proyecto [26].

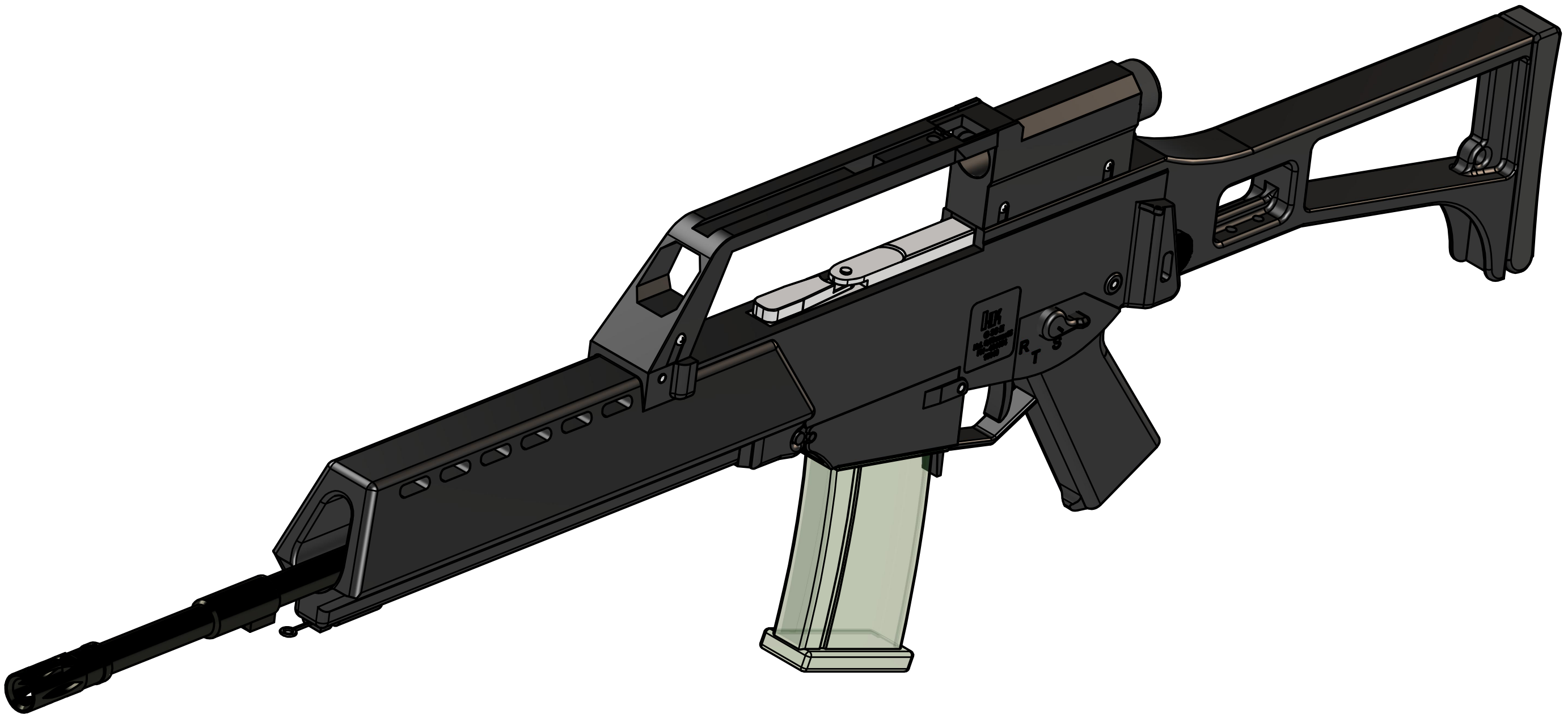
- *ISO 16792:2021. Digital product definition data practices.*
- *ISO 7200:2004. Data fields in title blocks and documents headers.*
- *ISO 888:2012. Nominal lengths and thread lengths.*
- *ISO 5455:1979. Scales.*
- *ISO 5457:1999. Sizes and layout of drawing sheets.*

Los planos elaborados han seguido un orden jerárquico lógico, comenzando de lo más general a lo más específico. Además, se han proporcionado planos explosionados para visualizar y comprender mejor el conjunto de las piezas del arma; y alámbricos para observar en detalle el diseño del arma.

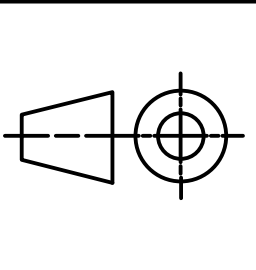
Los planos proyectivos escogidos para el presente trabajo han sido los siguientes:

- Plano 1. Plano de conjunto: en dicho plano se muestra el conjunto de piezas que componen el arma en su totalidad para visualizar el resultado final del diseño.
- Plano 2. Vistas del HK-G36-E (alámbrico): proporciona unas vistas simplificadas del arma, mostrando únicamente sus aristas para resaltar cada detalle.
- Plano 3. Vistas del HK-G36-E: proporciona unas vistas similares a las del Plano 2, sin embargo, con la aportación de colores para visualizar el acabado final desde diferentes perspectivas.
- Plano 4. Explosionado del HK-G36-E: proporciona una lista de todas las piezas que componen el arma, así como un croquis de sus ubicaciones en el conjunto.
- Plano 5. Cuerpo del arma: muestra las diferentes vistas del cuerpo del arma, así como detalles a resaltar, cortes y su ubicación en el conjunto.
- Plano 6. Conjunto de cierre (parte fija y parte móvil): en dicho plano se muestran las vistas de ambas piezas, así como su ensamblaje y sus ubicaciones en el conjunto.
- Plano 7. Cargador: ofrece las vistas del cargador, a la vez que un corte longitudinal y su ubicación en el conjunto.
- Plano 8. Cola del disparador: proporciona las diferentes vistas de la pieza y su localización en el conjunto.
- Plano 9. Seguro: muestra las diferentes vistas del elemento seguro y su posición respecto al conjunto.
- Plano 10. Cartucho (casquillo y bala): muestra las vistas de ambas piezas, cortes necesarios y ensamblaje final, a la vez que sus ubicaciones en el conjunto.
- Plano 11. Cabeza del tornillo: proporciona unas vistas de la pieza, un corte y sus localizaciones en el conjunto.

A continuación, se muestran cada uno de los planos elaborados para el fusil de asalto HK-G36-E, manteniendo su escala.

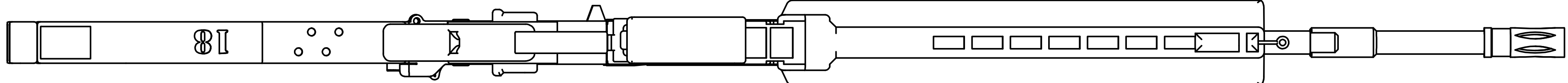
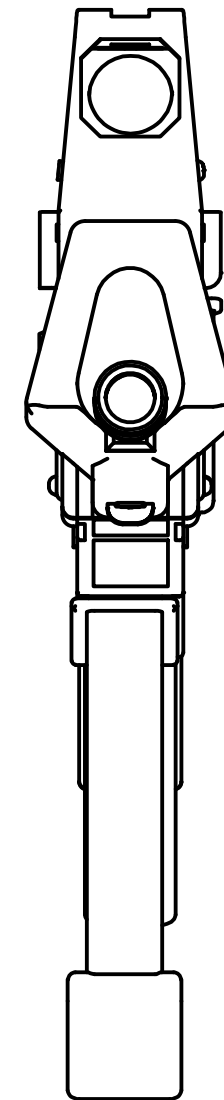
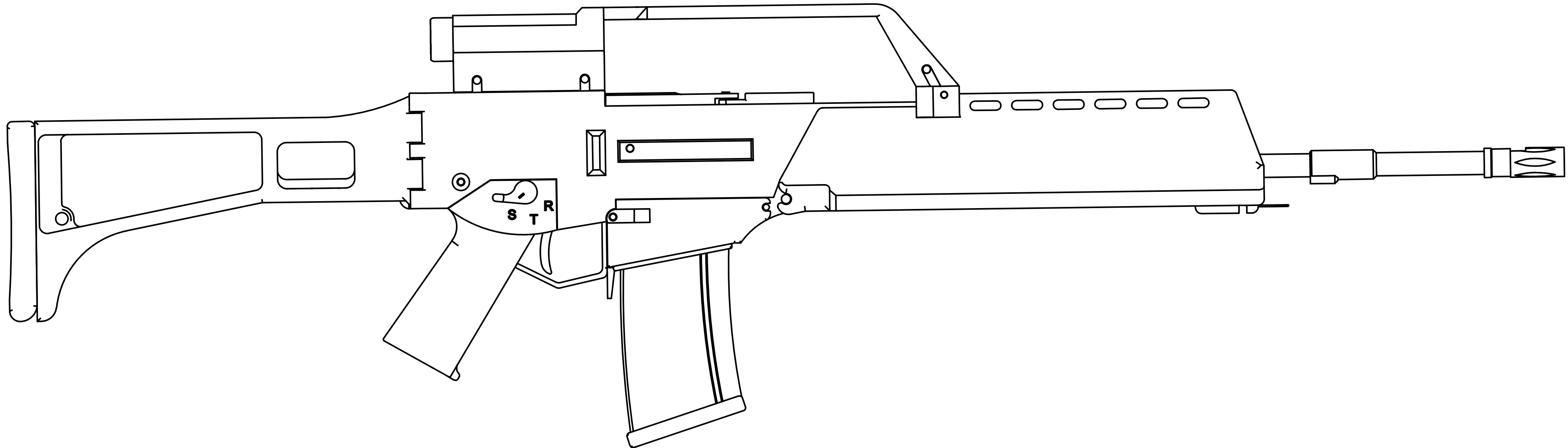


Nº de plano	1
Fecha	28/02/2024
Formato	A3
Escala	1 : 2

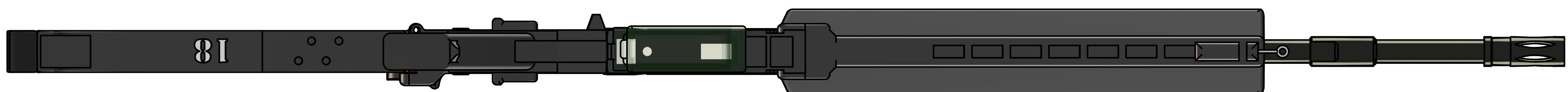
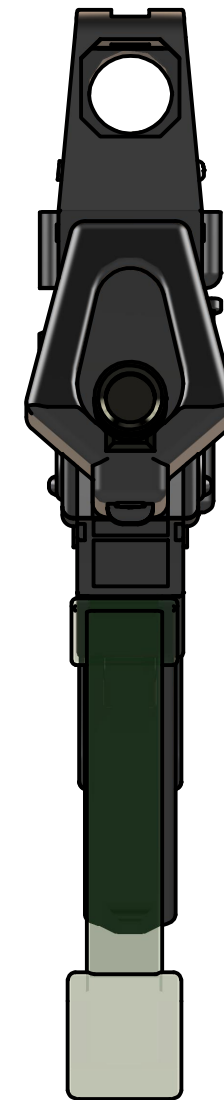
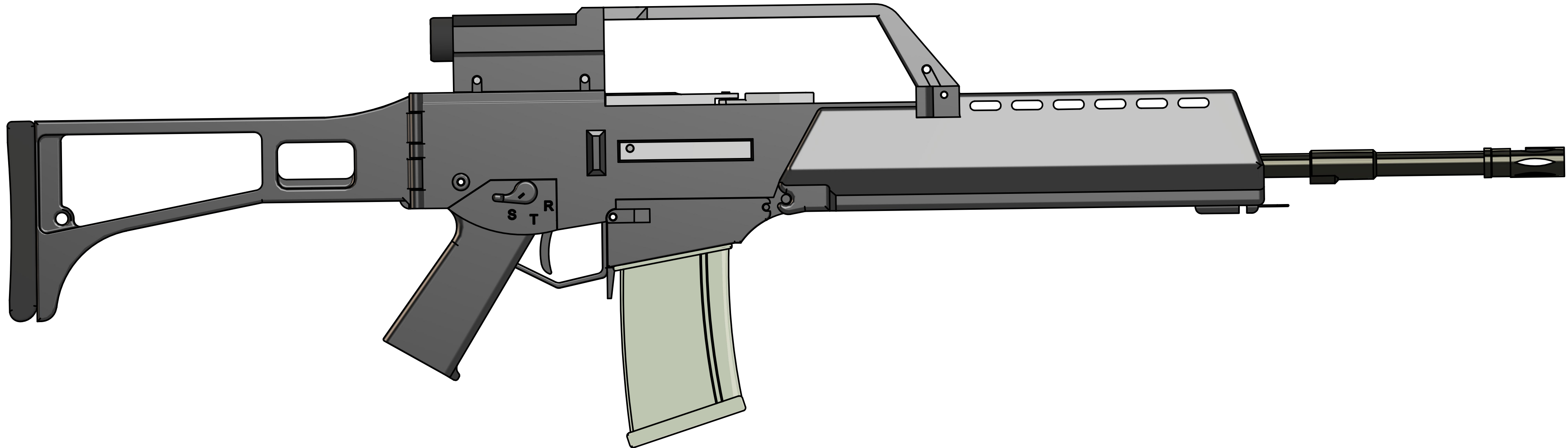


Autor	Sánchez Lima, Pedro Jesús
Proyecto	Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para simulación mediante realidad virtual
Designación	Plano de Conjunto

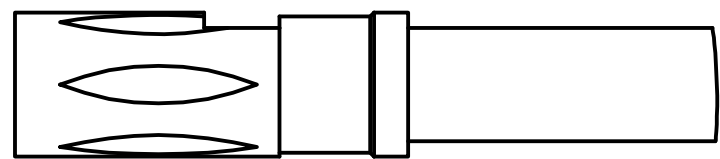




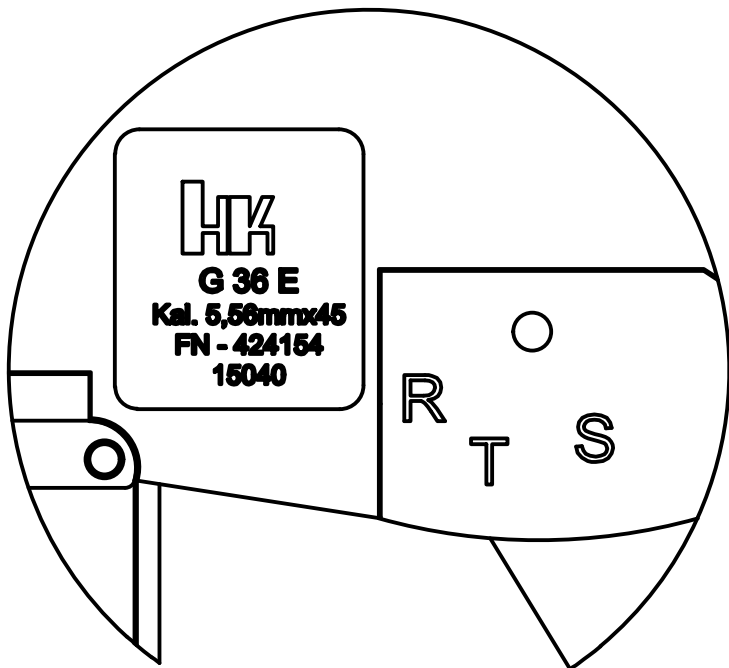
Nº de plano	2		Autor	Sánchez Lima, Pedro Jesús	
Fecha	28/02/2024		Proyecto	Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para simulación mediante realidad virtual	
Formato	A1		Designación	Vistas del HK-G36-E (alámbrico)	
Escala	1 : 2				



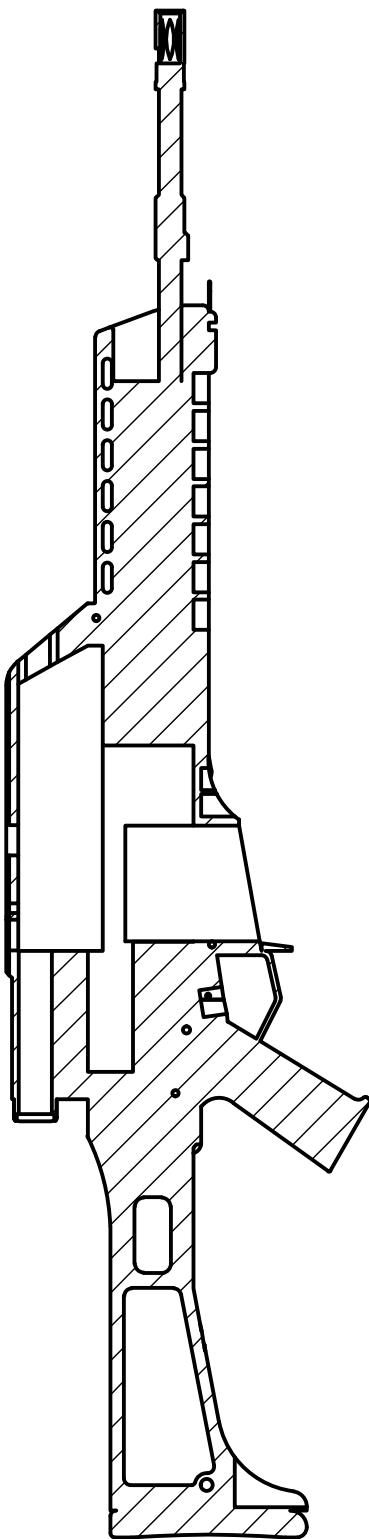
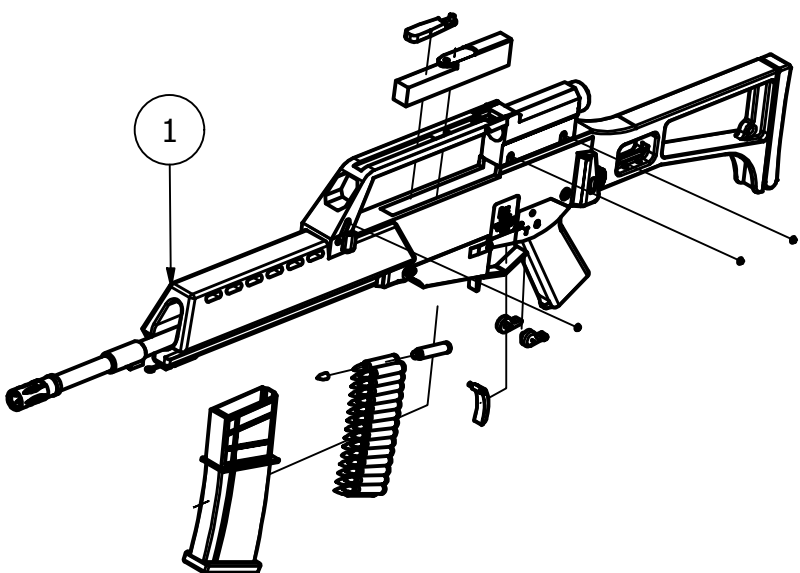
Nº de plano	3		Autor	Sánchez Lima, Pedro Jesús	
Fecha	28/02/2024		Proyecto	Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para simulación mediante realidad virtual	
Formato	A1		Designación		
Escala	1 : 2				
			Vistas del HK-G36-E		



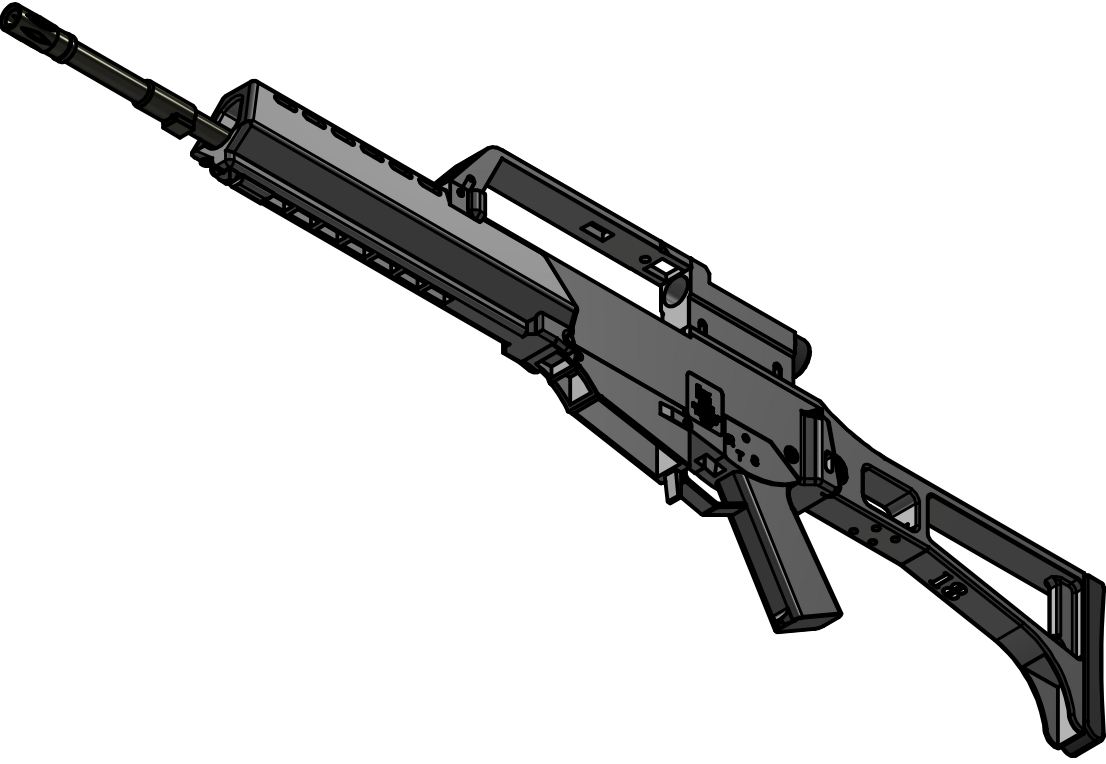
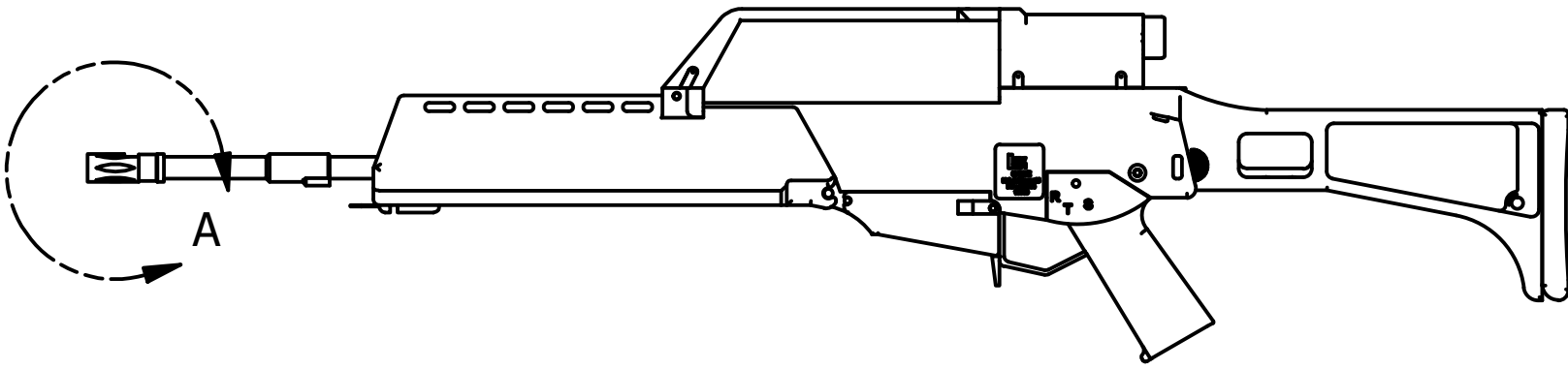
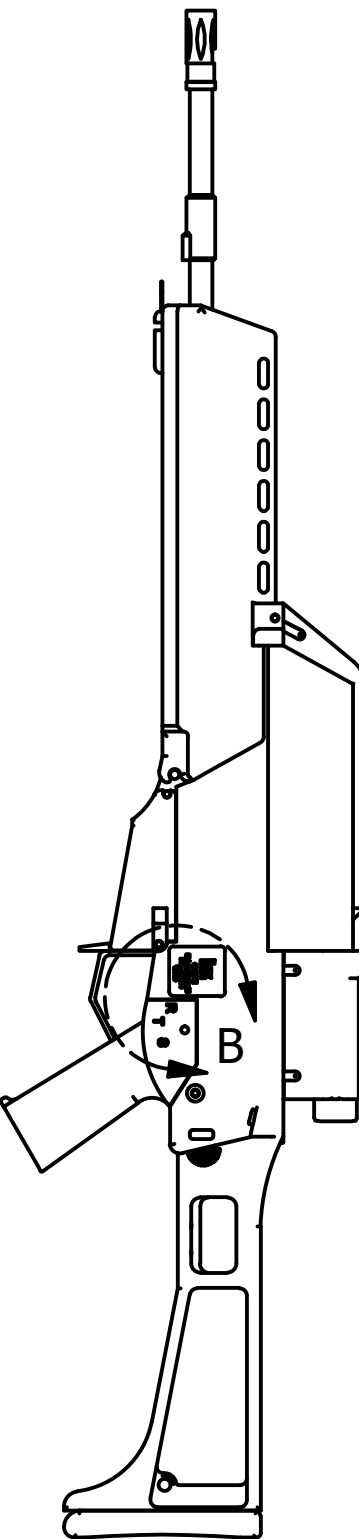
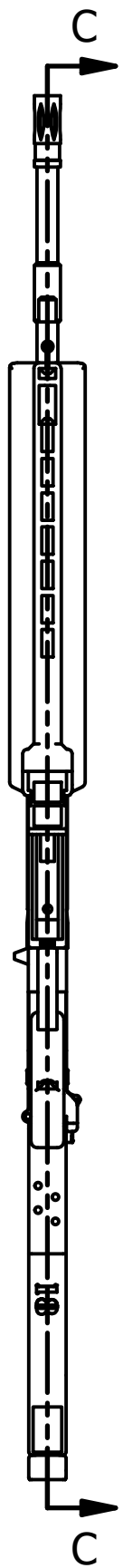
DETALLE BOCACHA (A)
ESCALA 1 : 1



DETALLE CARACTERES Y LOGO (B)
ESCALA 1 : 1

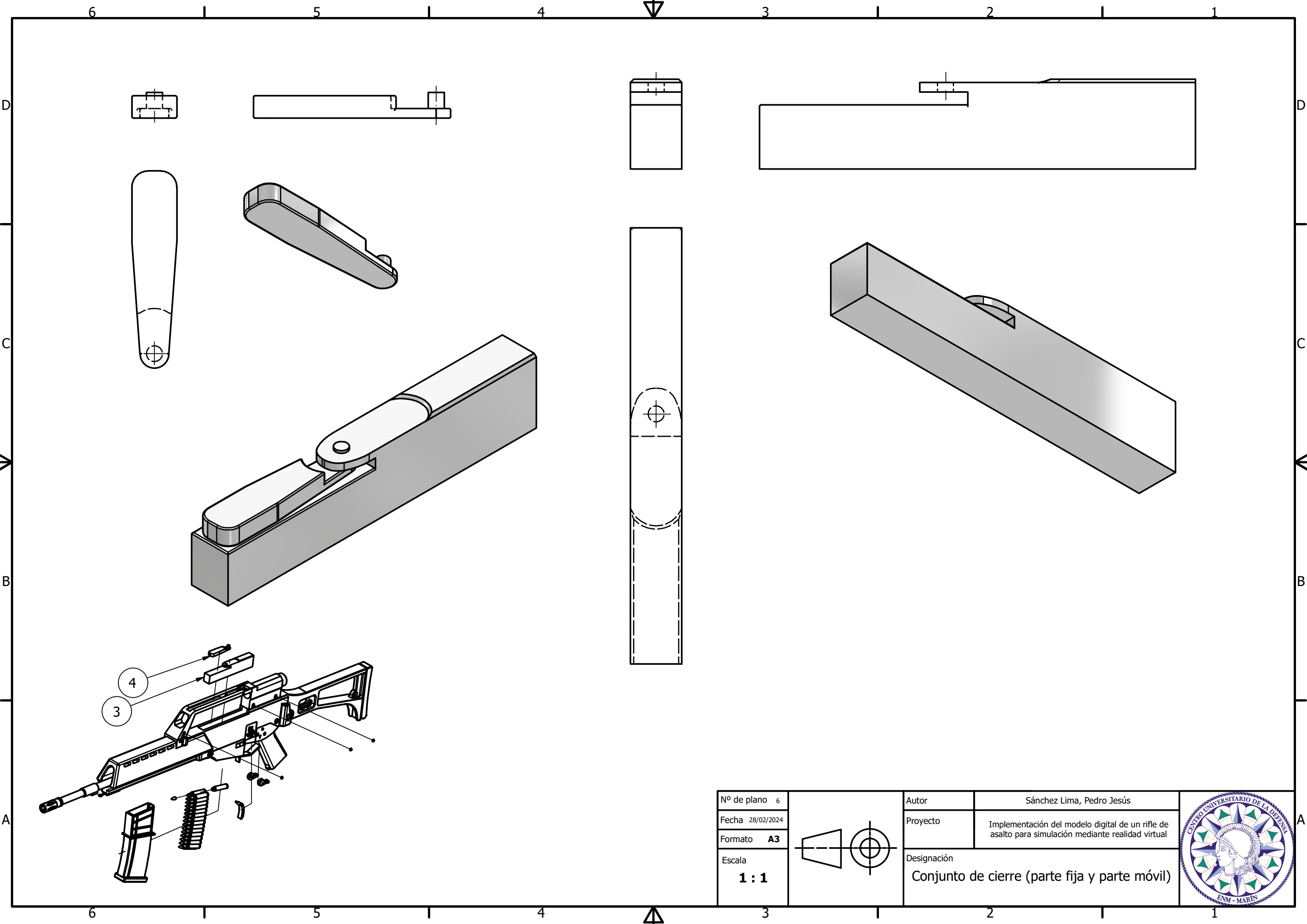


SECCIÓN C-C
ESCALA 1/5

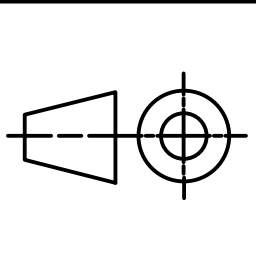


Nº de plano	5		Autor	Sánchez Lima, Pedro Jesús
Fecha	28/02/2024		Proyecto	Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para simulación mediante realidad virtual
Formato	A2		Designación	Cuerpo del arma
Escala	1 : 5			



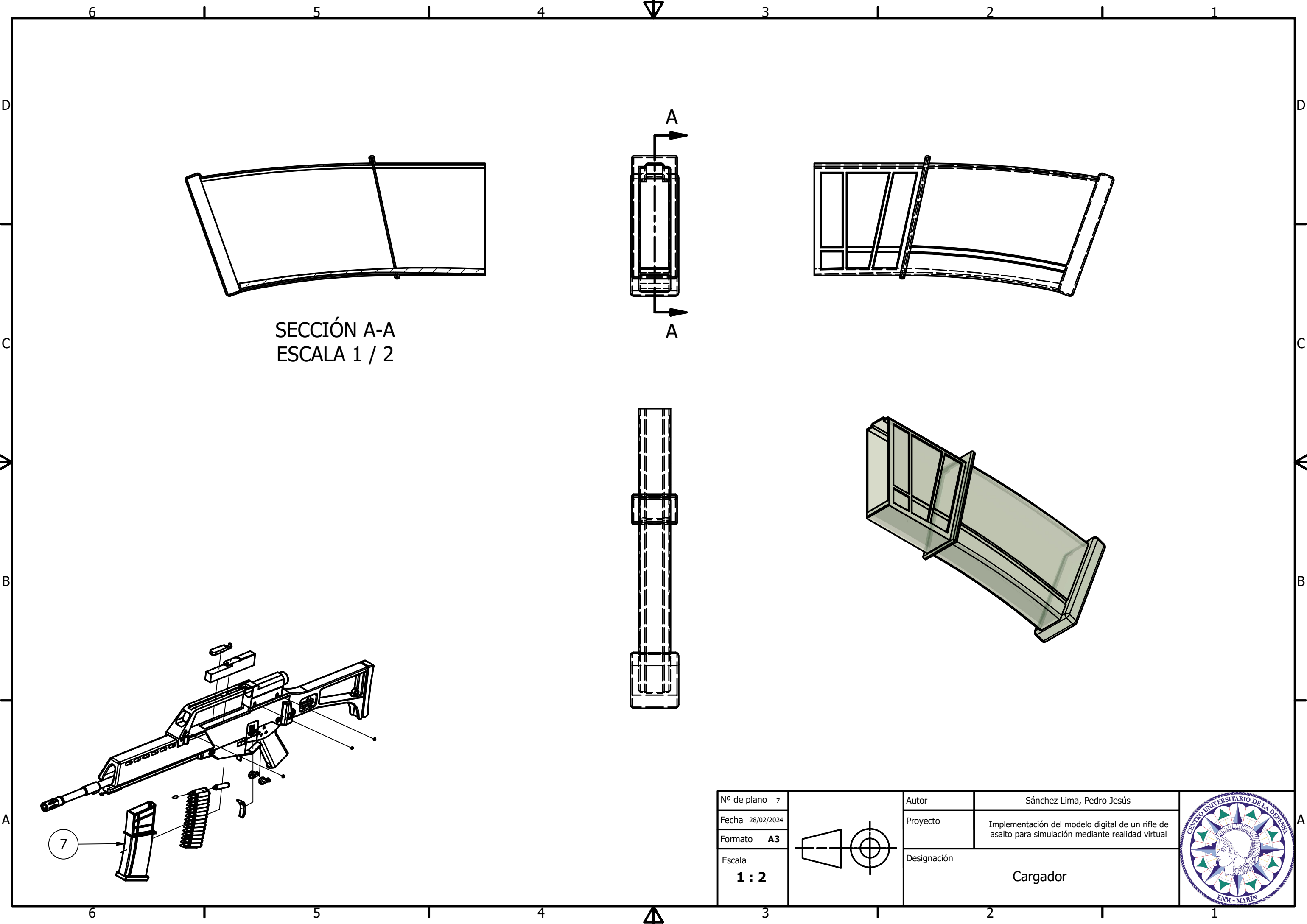


Nº de plano	6
Fecha	28/02/2024
Formato	A3
Escala	1 : 1

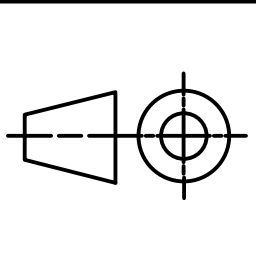


Autor	Sánchez Lima, Pedro Jesús
Proyecto	Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para simulación mediante realidad virtual
Designación	Conjunto de cierre (parte fija y parte móvil)



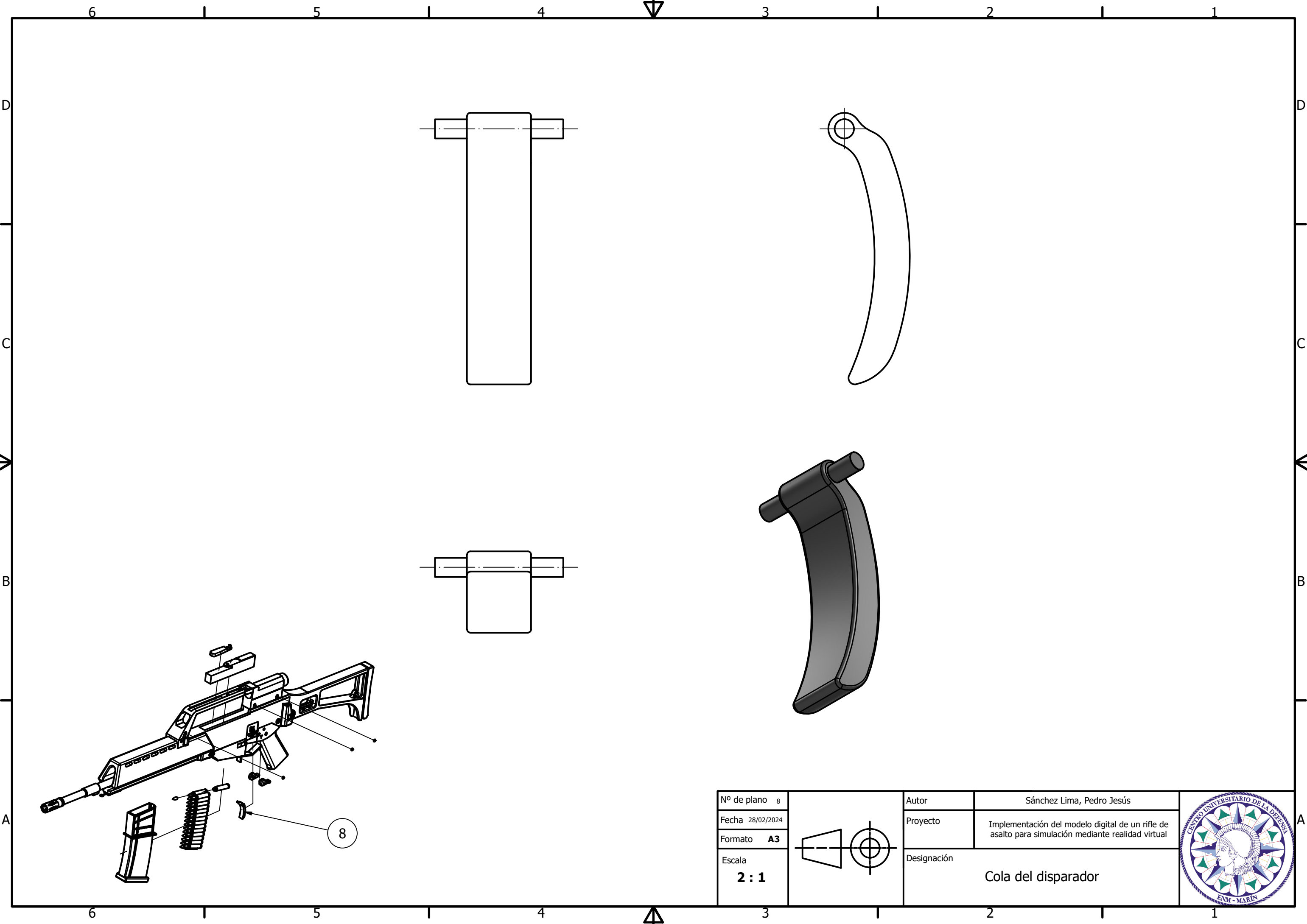


Nº de plano	7
Fecha	28/02/2024
Formato	A3
Escala	1 : 2

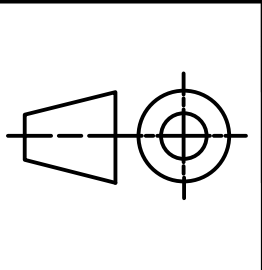


Autor	Sánchez Lima, Pedro Jesús
Proyecto	Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para simulación mediante realidad virtual
Designación	Cargador



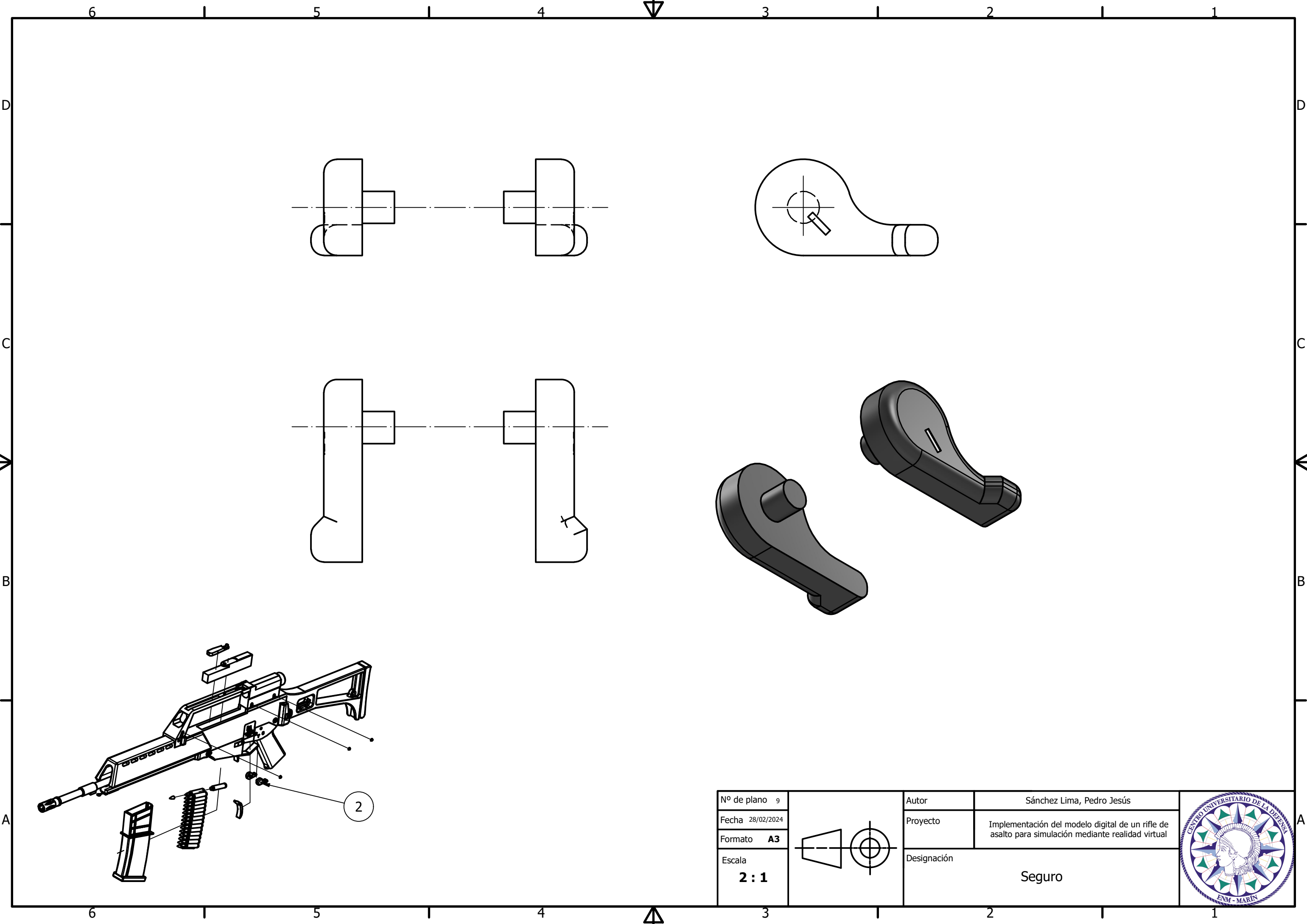


Nº de plano	8
Fecha	28/02/2024
Formato	A3
Escala	2 : 1

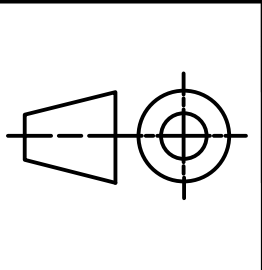


Autor	Sánchez Lima, Pedro Jesús
Proyecto	Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para simulación mediante realidad virtual
Designación	Cola del disparador



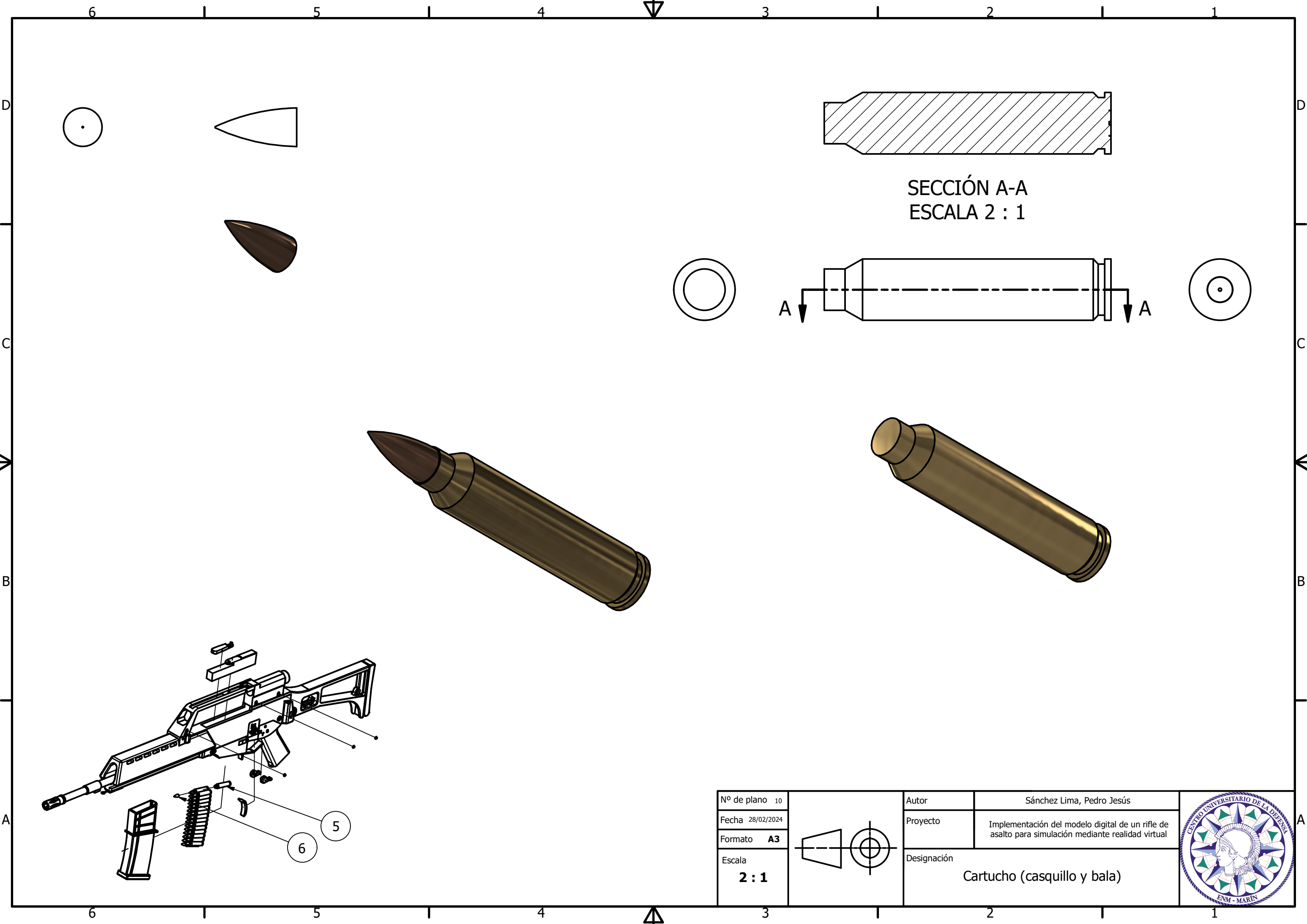


Nº de plano	9
Fecha	28/02/2024
Formato	A3
Escala	2 : 1

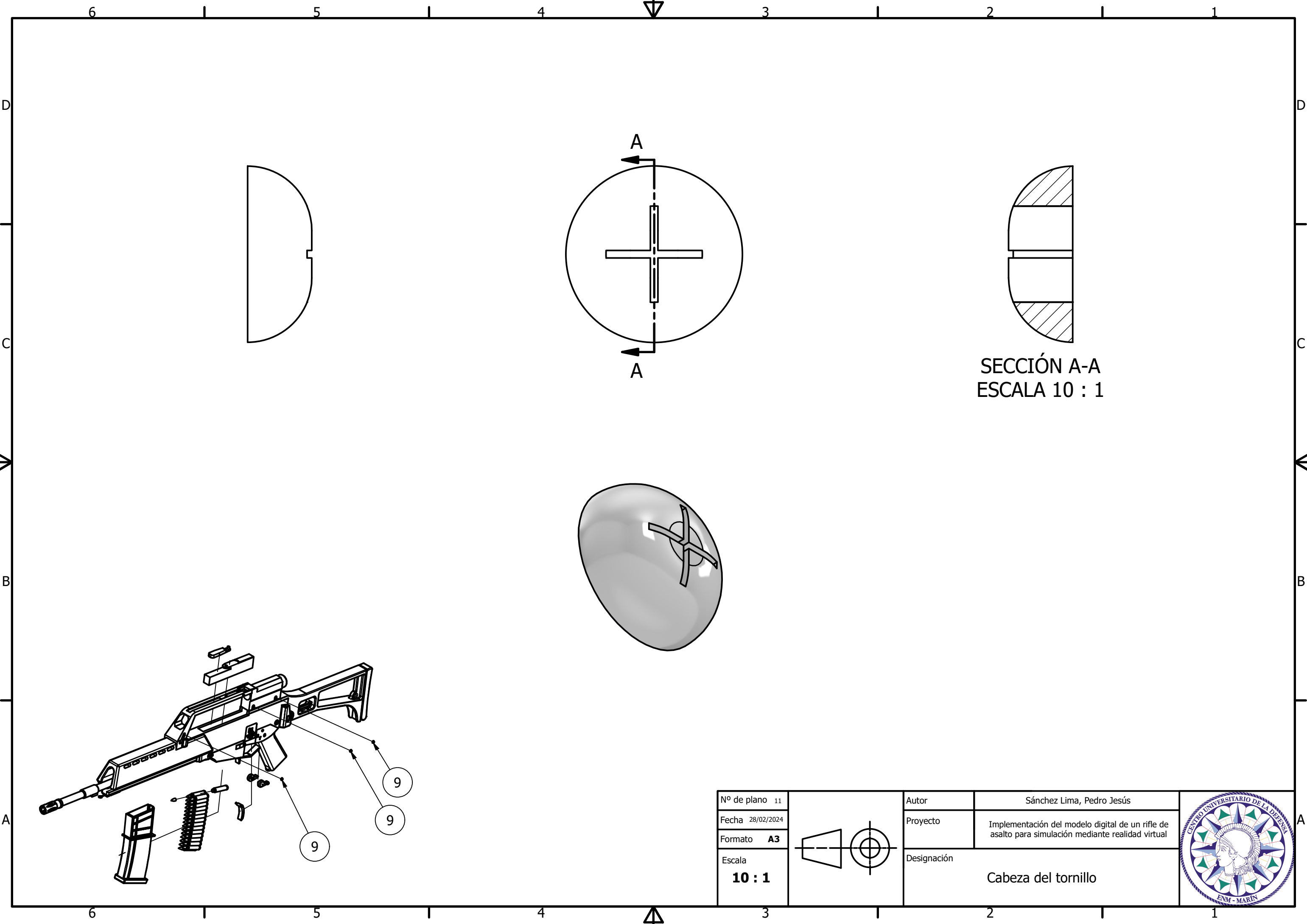


Autor	Sánchez Lima, Pedro Jesús
Proyecto	Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para simulación mediante realidad virtual
Designación	Seguro





Nº de plano	10		Autor	Sánchez Lima, Pedro Jesús	
Fecha	28/02/2024		Proyecto	Implementación del modelo digital de un rifle de asalto para simulación mediante realidad virtual	
Formato	A3		Designación		
Escala	2 : 1				
			Cartucho (casquillo y bala)		



4.3 Programación y simulación

Tras el largo proceso de diseño del arma y la programación de su código, se han validado las diferentes acciones y eventos implementados en el arma por medio de las gafas de RV Meta Quest 3 para comprobar si existían errores en todo el proceso de movimientos con ésta.



Figura 4-6 Usuario utilizando las gafas Meta Quest 3

4.1.3.1 Escenario

Para las diferentes pruebas y evaluaciones se ha modificado un entorno virtual proporcionado por el propio software de Unreal Engine, consistente en un espacio dividido en dos partes bien diferenciadas: un recinto cerrado y abierto al cielo dónde existían diferentes cubos de colores grisáceos sin ninguna acción asociada y otros cubos de menor tamaño (amarillos y grises) con características físicas que posibilitaban su movimiento libre y la interacción con otros objetos por medio de colisiones, además de contar con una zona central utilizada a modo de mesa para dejar posada el arma y los diferentes cargadores utilizados; y un local cerrado con iluminación propia proveniente de una especie de hoguera simulada.

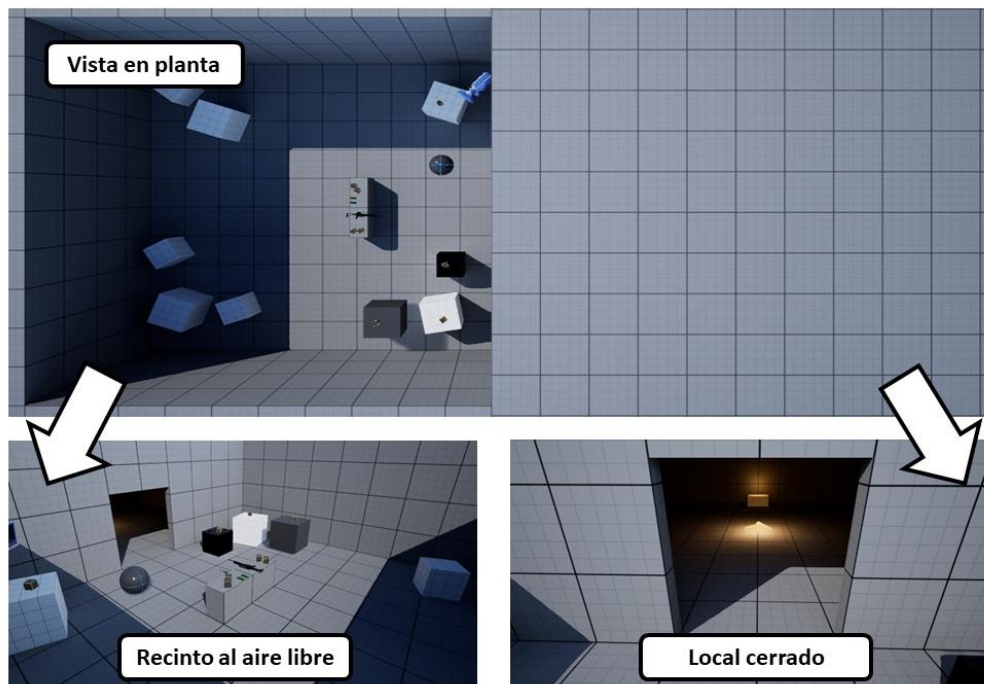


Figura 4-7 Vistas del escenario virtual

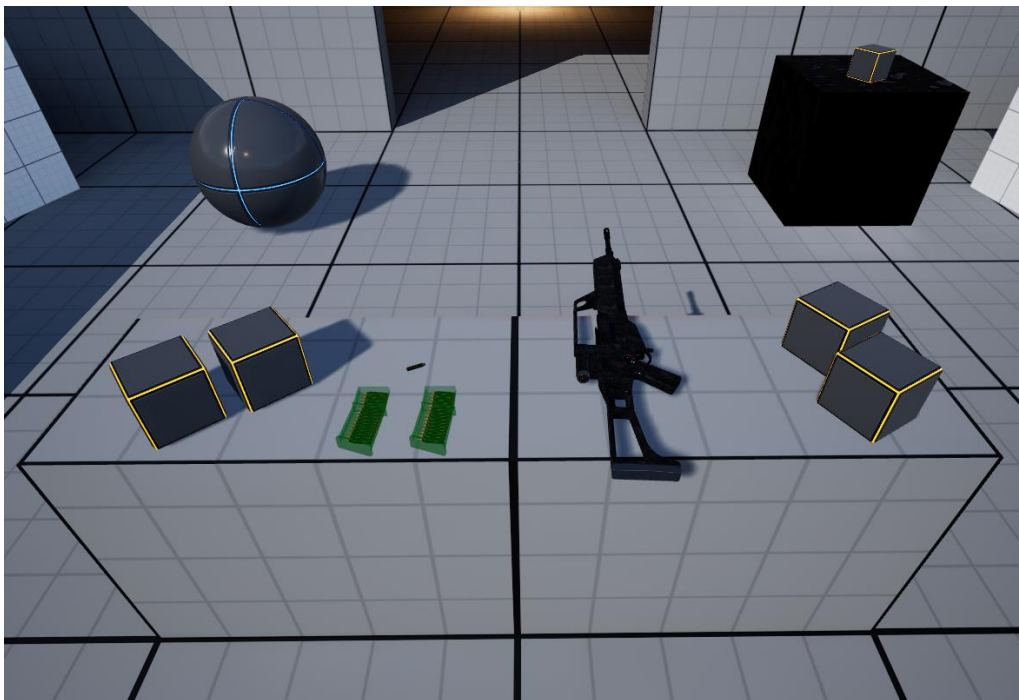


Figura 4-8 Detalle de la mesa dentro del escenario virtual

4.1.3.2 Acciones con el arma

En primer lugar y como objetivo principal del proyecto, el arma, en este caso el fusil de asalto HK-G36-E, debía realizar el comportamiento y las acciones típicas de un fusil de asalto para que el combatiente estuviera inmerso en un adiestramiento total para el combate por medio de la realidad virtual. Tras el análisis y evaluación realizadas por medio de la simulación virtual, se ha podido demostrar la ejecución con éxito de todos los movimientos realizados con programación respecto al arma. A continuación, se detalla una lista de todos ellos, acompañados de una breve explicación de cada uno.

- Disparo: el código de disparo se ejecuta perfectamente al presionar el botón de disparo en el mando, ejecutándose a la vez el movimiento del dedo índice en la RV y proyectándose la bala en la dirección en la que se apunta.
- Cargar el arma: manteniendo con una mano agarrada el arma (indistintamente), con la mano sobrante se ha cargado el arma, observándose el movimiento continuo y limitado del conjunto de cierre.
- Cola del disparador: al efectuar el disparo, la cola del disparador acompañaba al dedo índice en su recorrido.
- Seguro: el movimiento del seguro se realiza de manera correcta, posibilitando la acción de disparo al encontrarse en la posición “T” (tiro a tiro) y reteniéndola al encontrarse en la posición “S” (seguro).
- Efectos visuales y sonoros: movimientos como la introducción del cargador, el cargado del arma o el disparo llevan asociados elementos sonoros para aumentar su realismo, a la vez de poseer efectos visuales, como pasa al efectuar un disparo. Además, se adjuntan otros efectos visuales como es la salida lateral del casquillo al realizar el proceso de disparo y la desaparición del cartucho en su respectivo cargador.
- Comprobaciones y condicionantes para efectuar el disparo: el conjunto de condiciones durante la ejecución del disparo se realiza sin errores (no ejecutar el disparo hasta no introducir el cargador, cargar el arma y quitar el seguro, bala en la recámara, no disparar si no existen más cartuchos en el cargador, ...)



Figura 4-9 Extracto de las acciones del arma

4.1.3.2 Acciones con el cargador

También se han evaluado las diferentes características y acciones a realizar con el cargador, enumerándose a continuación una lista con los resultados más importantes obtenidos.

- Material: el material translúcido creado permite la visualización de cuantos disparos quedan en el cargador, tal y como se puede realizar en la vida real.
- Agarre: el agarre del cargador es coherente con la disposición de los dedos de la mano.
- Introducción y extracción del cargador: el movimiento de introducir y sacar el cargador se realiza de manera correcta y sin limitaciones.
- Contador de cartuchos: cada cargador dispuesto en el entorno de RV es capaz de llevar una cuenta propia de cuántos disparos le quedan, independientemente de las veces que se cambie de cargador.
- Cantidad: se pueden implementar un número indefinido de cargadores en la simulación, para posibilitar el intercambio entre ellos.

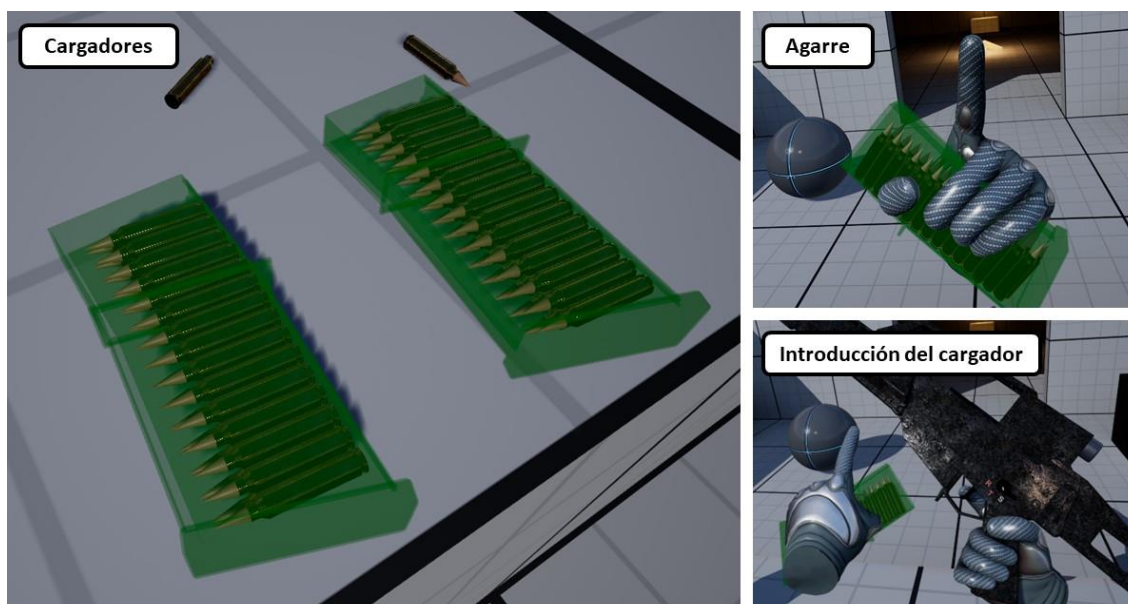


Figura 4-10 Extracto de las acciones del cargador

4.1.3.3 Visor del arma

Una de las partes esenciales para un arma es su sistema de apuntamiento. Con el visor instalado en el HK-G36-E se consigue el aumento necesario y una perfecta coherencia entre el centro de su retícula y la alineación del cañón. Además, cuenta con la posibilidad de cambiar sus valores en la configuración para pasar de un aumento de 1,5 a uno de 3 y viceversa.

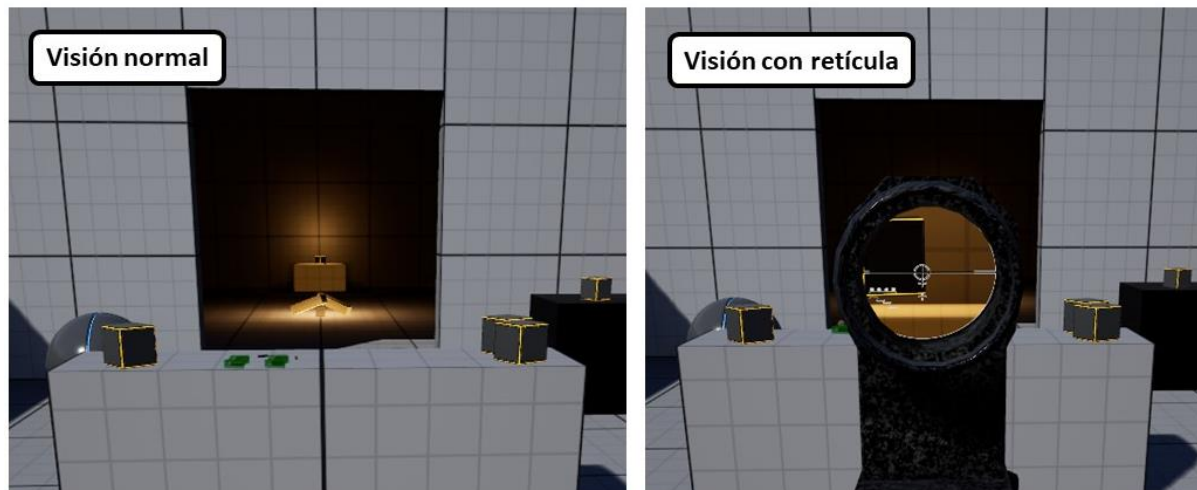


Figura 4-11 Comparación respecto al uso del visor

4.1.3.4 Vídeo demostración

Para demostrar la funcionalidad de la simulación de manera más general y visual, a continuación, se adjunta un código QR, por el cual, mediante su escaneo con cualquier dispositivo, se podrá visualizar una pequeña demostración de todos los puntos mencionados en los apartados anteriores en conjunto.



Figura 4-12 Captura y código QR del vídeo demostración

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Descripción del apartado

En este apartado se exponen las conclusiones obtenidas de las diferentes etapas del desarrollo del presente trabajo. A continuación, se procede a hacer una recapitulación con una conclusión del proyecto en su totalidad, en la que se determina si se han conseguido alcanzar de manera satisfactoria todos los objetivos establecidos al inicio del proyecto. Finalmente, se hace una breve reseña de la posibles mejoras o modificaciones futuras del proyecto, así como algunas posibilidades de desarrollo que permitirían ampliar el alcance y capacidades de la simulación realizada.

5.2 Conclusiones

5.2.1 Diseño del arma

La aportación del diseño del fusil de asalto HK-G36 E realizado de manera propia ha aportado al trabajo un elemento diferenciador. La capacidad autodidacta de realizar diseños de diferentes armas o modificaciones de las ya existentes implica la independencia respecto a agentes externos que aporten este tipo de archivos, con su consecuente ahorro en costes.

5.2.2 Informática gráfica

Con el fin de que el diseño del arma realizado previamente pudiese cumplir con los objetivos del proyecto, se empleó la informática gráfica. Su uso permitió programar el comportamiento del arma de manera sencilla y visual, perfecto para personal y usuarios con poca experiencia en el software. Gracias a la visualización sencilla y clara de la programación, permitió detectar errores y añadir mejoras a todos los componentes del proyecto en cualquier momento del desarrollo.

Sin el proceso de programación elaborados durante esta fase no habría sido posible lograr un diseño que cumpliese con los objetivos establecidos al inicio del proyecto.

5.2.3 Realidad Virtual

La capacidad inmersiva del proyecto gracias a las gafas de RV Meta Quest 3 supone un elemento innovador, proporcionando al usuario la introducción total en la simulación, por medio de los efectos de sonido, visuales, libertad de movimiento y manejo con el arma.

En resumen, se trata de la herramienta perfecta para el uso en las Fuerzas Armadas, en cuanto a adiestramiento del soldado se refiere, aportando las capacidades y adaptación que el combatiente necesita para abordar las situaciones de riesgo.

5.2.4 Conclusión final

De manera general y, considerando todo lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que se han conseguido alcanzar con éxito todos los objetivos establecidos al comienzo de la elaboración de este trabajo. Esto quiere decir que se ha logrado el diseño de un arma por medio de un software comercial de fácil manejo y aprendizaje, proporcionando todas las características específicas de un arma, implementándose en un software de programación gráfica, dotándola de movimientos, efectos y acciones para finalmente validar su fiabilidad y manejo por medio de la simulación con RV.

Se ha logrado obtener una plataforma de simulación para el entrenamiento militar de tiro con arma de fuego y manejo de todos sus componentes, útil para el adiestramiento del combatiente de las Fuerzas Armadas de manera complementaria o alternativa a los métodos entrenamiento con armas de fuego existentes en la actualidad.

Habiendo finalizado el presente proyecto, se puede concluir y afirmar que el desarrollo de entornos de RV para el adiestramiento de los soldados es una pieza clave en la actualidad de todas las Fuerzas Armadas que apuestan por un desarrollo tecnológico acorde a la actualidad en que se encuentra inmersa la sociedad, siendo en un futuro cercano la pieza angular sobre la cual se basarán los entrenamientos militares, debido a su calidad de formación y enseñanza y a su bajo coste de implementación.

5.3 Líneas futuras

5.3.1 A corto plazo

En primer lugar, se podría llevar a cabo la mejora y optimización de la programación y código desarrollado en el presente trabajo, logrando así un funcionamiento más completo, fluido y la implementación de nuevas funcionalidades. Además, cabría la posibilidad de implementar nuevos tipos de armamento, como pistolas o subfusiles, e incluso aportar mejoras a las armas ya existentes, con la inclusión de accesorios como lanzagranadas o visores de largo alcance.

A su vez, la posibilidad de implementar la presente simulación en un entorno más realista o basado en campos de entrenamientos ya existentes en la realidad y la interacción con objetos reales como puertas o paredes aportaría ese toque de inmersión total que el combatiente necesita en sus entrenamientos, aumentando así la mentalidad frente al combate en situaciones reales, así como el uso de comunicaciones para el adiestramiento simultáneo entre varios usuarios.

Por último, la implementación de soportes físicos que reproduzcan con exactitud la forma, aspecto y sensaciones de las armas reales utilizadas en las Fuerzas Armadas, incrementaría el aprendizaje y manejo de éstas por parte de los soldados, familiarizándose con ellas.

5.3.2 A largo plazo

El fomento y expansión del empleo de nuevas tecnologías provenientes de la Industria 4.0, y más detalladamente el uso de simulaciones de RV, debería de ser uno de los objetivos principales a aplicar para las Fuerzas Armadas.

A raíz de lo anterior, se podría plantear continuar de forma ardua y exhaustiva con el desarrollo de nuevas plataformas y simuladores para el adiestramiento de los miembros de las Fuerzas Armadas, adquiriendo así las competencias esenciales que un combatiente necesita hasta lograr la plena integración en el mundo 4.0.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Mosconi, *The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance*. Routledge, 2015.
- [2] C. B. Y. Cortés, J. M. I. Landeta, J. G. B. Chacón, F. A. Pereyra, y M. L. Osorio, «El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras», *Concienc. Tecnológica*, n.º 54, 2017.
- [3] R.- ASALE y RAE, «realidad | Diccionario de la lengua española», «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Accedido: 27 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/realidad>
- [4] «Perspectivas_realidadvirtual.pdf». Accedido: 27 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.thinkwithgoogle.com/_qs/documents/2027/c922f_15_perspectivas_realidadvirtual_quesignificainmersion.pdf
- [5] «Estrategia de Tecnología e Innovación». Accedido: 27 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Estrategia/Paginas/Defensa.aspx>
- [6] Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación, «Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa ETID - 2020». Ministerio de Defensa. Secretaría General Técnica., 28 de enero de 2021.
- [7] «Jornadas Tecnológicas». Accedido: 27 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Presentacion/Paginas/Jornadas%20Tecnologicas.aspx>
- [8] Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica, «Monografías del SOPT. Jornada tecnológica: simulación en el ámbito de la defensa».
- [9] «Publicaciones - Ejército de tierra». Accedido: 1 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ejercito.defensa.gob.es/publicaciones/index.html>
- [10] «Ejército del Aire - Multimedia - Fotos». Accedido: 1 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ejercitodelaire.defensa.gob.es/EA/ejercitodelaire/es/multimedia/fotos/>
- [11] Armada, «Presentación Galerías Fotográficas - Galería Fotográfica - Armada - Ministerio de Defensa - Gobierno de España». Accedido: 7 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/multimedialogaleria/prefLang-es/>

- [12] «Meta Quest 3 | Meta Store». Accedido: 7 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.meta.com/es/quest/quest-3/>
- [13] «HTC VIVE Standalone and PC VR Headsets, VR Glasses, AR, and MR». Accedido: 7 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.vive.com/us/product/>
- [14] «PlayStation VR | Vive el juego con PS VR», PlayStation. Accedido: 8 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.playstation.com/es-es/ps-vr/>
- [15] «Nuevo Gear VR | SM-R323NBKAPHE | Samsung Empresas España», Samsung es. Accedido: 8 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.samsung.com/es/business/mobile-accessories/gear-vr-r323-sm-r323nbkaphe/>
- [16] «Heckler-Koch», Heckler-Koch. Accedido: 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.heckler-koch.com/en/Products/Military%20and%20Law%20Enforcement/Assault%20rifles/G36?section=overview&s=true>
- [17] D. D. I. E. Lima, «Aplicación, adaptación y mejoras del fusil de asalto en unidades mecanizadas».
- [18] M. A. Betancur Rodríguez, «Ingeniería inversa aplicada: metodología y aplicaciones industriales», 2011.
- [19] I. Troya Morales, «Diseño e impresión 3D de un dispositivo físico para simulación», 2022, Trabajo Fin de Grado obtenido del repositorio institucional del CUD de la ENM Calderón, disponible en: <http://calderon.cud.uvigo.es/>
- [20] R.- ASALE y RAE, «diseño | Diccionario de la lengua española», «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Accedido: 9 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/diseño>
- [21] «Introducción a los Sistemas CAD, CAM y CAE». Accedido: 8 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: http://ocw.uv.es/ingenieria-y-arquitectura/expresion-grafica/eg_tema_2.pdf
- [22] «Epic Games | Home», Epic Games. Accedido: 18 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.epicgames.com>
- [23] «Unreal Engine | The most powerful real-time 3D creation tool», Unreal Engine. Accedido: 18 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.unrealengine.com/en-US/>
- [24] «Steam Link en Steam». Accedido: 20 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://store.steampowered.com/app/353380/Steam_Link/
- [25] «GeForce RTX 2080 SUPER Disponible Ahora: Más núcleos, Relojes Superiores, Memoria más Rápida». Accedido: 27 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.nvidia.com/es-la/geforce/news/nvidia-geforce-rtx-2080-super-out-now/>
- [26] «ISO - Directives and Policies», ISO. Accedido: 18 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/directives-and-policies.html>

ANEXO I: IMPLICACIONES SOCIALES, Y/O ECONÓMICAS, Y/O AMBIENTALES

En la actualidad, el auge de ciertos sectores dentro de la novedosa “Industria 4.0” están haciendo que numerosas empresas y organizaciones opten por una tecnología innovadora. La RV, uno de los pilares fundamentales en los que se soporta la Industria 4.0, se está conformando como un nuevo conjunto de técnicas revolucionarias al alcance, cada vez más, de compañías de gran porte e incluso de PYMES (Pequeñas Y Medianas Empresas) para abarcar una serie de tareas y cometidos que anteriormente supondrían mayores costes económicos y materiales. Dentro del ámbito de la Fuerzas Armadas se pueden destacar una serie de aspectos tanto sociales, económicos como ambientales. A continuación, se enumeran y citan las siguientes implicaciones.

Respecto a **aspectos sociales**, destaca principalmente la accesibilidad a los entrenamientos de tropas con el uso de simulaciones de RV, propiciando que se elimine el factor humano en el entrenamiento con armas de fuego, con sus consecuencias en caso de cualquier situación comprometida, a la vez que mentalizar a las tropas en el uso de armas de fuego, sus medidas de seguridad, la ambientación en un entorno de combate y la eliminación de ciertos recelos vinculados a este tipo de dispositivos para el combate.

En cuanto a **implicaciones económicas**, la utilización de simuladores de RV para el combate y entrenamiento de tropas a supuesto un decremento en costes sobre munición, armamento y/o transporte, cambiándose por sistemas que no requieren una inversión monetaria continua y un mantenimiento exhaustivo, en comparación con el uso de armas reales. Además, los softwares usados para los simuladores proporcionan la ventaja de recibir actualizaciones que mejoren las capacidades del combatiente en un entorno virtual.

Sobre **implicaciones en el ámbito ambiental**, hay que destacar la eliminación de residuos provenientes del entrenamiento con armas de fuego reales, véase casquillos, material para las sesiones de tiro e incluso a exhaustación de diferentes gases contaminantes provenientes de los vehículos para el transporte de material y personal implicado. A su vez, con la implementación de simuladores de combate con RV, se han suprimido la posible contaminación acústica proveniente del sonido al disparar las diferentes armas, provocando un tremendo impacto en la sociedad e, incluso, en el medio natural, debido a que los entrenamientos se realizan normalmente en entornos naturales donde habita una gran variedad de fauna y flora.

En definitiva, la entrada de los simuladores de combate con RV en las Fuerzas Armadas han provocado una mejora en todos los ámbitos, aumentando exponencialmente con el avance y descubrimiento de nuevos sistemas de RV y perfeccionamiento de los ya existentes.

ANEXO II: REFLEXIONES ÉTICAS Y SOCIALES

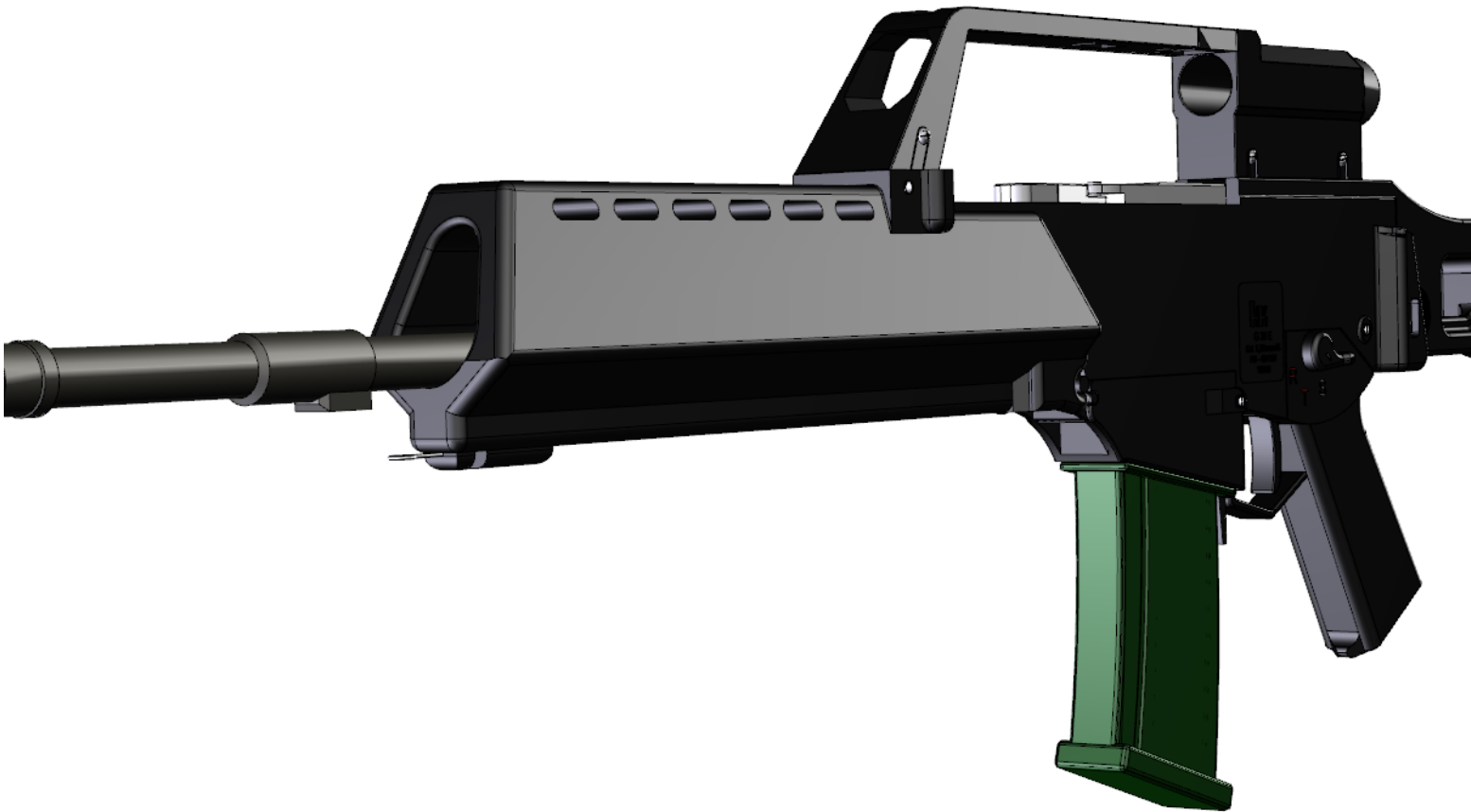
El adiestramiento de las tropas con armas en simulación virtual ofrece una ocasión única para crear, modificar o eliminar planeamientos tácticos y estratégicos que se relacionen con el movimiento y uso de armas de fuego portátiles, tales como pistolas y fusiles, además de reducir los posibles riesgos provenientes del entrenamiento con armas de fuego reales. Sin embargo, esta innovadora forma de adiestramiento de las tropas plantea diferentes cuestiones éticas y sociales dignas de estudio.

En el mundo actual, derivado de las diferentes guerras y conflictos existentes en Oriente Medio y Este de Europa, existe una gran controversia en la sociedad sobre el uso activo de armas de fuego para suprimir dichos conflictos. A su vez, las numerosas incidencias provocadas por el mal uso de las armas o el fallo de alguno de sus mecanismos que hace que se produzca un disparo accidental, contribuyen aún más a la negación de parte de la sociedad del uso de armas de fuego. Es por eso por lo que hay que realizar un gran esfuerzo para mostrar a la sociedad que el uso de las armas de fuego es exclusivo y usado como último recurso para la protección de los bienes y de la población en caso de conflicto armado. Debido a este pilar fundamental, el entrenamiento de las tropas con las armas se convierte en uno de los objetivos principales de las Fuerzas Armadas. Para suavizar dicha situación social, el uso de la simulación virtual para el adiestramiento de los soldados ofrece una visión más tranquilizadora y reconfortante por no usar fuego real, con sus posibles y catastróficas consecuencias en el entrenamiento.

En el ámbito más individual y usando como sujeto al combatiente sin experiencia real, el uso de las armas de fuego puede provocar en ocasiones el florecimiento de temores y recelos en el uso de este tipo de material bélico o, en el caso contrario, el decremento sobre la idea del valor de la vida y la dignidad humana durante los entrenamientos. Debido a estas dos situaciones tan dispares, se deben crear una serie de normas de seguridad, regulaciones y conferencias sobre el uso adecuado de armas de fuego que eviten el incremento de estas ideas, incluso en el uso de entrenamientos por medio de simulaciones virtuales, tratándose como si fueran ejercicios con fuego real.

En definitiva, el adiestramiento de tropas por medio de las simulaciones virtuales ofrece una visión más sosegadora y calmante para la sociedad, a la vez que limita el desarrollo de conceptos y percepciones incorrectas sobre el uso de armas de fuego.

ANEXO III: MODELO DIGITAL INTERACTIVO



Título 3D Interactivo

Detalle HK G36 E

Vista Conjunto

Proyecto Trabajo Fin de Grado

Centro CUD / ENM

Descripción

Este modelo interactivo permite una mejor comprensión de conjunto mediante la visualización tridimensional del dispositivo diseñado.

Mediante el uso del ratón sobre la imagen se puede interactuar con la misma, aumentando, disminuyendo o desplazando el contenido.

Asimismo, se presentan diferentes vistas del conjunto descrito, que favorecen y complementan la interpretación visual de la realidad descrita mediante el modelo.

Se puede seleccionar entre las diferentes opciones simplemente con elegir la indicada de entre todas las disponibles en el panel desplegable.

EL CONTENIDO QUE SE PRESENTA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD E INFORMACIÓN RESTRINGIDA.

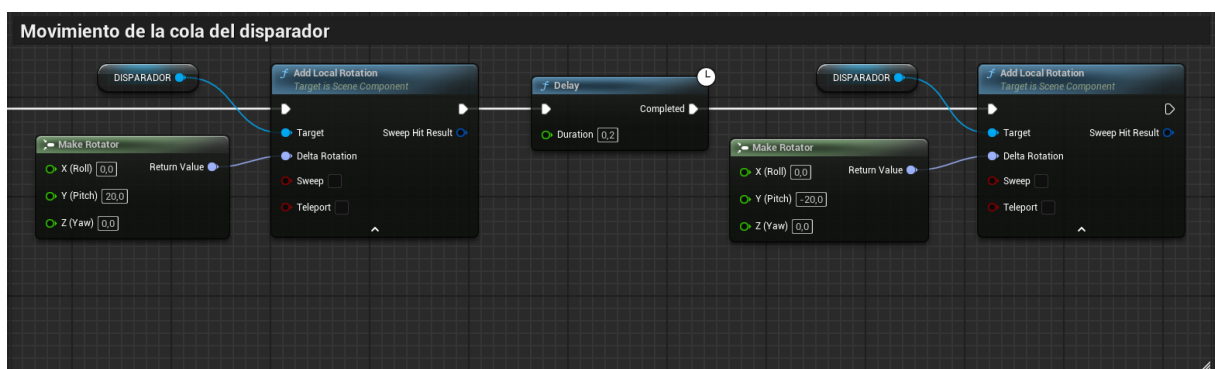
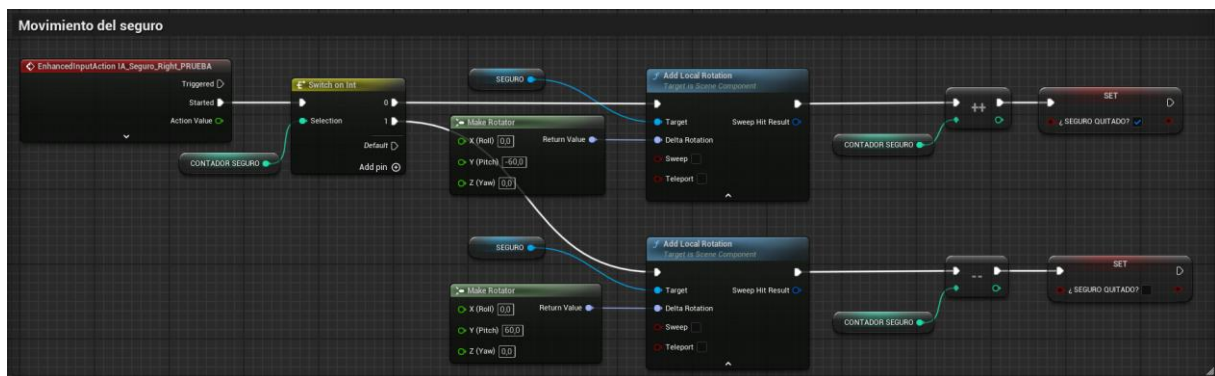
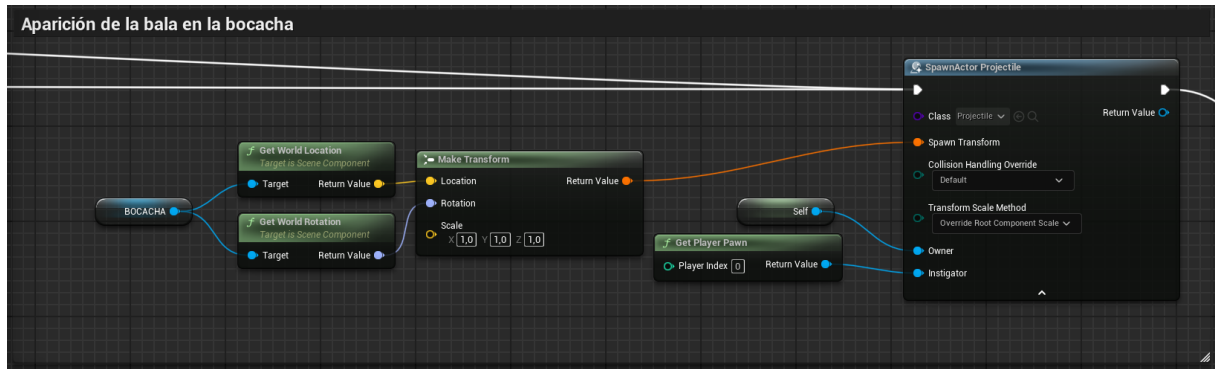
ESTA INFORMACIÓN NO SE PUEDE UTILIZAR, REPRODUCIR, PUBLICAR O REVELAR A TERCEROS SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO.

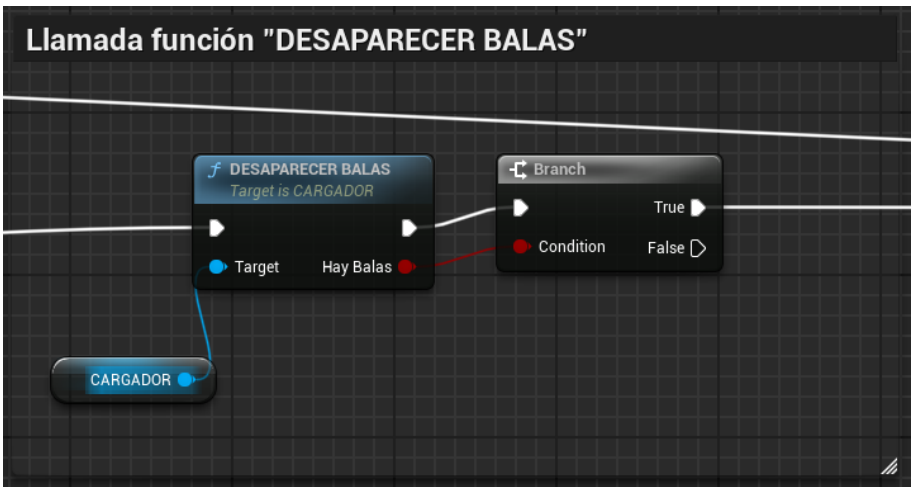
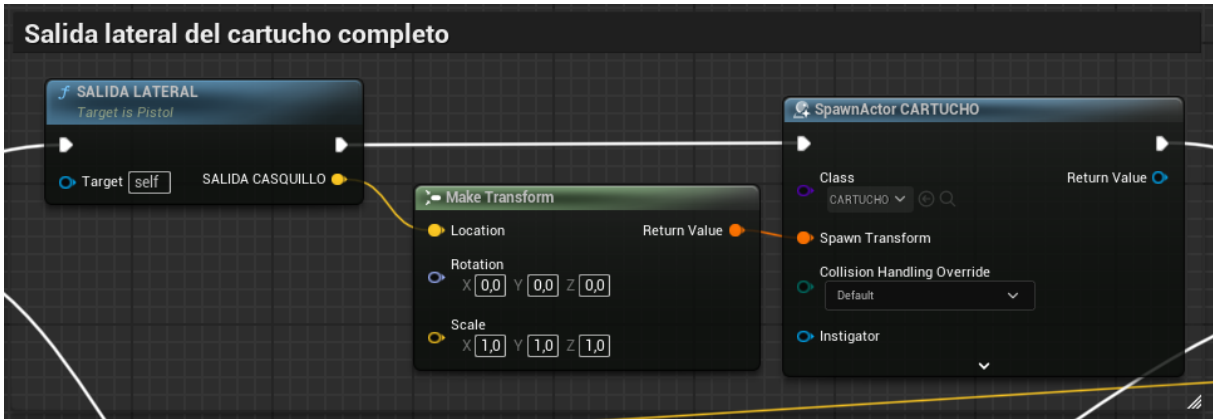
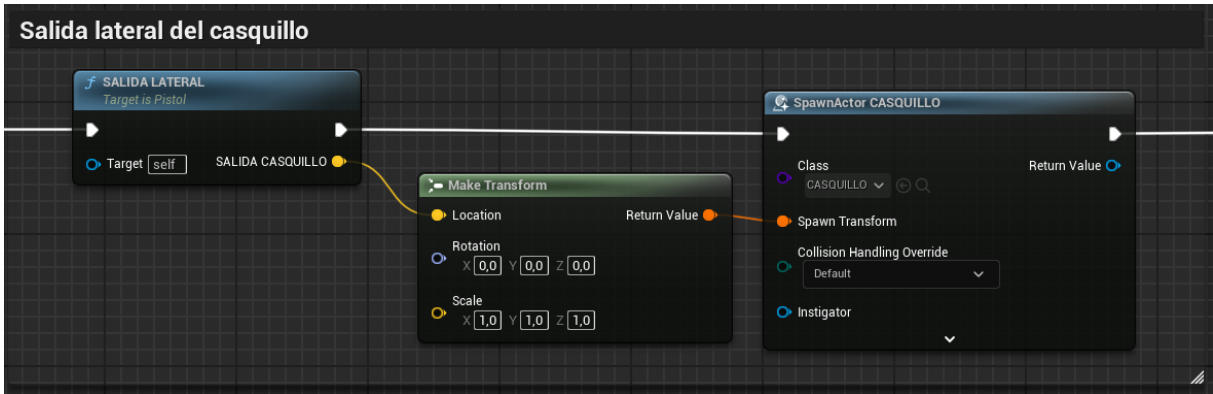
CUALQUIER USO INADECUADO DE DICHA INFORMACIÓN PODRÁ SER DENUNCIADO ATENDIENDO A LA NORMATIVA.



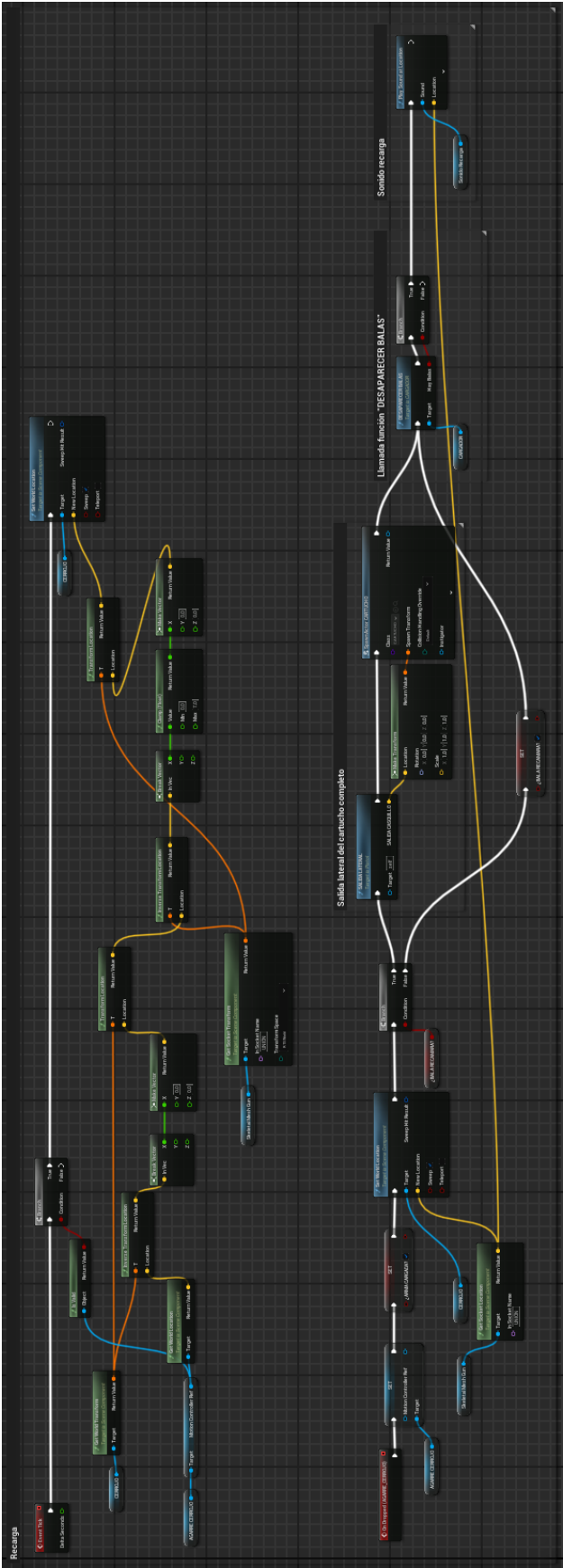
Default

ANEXO IV: BLOQUES DE CÓDIGO DEL ARMA

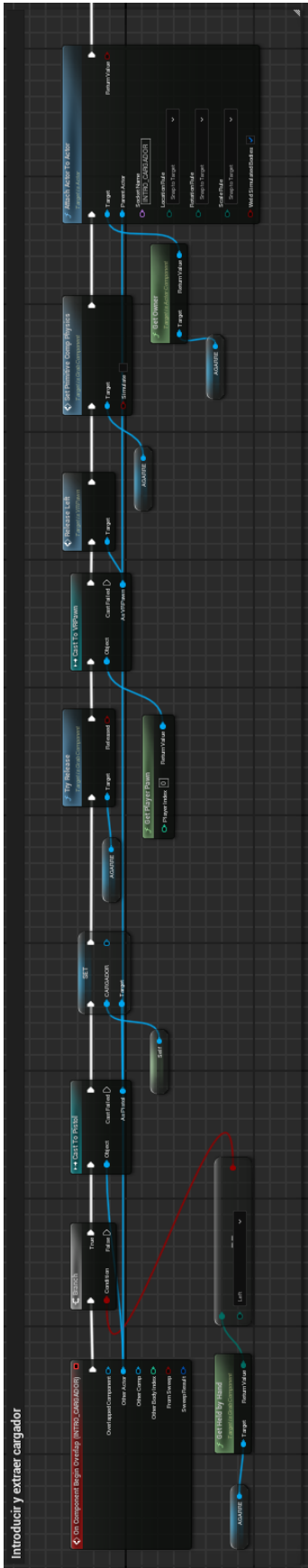


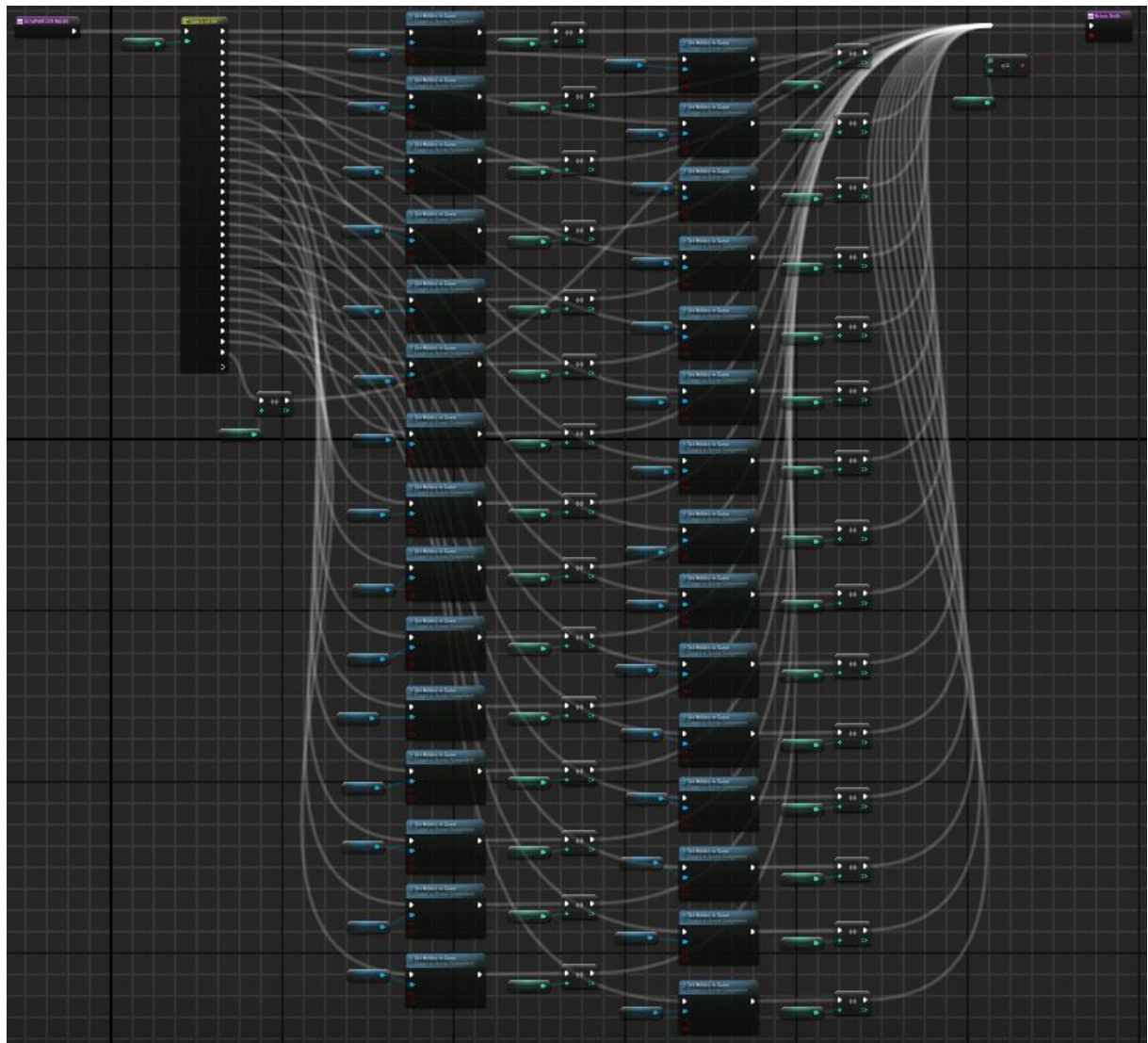


ANEXO V: BLOQUES DE CÓDIGO DE LA RECARGA

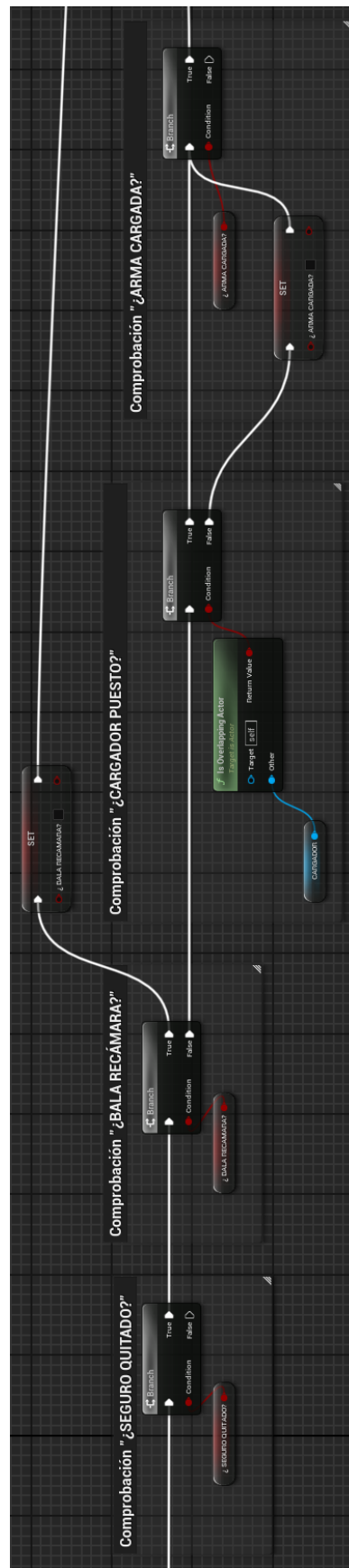


ANEXO VI: BLOQUES DE CÓDIGO DEL CARGADOR

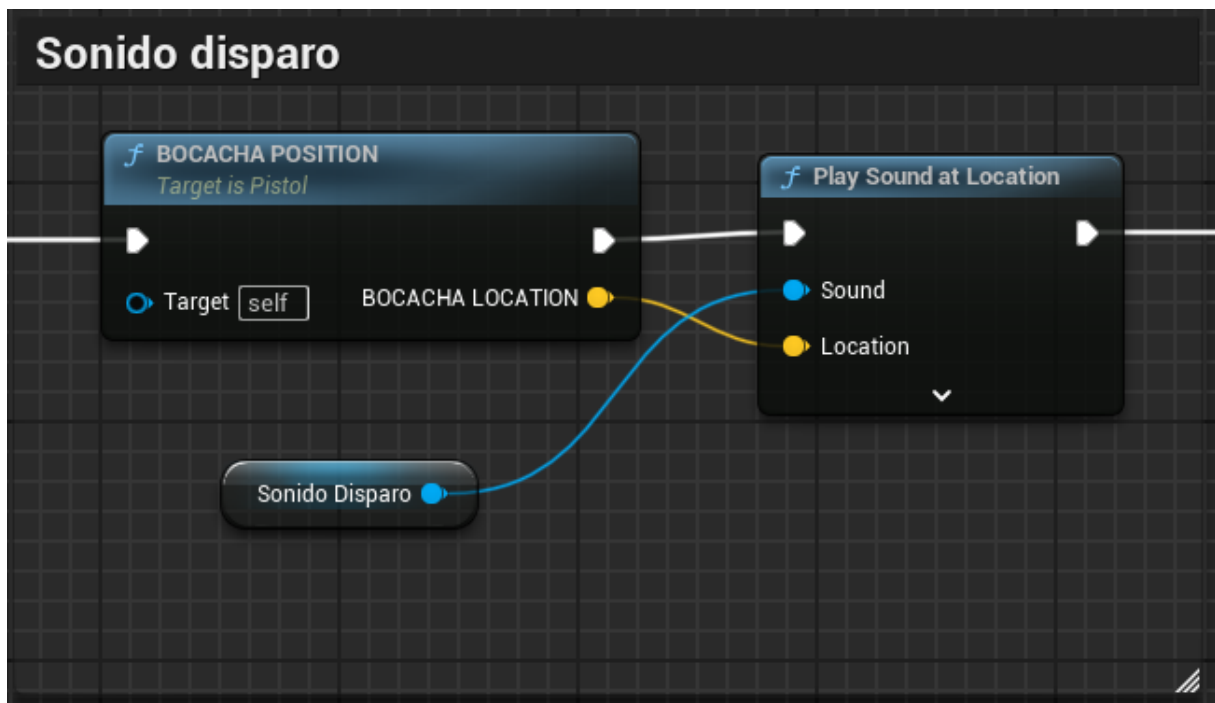
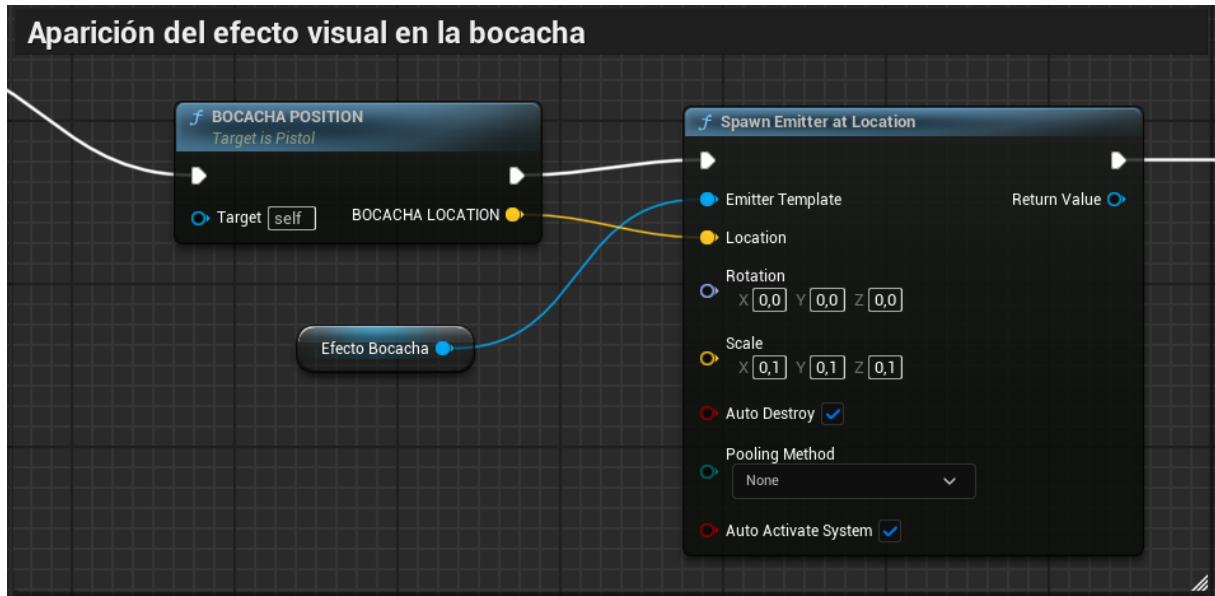


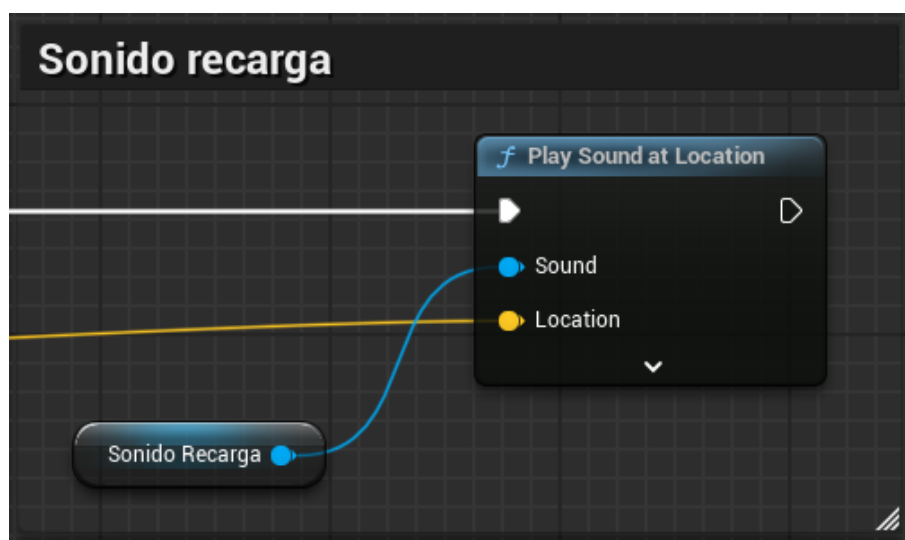
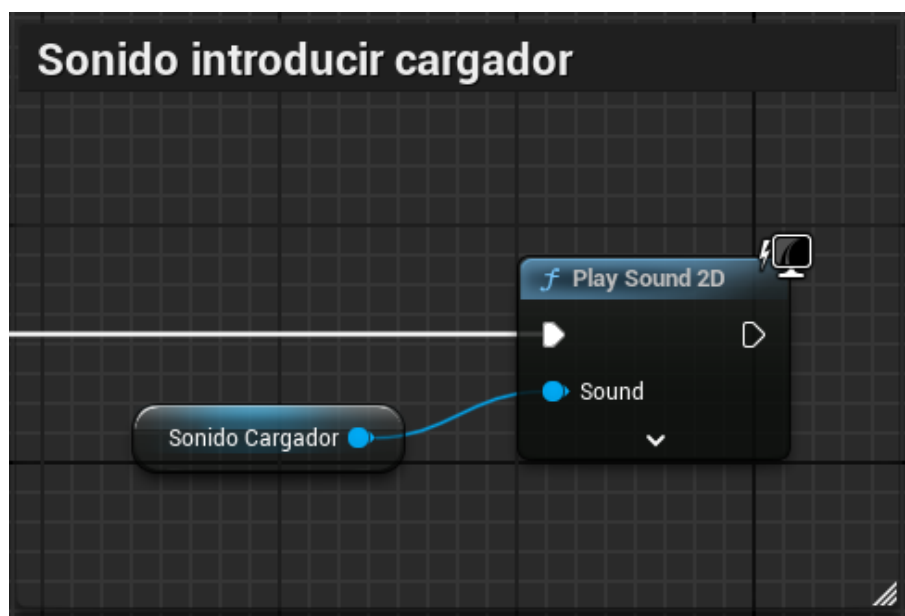


ANEXO VII: BLOQUES DE CÓDIGO DE COMPROBACIONES Y CONDICIONES PARA EFECTUAR EL DISPARO



ANEXO VIII: BLOQUES DE CÓDIGO DE EFECTOS VISUALES Y SONOROS





ANEXO IX: MANUAL DE SEGURIDAD DE META QUEST 3

MANUAL DE SEGURIDAD
Y GARANTÍA



META QUEST 3

INFORMACIÓN SOBRE SALUD
Y SEGURIDAD

⚠ ADVERTENCIA Para reducir el riesgo de lesiones personales, molestias o daños materiales, asegúrate de que cada usuario de tu Meta Quest 3 lee atentamente todas las advertencias e instrucciones antes de utilizarlo.

⚠ ADVERTENCIA Guarda esta información para futuras referencias. Las características y accesorios disponibles para tu Meta Quest pueden cambiar. Visita meta.com/quest/warnings para obtener la información más actualizada.

■ Además de las versiones actualizadas de las advertencias, este sitio ofrece un índice y una versión accesible en texto de mayor tamaño.

⚠ ADVERTENCIA Lee y sigue todas las advertencias e instrucciones proporcionadas con cualquier aplicación, contenido o accesorio que utilices con tu Meta Quest. Si no lo haces, pueden producirse lesiones personales o daños materiales.

⚠ ADVERTENCIA ESTE SISTEMA NO ESTÁ EQUIPADO CON UN SISTEMA DE PROTECCIÓN. Tu Meta Quest no debe utilizarse para situaciones críticas o para salvar vidas.

Visita el Centro de Seguridad en meta.com/quest/safety-center para obtener más información sobre el uso seguro de tu Meta Quest.

■ Tu **Meta Quest** incluye el visor Meta Quest 3, los controladores autorizados, el sistema operativo, las aplicaciones y la base de carga, cables, adaptador de corriente y accesorios autorizados.

Lectura y uso de esta Guía de seguridad
y garantía

Para ayudarte a utilizar esta guía, te proporcionamos recuadros útiles que también debes leer atentamente como parte de estas advertencias:

- Las casillas de definición de algunas palabras clave están marcadas con este símbolo (■).
- Las casillas de información proporcionan contexto sobre nuestras advertencias, marcadas con este símbolo (■).
- Otras secciones relevantes para la advertencia que estás leyendo están marcadas con este símbolo (➤). También deberías revisar la sección vinculada.

∞ Meta Quest 3

2

3

INDICE

Lectura y uso de esta Guía de seguridad y garantía	3
No apto para todos: niños y enfermedades preexistentes	5
No todos los niños están preparados para usar Meta Quest	5
Problemas médicos preexistentes	6
Interferencias con productos sanitarios y restricciones en determinados lugares	7
Usos prohibidos	7
Conseguir el ajuste adecuado	8
Ajuste del visor	8
Ajuste de los controles	9
Selección de aplicaciones y contenidos	9
Actividad física	11
Tu entorno, zona de actividad y contenido virtual	11
Percepción limitada	11
Elegir y preparar tu zona de actividad segura	12
Interactuar con el mundo físico	14
Molestias y otros síntomas físicos	17
Duración de la sesión y pausas	18
Orientaciones y limitaciones sobre el uso por parte de niños	19
Supervisar y garantizar el uso adecuado	20
Selecciona el contenido adecuado	21
Tu Meta Quest	22
Cuidado y manejo de Meta Quest	23
Alertas del sistema	25
Baterías, carga y temperatura	25
Baterías y carga	25
Temperatura	27
Mantén limpios los puntos de carga y el cable	27
Descarga eléctrica	28
Lesiones por una tensión recurrente	28
Pérdida auditiva	28
Enfermedades contagiosas	29
Láser	29
No es un producto sanitario	29

No apto para todos:
niños y enfermedades preexistentes

No todos los niños están preparados para usar Meta Quest

⚠ ADVERTENCIA No se recomienda su uso a niños pequeños o de menor tamaño, o si no se puede ajustar el visor para que encaje correctamente. No es un juguete. El uso por parte de niños puede provocar lesiones y efectos negativos, como fatiga muscular u ocular. Manténlo alejado de los niños que determines que no deben utilizar Meta Quest.



■ Edad mínima para crear una cuenta.

Es necesario tener una cuenta para usar Meta Quest, además deberá cumplir con requisitos concretos, como que el usuario tenga una edad mínima de 10 años (los requisitos varían según país). Consulta meta.com/quest/terms y la página de información para padres en meta.com/quest/parentinfo.

■ Los niños, sobre todo los más pequeños y de menor tamaño.

Los padres deben considerar detenidamente si su hijo está preparado para Meta Quest. El cuerpo de los niños suele estar menos desarrollado, por lo que sus ojos, cuello, espalda y fuerza pueden no permitirles utilizar Meta Quest con comodidad o seguridad. Puede que no tengan suficiente resistencia o que el visor no les quede bien. Esto es especialmente cierto para los niños pequeños, en cuanto edad o talla. También pueden tener reacciones más intensas ante los contenidos virtuales y les puede resultar más difícil distinguir los contenidos virtuales de los del mundo físico, incluso después de dejar de utilizarlos. Pueden no leer o entender las advertencias e instrucciones, o no mencionar la visión borrosa, el dolor u otros síntomas o molestias.

⚠ ADVERTENCIA

El uso de Meta Quest por parte de los niños debe estar siempre supervisado por un adulto para reducir la probabilidad de lesiones o daños materiales.

- Los adultos siempre deben ayudar a los niños:
- Lee, comprende y sigue las advertencias e instrucciones,
- Asegúrate de lograr un ajuste adecuado y una vista clara (➤ **Conseguir el ajuste adecuado**).
- Selecciona espacios de actividad adecuados para su uso (➤ **Elegir y preparar tu zona de actividad segura**).
- Establece límites virtuales (➤ **Elegir y preparar tu zona de actividad segura**).
- Selecciona el contenido adecuado (➤ **Seleccionar aplicaciones y contenidos**).
- Haz pausas adecuadas y establece límites de tiempo de uso (➤ **Duración de la sesión y pausas**).
- Los adultos deben vigilar a los niños durante y después del uso para detectar cualquiera de los síntomas descritos en estas advertencias (➤ **Malestar y otros síntomas físicos**).

La sección ➤ **Orientaciones y limitaciones sobre el uso por parte de niños** contiene más orientaciones importantes.

Problemas médicos preexistentes

⚠ ADVERTENCIA

Consulta a un médico antes de usar tu Meta Quest si estás embarazada, perteneces a la tercera edad, tienes anomalías de visión binocular preexistentes, trastornos psiquiátricos, o tienes una afección cardíaca u otra afección médica grave.

⚠ ADVERTENCIA

Riesgo de convulsiones.

El contenido virtual puede incluir destellos de luz o patrones que pueden desencadenar convulsiones u otros síntomas. Deja de utilizarlo inmediatamente y consulta a un médico si experimentas mareos intensos, convulsiones, espasmos oculares o musculares, o desmayos mientras utilizas tu Meta Quest. Consulta a un médico si anteriormente has tenido convulsiones,

4

5

6

desmayos u otro síntoma relacionado con la epilepsia.

■ Convulsiones. Algunas personas (aproximadamente 1 de cada 4000) pueden experimentar mareos intensos, convulsiones, espasmos oculares o musculares o desmayos provocados por ciertos destellos o patrones de luz. Estos síntomas pueden ocurrir mientras ven la televisión, jugando a videojuegos o experimentando contenidos virtuales, aunque nunca hayan tenido convulsiones o un desmayo antes ni tengan antecedentes de convulsiones o epilepsia. Estos síntomas son más habituales en niños y jóvenes.

Interferencias con productos sanitarios y restricciones en determinados lugares

■ ADVERTENCIA Componentes magnéticos.

Tu Meta Quest contiene imanes y componentes que emiten campos magnéticos/electromagnéticos que podrían afectar al funcionamiento de aparatos electrónicos y médicos cercanos, entre los que se incluyen marcapasos cardíacos, audífonos y desfibriladores. Si tienes un marcapasos, un audífono u otro dispositivo médico implantado:

- Mantén una distancia segura entre el dispositivo médicos y el visor y los controlador de Meta Quest.
- Consulta a un médico o al fabricante de tu dispositivo médico antes de utilizar tu Meta Quest.
- No utilices el sistema tu Meta Quest si observas interferencias con otros dispositivos médicos.
- Sigue las restricciones e instrucciones establecidas en determinados lugares para limitar o evitar el uso de aparatos radioelectrónicos (por ejemplo, en hospitales, aviones o gasolineras).

Usos prohibidos

■ ADVERTENCIA No lo utilices en situaciones peligrosas. No lo utilices nunca en situaciones peligrosas del mundo físico, en las que una tarea

7

requiera una atención concentrada y una gran coordinación o precisión de movimientos, como correr o conducir. No lo utilices mientras manipulas objetos o materiales peligrosos, como utilizar un cuchillo para picar alimentos.

■ ADVERTENCIA NO UTILIZAR EN CASO DE DISCAPACIDAD. No utilices el visor cuando estés impedido, ya que puede aumentar tu susceptibilidad a síntomas adversos y afectar negativamente a tu movimiento y equilibrio. Entre los impedimentos que debes evitar cuando decidas utilizar el visor se incluyen:

- Has consumido alcohol o drogas
- Tienes resaca o malestar estomacal
- Sientes cansancio, agotamiento o insomnio
- Sientes estrés o ansiedad
- Tienes una enfermedad infecciosa, dolor de cabeza, migraña o dolor de oídos.

Conseguir el ajuste adecuado

Ajuste del visor

Para reducir el riesgo de molestias—como presión, enrojecimiento, irritación, rozaduras, náuseas, tensión u otros síntomas—el visor debe estar bien ajustado a cada usuario.

- Ajusta las correas de la cabeza para asegurar una colocación cómoda del visor.
- Ajusta la distancia entre las lentes girando la rueda situada en la parte inferior del visor, moviendo las lentes a la posición que proporcione la imagen más nítida.
- Cuando está correctamente ajustado, el visor debe encajar de forma cómoda y se debe ver una imagen única y nítida. Vuelve a comprobar el ajuste antes de reanudar el uso para reducir el riesgo de molestias por cualquier cambio involuntario en las correas de la cabeza o en la posición de las lentes.

» Malestar y otros síntomas físicos

8

Ajuste de los controles

■ ADVERTENCIA Instala y utiliza muñequeras u otras sujeciones autorizadas con los controladores y accesorios para sujetarlos a la muñeca durante su uso, de modo que no se conviertan en proyectiles (a menos que utilices una aplicación en la que sea apropiado un lápiz óptico y sea improbable hacer movimientos rápidos).

» Cuidado y manejo de Meta Quest

Selección de aplicaciones y contenidos

■ ADVERTENCIA Elige tu aplicación y contenido con cuidado, porque el contenido virtual puede parecer muy realista. Los usuarios pueden reaccionar ante contenidos aterradores, violentos, desorientadores o que provoquen ansiedad como si estuvieran ocurriendo en el mundo físico.

- Si eres nuevo en el contenido virtual o has experimentado incomodidad al probarlo antes, empieza con las clasificaciones de Contenido y Comodidad generalmente apropiadas para todos los usuarios, para ver si una experiencia es adecuada para ti. Por ejemplo, prueba el contenido clasificado como Cómodo antes de probar el contenido clasificado como Moderado, Intenso o Sin clasificar.
- » Clasificaciones de contenido y comodidad



Clasificaciones de contenido y comodidad

Las **clasificaciones de contenido** las pueden proporcionar agencias de calificación internacionales o regionales y se muestran en la Meta Quest Store. Estas clasificaciones proporcionan recomendaciones de edad y descriptores de contenido.

Las **valoraciones de comodidad** pueden mostrarse en la Meta Quest Store. Estas pueden ayudarte a comprender lo cómoda que es de usar una aplicación y la probabilidad de que te provoque mareos, dependiendo de tus necesidades y de tu nivel de experiencia con contenidos virtuales.



Cómodo en general, las experiencias cómodas evitan el movimiento de la cámara, el movimiento del jugador o los contenidos y efectos desorientadores.



Moderado las experiencias pueden incorporar algún movimiento de cámara, movimiento del jugador u ocasionalmente contenidos y efectos desorientadores.



Intenso las experiencias incorporan un importante movimiento de cámara, movimiento del jugador o contenidos y efectos desorientadores.



Las experiencias **sin clasificar** no están clasificadas, pero pueden tener un contenido intenso. Si experimentas mareos, vértigos u otros efectos negativos, interrumpe la experiencia y prueba otra que se ajuste a tu nivel de comodidad.

Para reducir el riesgo de sufrir molestias, ve a meta.com/help/quest/comfort para obtener más información sobre las clasificaciones de comodidad y elegir el contenido adecuado.

10

Actividad física

■ ADVERTENCIA La actividad física vigorosa puede provocar lesiones o la muerte, incluso en personas aparentemente sanas. Antes de empezar un nuevo programa de ejercicios, consulta a un médico. Esto es especialmente importante si has estado inactivo durante cierto periodo, tienes alguna situación cardíaca especial o sospechas que pueda empeorar alguna otra condición médica;

- Considera la posibilidad de hacer pausas más frecuentes durante la actividad extenuante.
 - » Duración de la sesión y pausas
 - Elige cuidadosamente el contenido activo. Las actividades en las que te muevas en posiciones no sentadas o no erguidas (por ejemplo, mirando al suelo en una flexión) o en las que utilices otros equipos de ejercicio (por ejemplo, pesas) pueden aumentar el riesgo de lesiones o daños materiales.
 - Seca tu Meta Quest de cualquier resto de sudor tras su uso, siguiendo las instrucciones de
- » Cuidado y manejo de Meta Quest.

Tu entorno, zona de actividad y contenido virtual

Percepción limitada

■ ADVERTENCIA Visión y audición limitadas. El visor producen una experiencia atractiva y pueden bloquear tu percepción del entorno físico (vista y oído), lo que puede exponerte a peligros. No utilizar los dispositivos de seguridad de tu Meta Quest aumenta el riesgo de sufrir molestias, lesiones o daños materiales.

- Durante el uso, no sujetes ni manipules objetos que sean peligrosos, que puedan lesionarte a ti o a otras personas o que puedan dañarse.
- El visor limita tu campo de visión. Ten cuidado al moverte, ya que puedes no percibir algo a tu lado.
- Quitarte el visor para tener una visión sin obstáculos en cualquier situación del mundo físico que requiera atención o coordinación.

Elegir y preparar tu zona de actividad segura

■ Lazona de actividad es el área que eliges para utilizar tu Meta Quest.

■ ADVERTENCIA Sé siempre consciente de tu entorno físico y de los peligros potenciales. Pueden producirse lesiones graves y daños materiales si golpeas objetos, paredes (u otros elementos estructurales), personas o animales domésticos, o si tropezas o te caes. Ten cuidado para evitar lesiones. Deja de utilizar tu Meta Quest o comprueba el entorno utilizando la función Passthrough (Cámara exterior) si no tienes seguridad de que tu entorno es seguro.



■ Funciones de seguridad de movimientos te ayudan a orientarte en el mundo físico mientras utilizas tu Meta Quest. Estas funciones y tu Meta Quest funcionan mejor en un espacio bien iluminado, con paredes y alrededores que creen diferentes patrones para que los sensores de tu Meta Quest puedan seguir tus movimientos.

- **Passthrough** es una función de tu Meta Quest que utiliza un sensor para mostrar tu entorno en la pantalla de tu Meta Quest. La función Passthrough te ayuda a permanecer dentro de tu zona de actividad, a mantener tus límites virtuales y a navegar por tu zona de actividad física si no tienes límites virtuales establecidos o si te sales de ellos.
 - **Límites virtuales** te ayudan a permanecer en tu zona de actividad para evitar colisiones con objetos del mundo físico mientras estás en tu entorno virtual.
 - **Identificación de objetos** es una función que te ayuda a ser consciente, en el contenido virtual, de los objetos físicos que has marcado en tu entorno.
- » Interactuar con el mundo físico

12

11

- Elige un zona de actividad apropiada para el contenido que piensas utilizar, preparándola de modo que puedas mantener tu seguridad. Evita los peligros (incluidas las personas, los animales domésticos o los objetos situados por encima de la cabeza) o apártalos de tu camino.
- » **Peligros que debes evitar**
- Utiliza los dispositivos de seguridad de los movimientos para orientarte sobre el entorno durante su uso.
- Es posible que tu Meta Quest no pueda seguir tus movimientos, y que los dispositivos de seguridad no funcionen correctamente, en zonas con paredes lisas sin decorar, paredes de cristal o espejo muy reflectantes o en zonas mal iluminadas. » **Peligros que debes evitar**
- Los movimientos rápidos o bruscos pueden hacer que choques o pierdas el equilibrio.
- Ten cuidado con las personas o animales domésticos que puedan entrar en tu zona de actividad sin que tú o tu Meta Quest detectéis su presencia. Toma las medidas adecuadas antes de utilizar tu Meta Quest para evitar que entren en tu espacio, especialmente aquellos que puedan no entender que tu percepción es limitada (por ejemplo, los niños).
- Una buena opción sería que otra persona actué como observador mientras te mueves en el contenido virtual.
- Si usas el visor con gafas puede aumentar el riesgo de lesiones faciales si te caes o te golpeas la cara.
- El uso del visor en un vehículo en movimiento, como un coche, un autobús, un avión o un tren, puede aumentar tu susceptibilidad a los síntomas adversos debido a la variación de la velocidad o a los movimientos bruscos.
- » **Malestar y otros síntomas físicos).**
- También puede aumentar la probabilidad de lesiones o daños materiales.

13

Meta Quest puede identificar esos objetos físicos y permitir experiencias de realidad mixta cuando pasas al contenido virtual. Meta Quest no puede mostrar objetos físicos que sean dinámicos, que no estén marcados o que se hayan movido desde que se marcaron.

- Marca todos los objetos físicos de la zona de actividad y retira los objetos físicos que no marques. Por ejemplo, marca las mesas de centro de punta a punta en la zona de actividad, pero retira los juguetes que no vayas a utilizar.
- Cuando marques objetos físicos dentro de la zona de actividad, intenta ser hacerlos con la mayor precisión posible.
- De una sesión a otra, comprueba la exactitud del mundo físico con respecto a lo marcado en la sesión anterior.
- **Passthrough.** Los sensores de Passthrough no son tan claros ni amplios como tu visión natural. Passthrough puede ir por detrás de lo que ocurre en el mundo físico y no representar con precisión la distancia/profundidad o los colores. Ten cuidado cuando utilices Passthrough para ver tu entorno. Ten cuidado al agarrar y manipular objetos físicos, ya sea en Passthrough o en realidad mixta.



» **Multijugador local** es una configuración disponible en algunas aplicaciones que permite a los usuarios compartir el mismo entorno virtual, compartiendo una única zona de actividad o espacios de actividad físicamente cercanos.

- » **ADVERTENCIA** Entrar en contacto con otros usuarios locales podría causar lesiones, colisiones o daños materiales. Selecciona los espacios compartidos con cuidado y sigue todas las instrucciones y advertencias de la aplicación para configurar y utilizar tu(s) espacio(s) de actividad.
- Cada usuario local debe verificar que la(s) zona(s) de actividad está configurada para realizar interacciones seguras sin que los usuarios entren en contacto el uno con el otro.

16

» **Peligros a evitar.** Algunos peligros que debes identificar y evitar cuando prepares la zona de actividad o utilices tu Meta Quest incluyen:

- Paredes, puertas, ventanas, escaleras, balcones, rampas y portales
- Muebles (como mesas de centro), lámparas, alfombras sueltas y suelos irregulares
- Personas (especialmente niños pequeños) y animales domésticos
- Tableros y muebles de cristal o espejo
- Líquidos, llamas y fuentes de calor (como velas, chimeneas o electrodomésticos para la cocina)
- Ventiladores de techo, lámparas y columnas
- Televisores, monitores u otros aparatos electrónicos



» **ADVERTENCIA** No se recomienda su uso en exteriores.

Utilizar tu Meta Quest al aire libre puede causar que surjan peligros adicionales e incontrolados (por ejemplo, superficies irregulares/resbaladizas, condiciones meteorológicas y objetos/vehículos/personas/animales inesperados). El agua y otros elementos del exterior pueden dañar tu Meta Quest o perjudicar su funcionamiento. Puede que no seas capaz de crear un entorno siempre seguro. Es posible que tu Meta Quest no funcione correctamente en exteriores y no pueda seguir tu posición. Las condiciones de iluminación demasiado brillantes o tenues pueden impedir que los sensores y las funciones de seguridad de movimientos de tu Meta Quest funcionen de forma óptima, y pueden provocar pérdidas de seguimiento.» **Funciones de seguridad de movimientos**

Interactuar con el mundo físico

Límites virtuales.

Sigue las instrucciones en pantalla para definir tu zona de actividad. Los límites virtuales no te impiden físicamente a ti ni a otros



14

- Evita abarrotar una zona de actividad compartida. Tener más usuarios locales y mobiliario aumenta el riesgo de lesiones.
- Ten cuidado al salir de los mismos límites compartidos que otro usuario, porque puede que no veas a la persona física (o a su avatar) cuando salga de la aplicación.

» **ADVERTENCIA** No comprender bien que un objeto virtual es físico o viceversa puede provocar lesiones (por ejemplo, intentar apoyarse en una mesa virtual sin una mesa física que la sostenga o intentar caminar por un sofá virtual superpuesto a un sofá físico). Utiliza Passthrough, deja de utilizar Meta Quest o quítate el visor si no puedes distinguir qué objetos son virtuales y cuáles físicos.

Molestias y otros síntomas físicos

» **ADVERTENCIA** Deja de utilizar Meta Quest si sientes molestias u otros síntomas físicos durante o después de su uso. No reanudes la actividad hasta que te hayas recuperado totalmente de las molestias u otros síntomas. Si experimentas síntomas continuos durante el uso de Meta Quest o después, evita las actividades visual o físicamente exigentes, u otras actividades que requieran un equilibrio y una coordinación mano-ojo sin problemas, hasta que te hayas recuperado totalmente. Si las molestias, los síntomas físicos u otros efectos secundarios continúan durante un periodo prolongado o son graves después de dejar de usarlo, consulta a un médico y no reanudes el uso de Meta Quest hasta que te diga que está bien.

» **Algunos ejemplos de molestias u otros síntomas físicos que pueden incitar a dejar de usarlo son:**

- Malestar o dolor, sobre todo en la cabeza, los ojos, los hombros, el cuello, la espalda o el pecho
- Convulsiones, pérdida del conocimiento o movimientos involuntarios

(personas, mascotas, objetos) entrar o salir de tu zona de actividad. Un límite virtual puede no alertarte lo suficientemente rápido si te estás moviendo con rapidez. Establece tus límites para que protejerte en función del contenido y el movimiento que pienses utilizar.

- El sistema de límites virtuales no tiene sobre la cabeza, así que elige espacios de actividad sin riesgos sobre la cabeza.

» **ADVERTENCIA** Establecer espacios extra de seguridad. Si estableces tus límites virtuales justo al lado de un elemento peligroso, podrías golpear o tocar dicho peligro. Mantén un espacio extra de seguridad de unos 30 a 60 cm más allá del límite virtual, en función de la actividad, el espacio que tengas disponible y la longitud de tus brazos.

• Si utilizas las manos en lugar de los controladores, es posible que los límites virtuales y otras alertas no funcionen si no tienes las manos dentro de la vista limitada de tus sensores Passthrough.

» **Realidad mixta.** Ver e interactuar con objetos o superficies físicas externas (como un sofá, una pared, una mesa, un teclado o un escritorio) mientras utilizas tu Meta Quest se denomina «realidad mixta». Meta Quest te permite ver un vídeo en directo de tu entorno físico a través de los sensores del visor. Con la realidad mixta, puedes ver objetos virtuales superpuestos a la vista de tu entorno físico. Por ejemplo, una aplicación puede permitirte ver un tablero de ajedrez virtual encima de tu mesa de café. En otros casos, los objetos físicos pueden estar cubiertos o imitados por objetos virtuales. Por ejemplo, una aplicación puede permitirte poner un escritorio virtual encima de tu escritorio real, de modo que puedas ver y utilizar tu escritorio mientras estás en una aplicación totalmente inmersiva.

Marcado de objetos e identificación de objetos. Cuando marcas dónde están los objetos físicos,

15

- Mareo (» **Mareo**), mareo, desorientación, alteración del equilibrio o de la coordinación mano-ojo; sudoración inusual; aumento de la salivación; náuseas; sensación de desmayo o aturdimiento
- Tensión ocular, espasmos oculares o musculares, visión alterada, borrosa o doble u otras anomalías visuales
- Falta de aliento o palpitaciones
- Sensación de cansancio
- Presión o rozaduras, picor o irritación, cambios duraderos en el aspecto de la piel, hinchazón o pérdida inusual de vello u otras molestias cutáneas

» **El mareo** (mareo inducido visualmente, o VIMS, por sus siglas en inglés) puede surgir en relación con el uso de Meta Quest. Cuando ocurra debe ser temporal. La selección de contenidos, las pausas y las sesiones más cortas pueden ayudarte a reducir el mareo.

» **Selección de aplicaciones y contenidos;**

» **Duración de la sesión y pausas**

Duración de la sesión y pausas

» **ADVERTENCIA** El uso prolongado sin las pausas adecuadas puede aumentar el riesgo de lesiones, molestias, efectos adversos o daños materiales. Quitate el visor y deja de usarlo si sientes molestias y no vuelvas a usarlo hasta que desaparezcan.

- Asegúrate de que su uso no interfiere con las actividades de la vida diaria.



» **Tiempo y pausas.** Haz descansos regulares cuando utilices tu Meta Quest. Empieza con sesiones de uso cortas y descansos largos cuando utilices un visor o un contenido nuevos. Por ejemplo, cuando empieces a utilizar Meta Quest empieza con un periodo máximo de uso de 30 minutos seguido de un descanso de 15 minutos. Aumenta la cantidad

18

17

de tiempo que utilizas Meta Quest gradualmente, a medida que te acostumbras a la experiencia. Diferentes personas pueden necesitar diferentes duraciones de sesión y descanso. Aumenta la cantidad de tiempo que utilizas Meta Quest gradualmente, a medida que te acostumbras a la experiencia. Diferentes personas pueden necesitar diferentes duraciones de sesión y descanso.

Orientaciones y limitaciones sobre el uso por parte de niños

Los padres deben leer y explicar esta sección a sus hijos, junto con **» No todos los niños están preparados para usar Meta Quest.**

- **Desarrollo infantil y contenidos virtuales.** Los niños que utilizan contenidos y sistemas virtuales se enfrentan a algunos riesgos, sobre todo los niños de menor edad o tamaño. Garantizar un ajuste adecuado (**» Conseguir el ajuste adecuado**) puede reducir algunos de estos riesgos.
- **» Edad mínima para crear una cuenta.**
- **Tamaño corporal, fuerza y patrones de movimiento.** Los niños suelen tener la cabeza más pequeña y menos fuerza en el cuello que los adultos. Cuanto más pequeño o joven sea el niño, más pesado le parecerá el visor. Esto significa que el movimiento, sobre todo el del cuello, requiere más esfuerzo para estos niños en comparación con los adultos. Además, los niños tienden a utilizar todo el cuerpo mientras están en contenidos virtuales, lo que podría provocar tensiones en el cuello, la espalda y las piernas, sobre todo tras un uso intenso o prolongado.
- **Ojos.** La distancia entre las pupilas de un niño (llamada distancia interpupilar o DIP) puede ser menor que la distancia entre las partes de las lentes de tu visor que ayudan a enfocar (llamada distancia interaxial o DIA).

19

Si las lentes no pueden ajustarse a la medida de tu hijo (**» Conseguir el ajuste adecuado**), existe un mayor riesgo de que aparezcan síntomas como fatiga visual, visión borrosa, dolores de cabeza o náuseas. El sistema visual de los niños más pequeños aún está en desarrollo y puede verse afectado negativamente por el uso de contenidos virtuales.

- **Convulsiones.** Los trastornos convulsivos subyacentes pueden descubrirse con el uso de contenidos virtuales por parte de los niños. **» Riesgo de ataques y convulsiones**
- **Comprender la realidad.** Los niños más pequeños pueden tener dificultades para comprender que las experiencias virtuales no ocurren en el mundo físico. Pueden responder tanto física como psicológicamente en función de lo que experimenten en el mundo virtual.

Supervisar y garantizar el uso adecuado

- Debe evitarse el uso prolongado por parte de niños, ya que podría afectar negativamente a la coordinación ojo-mano, el equilibrio, la capacidad de realizar varias tareas a la vez, o provocar otros riesgos de lesión o efectos negativos.
- Limita el tiempo que los niños pasan utilizando Meta Quest en general. Considera la posibilidad de establecer límites diarios y semanales.
- Asegúrate de que los niños hagan pausas durante el uso. Los niños más pequeños deben hacer pausas más frecuentes y largas.
- **» Duración de la sesión y pausas**
- Asegúrate de que el uso que hacen los niños es adecuado en cuanto a selección de contenidos y duración de las sesiones, y no interfiere con sus actividades de la vida diaria.
- Es posible que los niños no tracen correctamente los límites virtuales y que no se mantengan dentro de ellos al utilizar contenidos virtuales. Los padres deben ayudar a sus hijos a trazar

20

límites virtuales (ayudando a mover muebles si es necesario) y asegurarse de que se mantienen en ellos.

■ **Las funciones de tiempo de pantalla** están disponibles en el Centro Familiar Meta, donde puedes controlar y elegir las selecciones de contenidos de los niños y su duración.

Selecciona el contenido adecuado

Los adultos deben participar activamente en la selección de aplicaciones y contenidos para los niños.

- Evita exponerlos a contenidos inapropiados.

■ **Los niños y el contenido.** El contenido virtual es una experiencia inmersiva y algunas aplicaciones pueden llegar a ser intensas, violentas, provocar miedo o ansiedad. La realidad mixta también puede provocar reacciones intensas. Los niños más pequeños pueden confundir los mundos virtual y físico al utilizar contenidos virtuales. Algunas aplicaciones o contenidos pueden ser inapropiados para los niños. **» Selección de aplicaciones y contenidos**

- Los contenidos que requieren mucho movimiento de cabeza/cuello y cuerpo pueden ser complicados para los niños. Para los niños de menor tamaño, elige contenidos en los que tengan que estar sentados o de pie que requieran pocos movimientos rápidos de cabeza/cuello/cuerpo. Utiliza la información disponible en la Meta Quest Store para elegir contenidos adecuados a sus capacidades físicas y a su nivel de experiencia de juego.
- Vigila a los niños para detectar signos de tensión o lesiones en el cuello o en el cuerpo, como dolor o rigidez. Si se producen, plantéate elegir contenidos menos desafiantes, acortar la duración de la sesión y que se tomen un día o más de descanso. Si las molestias persisten, consulta a un médico.

21

⚠ ADVERTENCIA Es más probable que se produzcan efectos negativos sobre la visión en los niños más pequeños, en etapas más tempranas de su desarrollo, o de menor tamaño, como consecuencia de una mala adaptación y ajuste de las lentes o de un uso repetido y prolongado. Estos efectos pueden ser, dificultad para enfocar, fatiga visual, dolores de cabeza o cansancio.

» Desarrollo infantil y contenidos virtuales

- Asegúrate de que Meta Quest se ajusta correctamente a tu hijo, con el mejor ajuste de visión posible, y de que toma descansos frecuentes. **» Conseguir el ajuste adecuado**

Los niños más pequeños pueden ser más susceptibles de sufrir daños auditivos asociados al uso de Meta Quest con un volumen alto.



Tu Meta Quest

⚠ ADVERTENCIA Hardware y software o accesorios no autorizados: Meta Quest no está diseñado para usarlo con ningún dispositivo, accesorio, software ni aplicación no autorizados. El uso de cualquiera de ellos o la modificación o pirateo del sistema Meta Quest, del software o las aplicaciones puede provocarte lesiones a ti o a otros, molestias, daños materiales, problemas de funcionamiento o daños en tu Meta Quest que la garantía puede no cubrir.

■ Accesorios y piezas de repuesto.

Meta Quest Store ofrece las piezas de repuesto y accesorios necesarios y también autoriza las piezas de repuesto y accesorios necesarios para tu Meta Quest.

- Para saber cómo identificar si un accesorio o pieza de repuesto está autorizado para su uso con tu Meta Quest, visita meta.com/help/quest/authorizedparts.
- Los accesorios de marca y autorizados pueden ayudarte a personalizar Meta Quest según tus preferencias.

22

Cuidado y manejo de Meta Quest

⚠ ADVERTENCIA No utilices Meta Quest si alguna parte está rota o dañada. Ponte en contacto con el servicio de asistencia de Meta Quest para obtener ayuda en meta.com/help/quest.



- No desmontes, aplastes, dobles, deformes, perforas, rompas ni ejerzas una presión elevada sobre el visor o los controladores. Esto puede causar una fuga o un cortocircuito interno en las baterías y provocar un sobrecalentamiento.
- Evita dejar caer tu Meta Quest. Las caídas pueden dañar el visor, los controladores y las baterías. Inspecciona el sistema Meta Quest antes de cada uso para ver si hay daños aparentes.
- No coloques el Meta Quest zonas que puedan calentarse mucho, como dentro de un coche a temperaturas elevadas, encima o cerca de una superficie de cocina, un aparato de cocina, una plancha o un radiador, ni bajo la luz directa del sol. Un calentamiento excesivo puede dañar tu Meta Quest y puede hacer que las baterías exploten. No seques el Meta Quest si se ha mojado o está húmedo con un aparato o fuente de calor como un horno microondas, un secador de pelo, una plancha o un radiador.
- No coloques ninguna parte de Meta Quest debajo de una almohada, manta, ropa o parte de tu cuerpo. Asegúrate siempre de que el visor, el adaptador de corriente y los controladores tengan una ventilación y un flujo de aire adecuados mientras los estás usando o cargando. Cubrir el visor o los controladores con materiales que afecten significativamente al flujo de aire puede afectar al rendimiento o provocar lesiones o daños materiales.
- No dejes que el Meta Quest se moje o entre en contacto con líquidos. Aunque el Meta Quest se pueda secar y parezca funcionar con normalidad, los contactos de la batería o los circuitos podrían empezar a corroerse lentamente y suponer un peligro para la seguridad.

23

- Una manipulación brusca o un almacenamiento inadecuado podrían provocar fracturas en las lentes o los paneles de vidrio de la parte delantera de tu Meta Quest, lo que podría representar un riesgo de cortes.
- Inspecciona periódicamente tu Meta Quest por si existe algún daño (incluyendo las siguientes piezas) y no lo uses si ves o sospechas que hay algún daño:
 - El visor (incluidas las lentes)
 - Componentes eléctricos (incluidos los contactos y puertos de carga)
 - Controladores
 - Otros accesorios, incluidos originalmente con tu Meta Quest o no
- No intentes reparar ninguna parte del sistema Meta Quest por tu cuenta. Para obtener más información, ponte en contacto con el servicio de asistencia de Meta Quest.
- Con el fin de evitar que se dañe el sistema Meta Quest, no lo expongas a humedad, a una humedad ambiente elevada, a altas concentraciones de polvo o partículas en suspensión en el aire, a temperaturas fuera del rango de funcionamiento de 0 to 35 °C o a la luz solar directa.

■ **Luz solar directa.** La luz solar directa sobre las lentes puede dañar o degradar tu Meta Quest, incluyendo la óptica y la pantalla.

- Para evitar daños, mantén tu Meta Quest alejado de mascotas.
- Mantén limpias todas las partes de tu Meta Quest, limpiándolas regularmente siguiendo las instrucciones disponibles en el servicio de asistencia de Meta Quest.
- Una limpieza inadecuada puede dañar tu Meta Quest y dificultar su funcionamiento, incrementando el riesgo de lesión o daños materiales.

24

Alertas del sistema

⚠ ADVERTENCIA Actúa inmediatamente si te avisan las siguientes alertas del sistema:

⚠ Alerta de sobrecalentamiento.
Las alertas acústicas y visuales pueden indicar que el visor se está sobrecalentando. Quitate inmediatamente el visor y deja que se enfríe antes de seguir utilizándolo.

⚠ Alerta de volumen del sonido.
Puede aparecer una alerta visual si el nivel de volumen es demasiado alto. Baja el volumen del sonido para reducir el riesgo de pérdida auditiva.

Alerta de error de seguimiento.
Una alerta visual puede indicar que el sistema de seguimiento de tu visor o los límites virtuales no funcionan correctamente o pueden estar desactivados. Quitate el visor y vete a un espacio seguro. A continuación, sigue las instrucciones proporcionadas en tu visor para solucionar este problema.

Baterías, carga y temperatura

Baterías y carga

⚠ ADVERTENCIA El visor contiene una batería recargable de iones de litio. Cárgalas sólo de acuerdo con estas advertencias y otras instrucciones. Los controladores pueden incluir baterías AA reemplazables por el usuario. El uso de un Meta Quest dañado o el uso inadecuado de las baterías o del adaptador de corriente puede provocar un incendio, una explosión, una fuga de las pilas, un sobrecalentamiento u otro peligro y provocar lesiones graves o daños materiales. No cargue ni utilice el visor o los controladores si conoce o sospecha que alguno de ellos está dañado.

Si hay fugas de líquido de la batería, no permitas que el líquido entre en contacto con la piel o los ojos. Si se produce el contacto, lávate la zona afectada con abundante agua y pide consejo médico.

- No intentes cargar o utilizar el visor o los controladores si no se encienden después

25

de intentar cargarlos, si se calientan de forma anómala tras usarlos o cargarlos o si el compartimento de las baterías está hinchado, gotea o desprende humo.

- Sustitución
 - **Visor.** La batería recargable de iones de litio del visor no puede ser sustituida ni reparada por el usuario. No intente acceder a la batería, abrirla, repararla ni sustituirla.
 - **Controladores.** Las baterías AA en los controladores son reemplazables por el usuario. No intente abrir o modificar las baterías. No mezcle baterías AA viejas y nuevas; sustitúyalas todas al mismo tiempo.
 - Las baterías gastadas pueden tener fugas y dañar los controladores. Retire rápidamente las baterías gastadas. Retire las baterías antes de guardarlas o de dejar de utilizarlas durante un tiempo prolongado. Recicle o deseche las baterías usadas inmediatamente.
- Ponte en contacto con el servicio de asistencia de Meta Quest si necesitas ayuda con las baterías o la gestión de energía de tu Meta Quest.
- » **Cuidado y manejo de Meta Quest**
- No utilices baterías externas o fuentes de alimentación que no sean las autorizadas por Meta Quest. » **Hardware y software o accesorios no autorizados**
- No tires el Meta Quest al fuego o a un incinerador, ya que las baterías podrían explotar al sobrecalentarse. No lo almacenes ni lo tires a la basura general.

⚠ Manipulación incorrecta a evitar.

Lo siguiente podría provocar fallos en la batería u otros fallos eléctricos en tu Meta Quest (» **Cuidado y manejo del Meta Quest**):

- Desmontar, aplastar, doblar, deformar, perforar.
- Exponer a altas temperaturas o a fuentes de calor.
- Exposición a líquidos.
- Caídas.
- Carga o utiliza el dispositivo si no se enciende tras intentar cargarlo.

26

Temperatura

⚠ ADVERTENCIA Comprueba periódicamente la temperatura del visor y los controladores para evitar quemaduras o molestias. 

■ El visor, los controladores, la base de carga y el adaptador de corriente cumplen con los límites aplicables de las normas del sector sobre la temperatura estándar en las superficies. Algunos puntos de contacto, incluidas las superficies frontales, pueden estar calientes. Esto es normal durante el uso o la carga.

- El contacto prolongado de la piel con una superficie caliente de el visor, los controladores o (cuando están enchufados) el adaptador de corriente puede producir molestias en la piel, enrojecimiento o quemaduras de baja temperatura. Si notas que el visor, los controladores o el adaptador de corriente están calientes hasta el punto de resultar incómodo, deja de usarlos o cárgalos y déjalos enfriar.
- Si tienes alguna afección médica o física especial que disminuya la capacidad de detectar el calor en la piel debes tener especial cuidado al utilizar el dispositivo o al cargarlo con el adaptador de corriente. Sigue las advertencias o los avisos térmicos que puedan aparecer en la pantalla del visor.
- » **Alertas del sistema**

Mantén limpios los puntos de carga y el cable

⚠ ADVERTENCIA Con el fin de evitar el sobrecalentamiento, mantén los siguientes puntos de carga eléctricos limpios y secos:

- puerto y contactos de carga del visor,
- puerto de los auriculares, y
- adaptador de corriente, base y cables de carga autorizados.

Revisa periódicamente estos puntos de carga para asegurarte de que no muestran signos de corrosión o daños. Deja de usar el sistema y ponte en contacto con el servicio de asistencia

27

de Meta Quest si puedes apreciar signos de corrosión/daños o tiene sospechas.

Descarga eléctrica

⚠ ADVERTENCIA Para reducir el riesgo de una descarga eléctrica:

- No modifiques ni abras ninguno de tus componentes de Meta Quest.
- No cargues el sistema Meta Quest si cualquiera de las partes suministradas o los cables autorizados o el adaptador de corriente están sucios, rotos, con cables a la vista o si el compartimento de las baterías está dañado.
- No insertes ningún objeto metálico, conductor o extraño en la toma de carga, cables de carga o base de carga.
- No expongas tu Meta Quest al agua u otros líquidos.
- Utiliza únicamente bases de carga, cables y adaptadores de corriente autorizados con tu Meta Quest.

Lesiones por una tensión recurrente

⚠ ADVERTENCIA El uso del sistema de Meta Quest puede provocar dolor en los músculos, las articulaciones, el cuello, las manos o la piel. Si se te cansa o te duele alguna parte del cuerpo mientras usas el sistema Meta Quest, o si sientes síntomas como hormigueo, entumecimiento, ardor o rigidez, para y descansa al menos hasta que hayan desaparecido los síntomas. Si sigues teniendo síntomas durante o después del uso, deja de usarlo. Si los síntomas persisten, consulta a un médico.

Pérdida auditiva

⚠ ADVERTENCIA No utilices niveles de volumen altos durante periodos prolongados para evitar posibles daños auditivos permanentes. 
» **Alertas del sistema**

28

Enfermedades contagiosas

⚠ ATENCIÓN Para evitar la transmisión de enfermedades contagiosas, las personas con enfermedades contagiosas, especialmente infecciones o afecciones, en particular, sobre todo de los ojos (como la conjuntivitis), la piel o el cuero cabelludo no deben compartir un Meta Quest.

Láser

⚠ ADVERTENCIA Tu visor es un producto láser de Clase 1. No intentes desmontar el visor. Intentar modificar el visor o los láseres puede provocar una exposición peligrosa a las radiaciones.
» **Información normativa y cumplimiento**

No es un producto sanitario

⚠ AVISO El sistema Meta Quest no es un producto sanitario, y su propósito no es diagnosticar, tratar, curar o prevenir ninguna enfermedad.

INFORMACIÓN DE CUMPLIMIENTO Y REGLAMENTACIÓN

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Visor
Número de modelo: S3A
Potencia de entrada: 9,0V ~ 3,0A
Controladores
Número de modelo: V6P (izquierdo), S2Y (derecho)
Potencia de entrada: 1,5V
Las indicaciones regulatorias de cumplimiento se sitúan en las correas del visor.

PRODUCTO LÁSER DE CLASE 1 PARA CONSUMIDORES EN 50689:2021

Información del láser de Clase 1

Este producto ha sido clasificado como láser de clase 1 por la IEC 60825-1 Ed.3 (2014).

ATENCIÓN - El ajuste de los controles u otros procedimientos de funcionamiento diferentes a los especificados aquí pueden dar lugar a exposiciones peligrosas de radiación.

29

Este aparato debe ser reparado por Meta Platforms Technologies LLC o por un proveedor de servicios autorizado.



INFORMACIÓN REGULATORIA - UE

Meta Platforms Technologies, LLC declara que este producto cumple con los requisitos esenciales y las demás disposiciones pertinentes de la Directiva 2014/53/UE. Para leer la declaración completa de conformidad, visita meta.com/legal/quest/compliance/.

! AT, BE, BG, HR, CY, CZ, DK, EE, FI, FR, DE, EL, HU, IE, IT, LV, LT, LU, MT, NL, PL, PT, RO, SK, SI, ES, SE, UK(NI), CH, LI, NO, TR, IS

Este dispositivo está restringido a su uso en interiores cuando se utilice en el rango de frecuencia entre 5,150 y 5,350 GHz.

El uso de este dispositivo está restringido a espacios interiores al operar en rangos de frecuencia de 5,925-6,425 GHz, incluyendo trenes con ventanas con revestimiento metálico y aeronaves. Su uso no está permitido para espacios exteriores, incluyendo los vehículos de carretera.

Consumo de energía

Modo	Consumo de energía (en vatios)
Modo de espera en red*	< 2 vatios

Nota: * Por defecto, el sistema entra automáticamente en el modo de espera en red después de aproximadamente 15 minutos de inactividad (sin interacción del usuario).

30

Método para activar y desactivar los puertos de red inalámbrica

Wi-Fi: Activar o desactivar mediante el botón Wi-Fi que se encuentra en el menú Ajustes.

Especificaciones del adaptador de corriente

Nombre del fabricante para la fuente de alimentación externa:	Meta Platforms Technologies, LLC
Dirección:	1 Hacker Way, Menlo Park, CA 94025, USA
Identificador del modelo:	MA0120 (UE), MA0121 (UK)
Voltaje de entrada:	100-240 VAC
Frecuencia de entrada:	50-60 Hz
Voltaje de salida:	5V, 9V
Corriente de salida:	3A (5V), 2A (9V)
Potencia de salida:	18W
Eficiencia activa media:	84,04% (5V), 87,04% (9V)
Eficiencia con carga baja (10 %):	80,93% (5V), 80,81% (9V)
Consumo de corriente sin carga:	31mW

Bandas de radiofrecuencia y potencia de radiofrecuencia máxima

Visor: Wi-Fi (2400-2483.5 MHz: <20 dBm;
5150-5250 MHz: <23 dBm; 5250-5350 MHz:
<20 dBm; 5470-5725 MHz: <20 dBm;
5725-5850 MHz: <14 dBm; 5925-6425 MHz:
<23 dBm); GFSK (2402-2478 MHz: <14 dBm);
Bluetooth (2402-2480 MHz: <15 dBm)
Controladores: GFSK (2402-2478 MHz: < 13 dBm)

Información sobre la exposición a radiofrecuencia

Este dispositivo cumple con los requisitos de la UE (1999/519/EC) y las directrices de la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) en lo que se refiere a la limitación de la exposición del público en general a los campos electromagnéticos a efectos de protección de la salud.

INFORMACIÓN DE LA GARANTÍA LIMITADA

Puede consultar la garantía limitada en meta.com/legal/limited-warranty o solicitarla escribiendo a la dirección indicada a continuación

meta.com/help/quest

