



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño de anclaje (AFUSTE) para la ametralladora
MINIMI en el castillo de las lanchas de instrucción de la
Escuela Naval Militar*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Jorge Jaime de Gorostiza Carabaño

DIRECTORES: Miguel Ángel Álvarez Feijoo

Guillermo Lareo Calviño

CURSO ACADÉMICO: 2016-2017

Universida de Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño de anclaje (AFUSTE) para la ametralladora
MINIMI en el castillo de las lanchas de instrucción de la
Escuela Naval Militar*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_deVigo

RESUMEN

En este Trabajo de Fin de Grado se realiza el diseño con herramientas CAD de una base de fuego común para los dos modelos de la ametralladora FN HERSTAL MINIMI que posee la Armada (5,56x45mm y 7,62x51mm OTAN), que se ubicará en el castillo de las lanchas de instrucción de la Escuela Naval Militar. Una vez realizado el diseño se efectúan simulaciones con herramientas CAE para determinar su validez. La finalidad de este sistema es mejorar el adiestramiento de los futuros oficiales de la Armada en el manejo de este tipo de armamento.

PALABRAS CLAVE

Ametralladora MINIMI, lanchas de instrucción, sistema desmontable

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer el esfuerzo de mis tutores D. Miguel Ángel Álvarez Feijoo y D. Guillermo Lareo Calviño, gracias a su constancia y guía constante ha sido posible la elaboración de este proyecto.

Agradecer también el consejo de D. Carlos Casqueiro Placer con su extenso conocimiento de la plataforma de diseño. Cabe destacar también menciones de importancia al Capitán de Corbeta D. Jose Ignacio Valles Cancela, por sus recomendaciones de carácter táctico necesarias para el adecuado diseño de la estructura y los contactos ofrecidos en el Arsenal de Ferrol y sus dependencias próximas.

Agradecer también la ayuda por parte del Patrullero “Tabarca” (P-28) y su dotación para mostrar la existencia de modelos actuales.

Agradecer también al personal destinado en el Pañol del Condestable de la Escuela Naval Militar, especialmente al Subteniente D. Joaquín Rodríguez Muñiz, por todos los apoyos prestados en documentación de las armas, resolución de dudas y constante disponibilidad para el proyecto.

Finalmente agradecer también a mis compañeros de promoción por su apoyo e ideas brindadas para la realización y mejora de este proyecto.

CONTENIDO

Contenido	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Tablas.....	v
1 Introducción y objetivos	1
1.1 Las Lanchas de Instrucción de la Escuela Naval Militar.	1
1.2 Conceptos previos esenciales.	2
1.3 Armamento para uso de los alumnos de la Escuela Naval Militar.	2
1.3.1 Rheinmetall MG3.	3
1.3.2 FN Herstal Minimi.	3
1.4 Objetivos y metodología.	4
1.5 Requisitos de montaje para las Lanchas de Instrucción.	5
2 Estado del arte	7
2.1 Soportes para ametralladoras.	7
2.2 Soportes modernos ametralladora MINIMI.	7
2.2.1 Sistemas para infantería.	7
2.2.1.1 Bípode.	7
2.2.2 Afuste sobre vehículos.	9
2.2.2.1 CRSystems, Inc.	9
2.2.2.2 Platt Mounts and Ordnance.	9
2.2.3 Afuste sobre unidades navales.	11
2.2.3.1 Platt Mounts and Ordnance.	11
2.2.3.1 Afustes en la Armada Española.	12
2.3 Lanchas de instrucción RODMAN.	14
3 Diseño del soporte	17
3.1 Ideas iniciales.	17
3.2 Diseño inicial.	18
3.2.1 Patas de fijación.	20
3.2.2 Diseño secundario patas de fijación.	20
3.3 Fallos de diseño detectados.	21
3.4 Desarrollo del conjunto y el diseño final.	21
3.4.1 Base de fuego.	22
3.4.1.1 Patas.	23

3.4.1.2 Base patas.	24
3.4.1.3 Cilindro telescópico exterior.	24
3.4.1.4 Cilindro telescópico interior.	26
3.4.2 Sistema de unión.	28
3.4.2.1 Cabezal de rotación.	28
3.4.3 Variedad de elementos de unión.	28
3.5 Elección de material.	30
3.6 Prevención de Riesgos Laborales (PRL/SEGOP).	31
4 Resultados 33	33
4.1 Bases para simulaciones.	33
4.1.1 Mallado.	34
4.1.2 Factores modificativos.	37
4.2 Simulaciones.	38
4.2.1 Disparo de calibre 5,56x45mm OTAN Trazadora.	39
4.2.2 Disparo de calibre 7,62x51mm OTAN Ordinario.	47
4.3 Presupuesto.	49
5 Conclusiones y líneas futuras 51	51
5.1 Conclusiones obtenidas.	51
5.2 Líneas futuras de actuación.	51
6 Bibliografía.	52
Anexo I: Planos 53	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Modelos empleados en las lanchas de instrucción [1].....	1
Figura 1-2 Ametralladora Rheinmetall MG3 [2].	3
Figura 1-3 Ametralladora Minimi PARA-H [3].....	3
Figura 1-4 Ametralladora Minimi T.R. culata telescópica [4].	4
Figura 1-5 Metodología de diseño.....	5
Figura 2-1 Bípode sin explotar [3].....	8
Figura 2-2 Bípode explotado [3].....	8
Figura 2-3 Montaje R240 con mantelete [5].	9
Figura 2-4 Montaje R240V [5].....	9
Figura 2-5 Montaje Lightweight Rail Mount [6].	10
Figura 2-6 Montaje Swing Mount [7].	10
Figura 2-7 Montaje Foldaway Weapon Mount [8].	11
Figura 2-8 Afuste para ametralladora media y ligera.	12
Figura 2-9 Afuste de embarcaciones portátiles.	13
Figura 2-10 Afuste para ametralladora pesada.....	13
Figura 2-11 Afuste en unidades aeronavales.....	14
Figura 2-12 Rodman modelo 38 [9].	14
Figura 2-13 Rodman modelo 66 [10].	15
Figura 3-1 Castillo de la lancha de instrucción.	17
Figura 3-2 Base de fijación en las lanchas de instrucción.....	18
Figura 3-3 Ensamble diseño inicial.	19
Figura 3-4 Conjunto pata de fijación.....	20
Figura 3-5 Pata de fijación.	20
Figura 3-6 Ensamble completo.....	21
Figura 3-7 Conjunto base de fuego.	22
Figura 3-8 Pata agujero bajo.....	23
Figura 3-9 Pata agujero alto.	23
Figura 3-10 Base patas.	24
Figura 3-11 Vista general.	25
Figura 3-12 Detalle parte superior.....	25
Figura 3-13 Detalle parte inferior.....	25
Figura 3-14 Vista general.	26

Figura 3-15 Detalle guía.....	27
Figura 3-16 Detalle libertad de giro.	27
Figura 3-17 Cabezal de fijación.	28
Figura 3-18 Elemento fijación cabezal de rotación.....	29
Figura 3-19 Elemento cilindros.....	29
Figura 3-20 Perno base de fuego [12].	29
Figura 3-21 Rosca mariposa [12].	29
Figura 4-1 Mallado completo.	35
Figura 4-2 Detalle mallado superior.....	36
Figura 4-3 Detalle mallado inferior.....	36
Figura 4-4 Contactos entre superficies.	37
Figura 4-5 Materiales asociados.....	38
Figura 4-6 Diferentes balas y cartuchos.	39
Figura 4-7 Restricciones.....	39
Figura 4-8 Fuerzas.....	40
Figura 4-9 Detalle fuerzas vista superior.	40
Figura 4-10 Resultados Desplazamientos 5,56x45mm OTAN.....	41
Figura 4-11 Resultados Tensiones Superiores 5,56x45mm OTAN.....	41
Figura 4-12 Resultados Tensiones Inferiores 5,56x45mm OTAN.....	41
Figura 4-13 Detalle Tensiones Inferiores 5,56x45mm OTAN.....	42
Figura 4-14 Tensiones Superiores 5,56x45mm OTAN.....	42
Figura 4-15 Máxima tensión de Von Mises Superior.	43
Figura 4-16 Estructura rotada.....	44
Figura 4-17 Fuerzas y restricciones vista superior.	44
Figura 4-18 Resultados estructura rotada.....	45
Figura 4-19 Máximo desplazamiento 5,56x45mm OTAN.	45
Figura 4-20 Tensiones superiores 5,56x45mm OTAN.....	46
Figura 4-21 Tensiones inferiores 5.56x45mm OTAN.	46
Figura 4-22 Resultados Desplazamientos 7,62x51mm OTAN.....	47
Figura 4-23 Resultados Tensiones Superiores 7,62x51mm OTAN.....	47
Figura 4-24 Resultados Tensiones Inferiores 7,62x51mm OTAN.....	47
Figura 4-25 Máxima Tensión de Von Mises.....	48
Figura 4-26 Resultados desplazamientos 7,62x51mm OTAN.....	48
Figura 4-27 Resultados tensiones 7,62x51mm OTAN.....	49
Figura 4-28 Vista Superior localización tensiones 7,62x51mm OTAN.	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Comparativa modelos empleados en la Armada Española [3] [4].....	4
Tabla 2-1 Comparativa modelos PLATT [6] [7].....	10
Tabla 2-2 Datos montaje Foldaway Weapon Mount [8].....	11
Tabla 2-3 Datos Comparativos Modelos 38 y 66 [9] [10].....	15
Tabla 3-1 Composición Acero 316 [13].....	30
Tabla 3-2 Composición Aluminio 5086 [14].	31

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Las Lanchas de Instrucción de la Escuela Naval Militar.

Las lanchas de instrucción son un elemento vital en el adiestramiento naval de los alumnos de la Escuela Naval Militar. Con su uso se ponen en práctica los conceptos teóricos de navegación, procedimientos, seguridad, responsabilidad y trabajo en equipo, muy importantes para los futuros oficiales de la Armada Española. Su empleo abarca un amplio abanico de situaciones, como pueden ser maniobras marineras, procedimientos de comunicaciones y tácticos y también protección de la unidad en escenarios con posibilidades hostiles o de tensión.

Se dispone de los medios para la gran mayoría de los ejemplos expuestos anteriormente, sin embargo, existe una deficiencia en la última capacidad expuesta. Por diferentes motivos cuando se realizan ejercicios de defensa de la fuerza, denominados Force Protection, éstos se efectúan con modelos rudimentarios realizados en madera como puede verse en la Figura 1-1. Existiendo dos principales motivos para ello: la no disponibilidad de una estructura para efectuar una base de fuego y la pobre familiarización con las armas de fuego de los alumnos.



Figura 1-1 Modelos empleados en las lanchas de instrucción [1].

1.2 Conceptos previos esenciales.

Previamente al uso de las lanchas de instrucción de la Escuela Naval Militar y de los procedimientos empleados a bordo, los alumnos deben comprender unos conceptos y unas situaciones de manera muy clara. En el tema concerniente se definen los términos que van íntimamente relación con el uso del armamento y su clasificación a bordo de las unidades de la Armada: Force Protection y Guerra Asimétrica.

El armamento que se emplea a bordo de las unidades de la Armada puede clasificarse por su calibre en cuatro grandes grupos: armamento ligero (hasta 12,7x99mm OTAN), artillería de pequeño calibre (desde 20mm hasta 76mm), de mediano calibre (desde 76mm hasta 155mm) y de grueso calibre (a partir de 203mm). Sin embargo, para este trabajo vamos a establecer la diferencia dentro del denominado como armamento portátil en dos grupos: armamento portátil pesado (calibre 12,7x99mm OTAN) y armamento portátil ligero (calibres inferiores a 12,7x99mm OTAN).

Los conceptos expuestos a continuación, aunque íntimamente relacionados, la defensa contra la amenaza asimétrica y la FP son conceptos distintos.

La Force Protection, traducida literalmente de su empleo en la OTAN, quiere decir “Protección de la Fuerza”. Se establece como el siguiente concepto: conjunto de medidas y medios empleados para reducir la vulnerabilidad del personal, material, servicios, instalaciones, operaciones y actividades ante las amenazas y peligros, para preservar la libertad de acción y la eficacia operativa de una Fuerza y que contribuyen, por tanto, al éxito de la misión.

El concepto de Force Protection existe mayoritariamente por la existencia de la amenaza asimétrica, ya que en guerra naval convencional lo existente es la batalla de varias escuadras de navíos de guerra empleando elementos de artillería desde pequeño y mediano calibre, no armamento ligero.

La Guerra Asimétrica, y por lo tanto la Guerra Antiasimétrica (AASYW) se define esta última de la siguiente manera: Empleo de medios o métodos diferentes para evitar o negar las capacidades del oponente mediante la explotación de sus vulnerabilidades para obtener resultados desproporcionados. El enemigo asimétrico pretende el empleo de medios y/o procedimientos inusuales y comprendidos como no convencionales, para alcanzar efectos estratégicos buscando las vulnerabilidades y evitando las capacidades mayoritarias del oponente.

1.3 Armamento para uso de los alumnos de la Escuela Naval Militar.

Para su adiestramiento con armas de fuego los alumnos disponen una gran variedad de modelos de armas de fuego en el pañol del condestable de la Escuela Naval Militar. La gran mayoría de este armamento se emplea en ejercicios de fuego tanto en la galería de tiro de la Escuela Naval Militar como el en campo de tiro de la base militar General Morillo de la BRILAT del Ejército de Tierra, situada en la región de Pontevedra. Dentro de las armas que se pueden encontrar en el pañol son de importancia en el presente tema las siguientes:

- Pistola STAR M (9x19mm Parabellum)
- Fusil de asalto CETME L (5,56x45mm OTAN)
- H&K G36E (5,56x45mm OTAN)
- Rheinmetall MG3 (7,62x51 OTAN)
- FN Herstal Minimi (7,62x51mm y 5,56x45mm OTAN)

Del presente listado existe la posibilidad de emplear todas ellas, con mayor o menor eficacia en las lanchas de instrucción para dar una instrucción de fuego a los alumnos. Para el presente proyecto se considera el uso de ambas ametralladoras: la Rheinmetall MG3 y ambos modelos de FN Herstal Minimi.

1.3.1 Rheinmetall MG3.

Ametralladora de propósito general, dispuesta en la Figura 1-2, producida a partir de 1968. Emplea cartuchos de 7,62x51mm OTAN teniendo un mecanismo de recarga por retroceso y acerrojado mediante rodillos. Tiene una gran cadencia de tiro de 1200 disparos/minuto con un alcance de 1200 metros y un peso de 11,5kg (bípode incorporado).



Figura 1-2 Ametralladora Rheinmetall MG3 [2].

1.3.2 FN Herstal Minimi.

Ametralladora de origen belga fue introducida en 1970. Existen varios modelos encuadrados dentro de dos calibres: 5,56x45mm OTAN y 7,62x51mm OTAN. En el ámbito de la Armada Española se emplean un modelo de cada uno de los calibres. Para 5,56x45mm OTAN se emplea el modelo Minimi PARA-H, expuesta en la Figura 1-3. Para 7,62x51mm OTAN se emplea la designada como Minimi T.R. culata telescópica como puede verse en la Figura 1-4.

Ambos calibres tienen un sistema de disparo de recarga accionada por gas y cerrojo abierto. La cadencia de tiro en ambos modelos es modificable dentro de unos límites gracias al accionamiento del regulador de gases. Tienen un alcance efectivo de 800 y 1000 metros y pesan 6,5kg y 8,4kg respectivamente con su calibre. Sus características más detalladas pueden verse en la Tabla 1-1.



Figura 1-3 Ametralladora Minimi PARA-H [3].

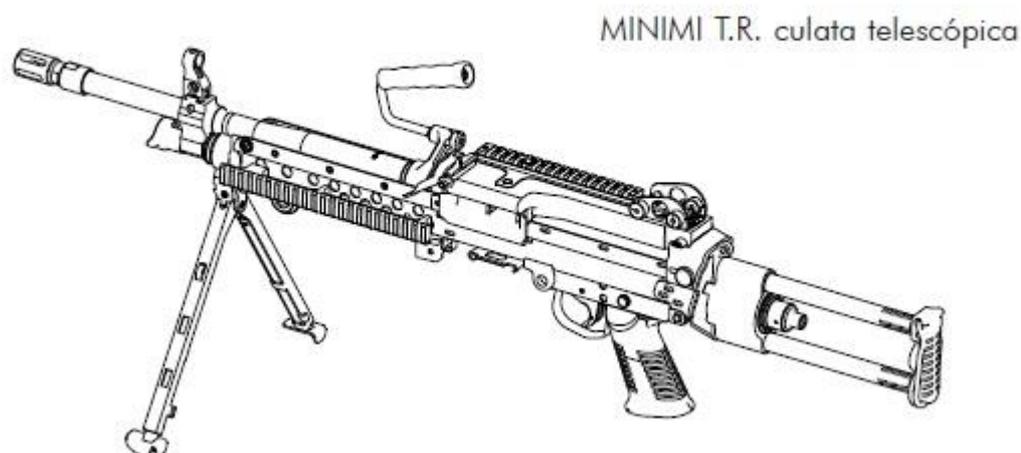


Figura 1-4 Ametralladora Minimi T.R. culata telescópica [4].

	PARA-H	T.R. culata telescópica
Calibre	5,56x45mm OTAN	7,62x51mm OTAN
Peso	7,140kg	8,6kg
Longitud Total (culata extendida/plegada)	914/766mm	1002/865mm
Anchura Total	131mm	128mm
Altura (Bípode plegado/desplegado)	230/340mm	230/340mm
Alcance	800m	1000m
Cadencia	700/850dpm	680/800dpm
Alimentación	Cinta o cargador	Cinta

Tabla 1-1 Comparativa modelos empleados en la Armada Española [3] [4].

1.4 Objetivos y metodología.

Para aumentar y hacer más efectivo el adiestramiento de los alumnos de la Escuela Naval Militar se propone diseñar una base de fuego desmontable y portátil para su empleo en las lanchas de instrucción. Con ello se pretende mejorar el adiestramiento en manejo de armas de fuego y sus medidas de seguridad correspondientes. Con este elemento también se pretende dar nociones tácticas para la denominada guerra de superficie, y más concretamente aquella de gran repercusión actual: la guerra asimétrica y la Force Protection; conceptos que se detallarán más adelante. Conocer los denominados como sectores de fuego y sectores ciegos de un montaje, el empleo de reglas de enfrentamiento, diferencias entre fuego de disuasión, fuego de neutralización y fuego de destrucción.

La metodología de diseño fue la siguiente: elaboración de concepto, diseño en croquis, evaluación y búsqueda de errores y potenciales peligros, rediseño en croquis, reevaluación, diseño con herramientas CAD, evaluación de FEM y obtención de presupuesto (Figura 1-5).

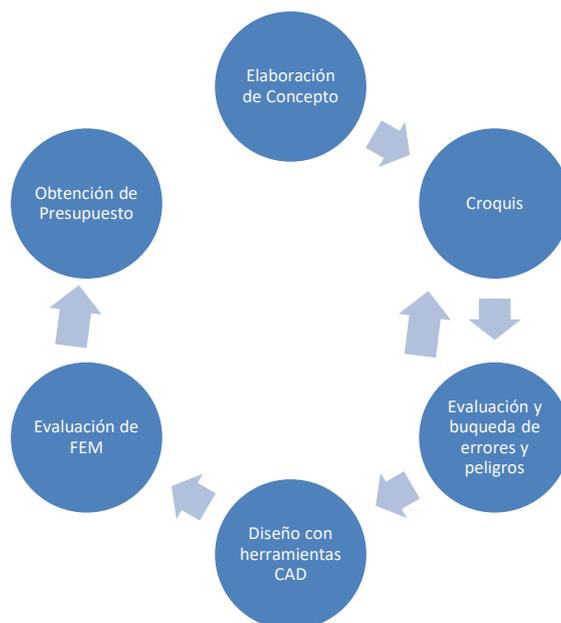


Figura 1-5 Metodología de diseño.

Para el diseño de los elementos que conformarán la base de fuego se utilizará el programa informático SIEMENS NX 11, basado en herramientas CAD, CAE y CAM entre otras. Se empleará para el diseño de los diferentes elementos que posteriormente serán ensamblados y a los que se les aplicarán unas características físicas, como el material de fabricación, para finalmente realizar simulaciones con FEM aplicando cargas y restricciones para obtener resultados.

1.5 Requisitos de montaje para las Lanchas de Instrucción.

Los requisitos para que un montaje en las lanchas de instrucción sea efectivos son muy concretos. Observando montajes existentes en diversas unidades navales se aprecian varios factores que son críticos dependiendo del tipo de unidad sobre la que se efectúa el montaje. Se pueden encontrar tanto montajes fijos como montajes desmontables. En el caso de las lanchas de instrucción se ha determinado por autoridades competentes que, debido al espacio limitado en la zona donde se pretende realizar la instalación del montaje, lo más idóneo consiste en un montaje desmontable que permanece estibado mientras no se emplee. Debido a esta necesidad resultaría extremadamente conveniente que el montaje resultase ligero y fácil de transportar si no por un solo individuo por un máximo de dos. Por ello se plantean ambos casos: efectuarlo en aluminio o en acero. También es necesario aplicarle unas restricciones de movimiento tanto en el eje azimutal como en elevación y depresión. Estas restricciones son esenciales para evitar el apuntado a la estructura de la lancha de instrucción, más concretamente al puente de gobierno y la cubierta.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Soportes para ametralladoras.

Desde el uso extendido de las ametralladoras ligeras, medias y pesadas, sobre todo de las dos primeras desde los inicios de la 2ª Guerra Mundial, estas han necesitado un apoyo para efectuar una base de fuego estable y sostenible. Por ello la existencia de dichas bases se encuentra íntimamente relacionada con la existencia de las ametralladoras en sí. A lo largo de las décadas y de manera simultánea la evolución de las ametralladoras ha llevado también a la evolución de las bases de fuego.

2.2 Soportes modernos ametralladora MINIMI.

2.2.1 Sistemas para infantería.

2.2.1.1 Bípode.

Como puede verse en la Figura 2-1 y en la Figura 2-2, el bípode es un elemento estándar incluido dentro de la compra de la unidad, tanto para el calibre 5,56x45mm OTAN como para 7,62x51mm OTAN, y empleado mayoritariamente para dar una base de fuego estable a la infantería. Consiste en un sistema de carácter telescópico y ajustable a diferentes alturas teniendo una altura mínima de 340mm en ambos casos. Con un estado natural de plegado su despliegue es sencillo realizándose ejerciendo presión hacia dentro en las patas, para liberar la pestaña, y posteriormente tirando de ellas hacia abajo.

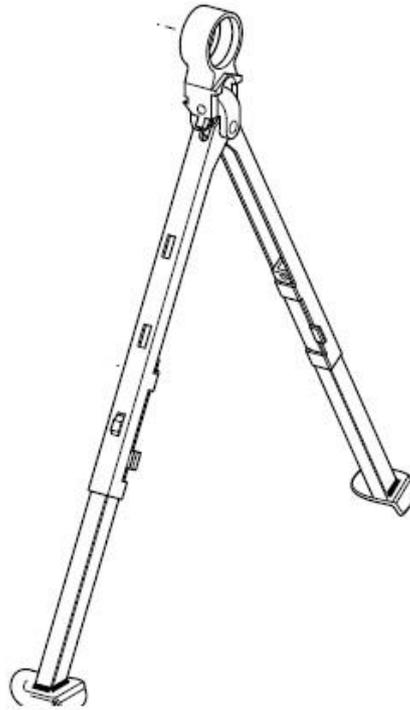


Figura 2-1 Bípode sin explotar [3].

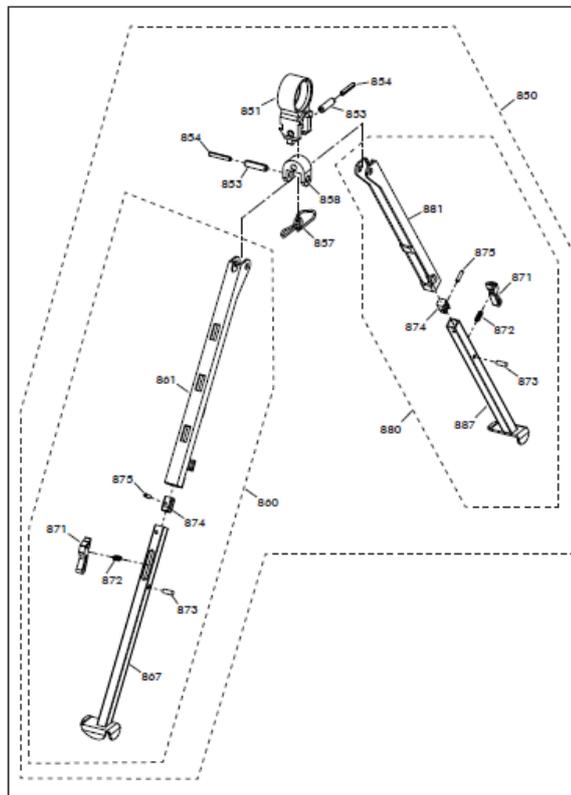


Figura 2-2 Bípode explotado [3].

2.2.2 Afuste sobre vehículos.

Existen multitud de sistemas, desarrollados por diversas empresas, para implementar la ametralladora en vehículos tanto de carácter ligero como blindado.

2.2.2.1 CRSystems, Inc.

Esta empresa de origen norteamericano tiene un servicio distinguido con las ramas de las fuerzas armadas de EEUU.

Dispone de numerosos sistemas para incluir tanto los modelos de 5,56x45mm OTAN como 7,62x51mm OTAN en vehículos e inclusive dotar al tirador de protección mediante manteletes como el módulo de R240 expuesto en la Figura 2-3 o el R240V de la Figura 2-4. Se contactó con la empresa para obtener los datos de los sistemas expuestos, sin embargo fue infructuoso.



Figura 2-3 Montaje R240 con mantelete [5].



Figura 2-4 Montaje R240V [5].

2.2.2.2 Platt Mounts and Ordnance.

Esta empresa de origen australiano tiene una amplia y exitosa trayectoria a lo largo de los últimos 30 años en su sector. Entre sus usuarios se incluyen países con gran presencia militar como EEUU, Reino Unido, España, Alemania y Arabia Saudí.

De manera similar también dispone de varios sistemas para la incluir los modelos de 5,56x45mm OTAN y 7,62x51mm OTAN en vehículos como puede verse en la Figura 2-5 y la Figura 2-6. La variedad de estos sistemas permite al usuario elegir entre aquel que más le convenga con la posibilidad de realizarse en aluminio o en acero como puede verse en la Tabla 2-1.



Figura 2-5 Montaje Lightweight Rail Mount [6].



Figura 2-6 Montaje Swing Mount [7].

	Lightweight Rail Mount	Swing Mount
Peso	25.6kg (acero)	19/13kg (acero/aluminio)
Calibre de diseño	5,56x45mm OTAN	5,56x45mm OTAN
Libertad Azimutal	360°	260° (130° a banda)
Libertad en elevación	90°	80°
Libertad en depresión	10° (extensible a 45°)	60°

Tabla 2-1 Comparativa modelos PLATT [6] [7].

2.2.3 Afuste sobre unidades navales.

Además de poderse emplear los sistemas descritos en el Punto 2.2.2. realizando modificaciones menores o ninguna, existen sistemas especialmente diseñados para el empleo en unidades que desarrollan su función en entorno marítimo o fluvial.

2.2.3.1 Platt Mounts and Ordnance.

Con un diseño retráctil y el empleo de elementos resistentes a la corrosión, el sistema expuesto está diseñado concretamente para su uso entorno naval quedando expuesto como se ve en la Figura 2-7. Sus características son apreciables en la Tabla 2-2.



Figura 2-7 Montaje Foldaway Weapon Mount [8].

Foldaway Weapon Mount	
Peso	15kg (acero)
Calibre de diseño	5,56x45mm OTAN
Libertad Azimutal	270° o requerimiento
Libertad en elevación	60°
Libertad en depresión	20° (extensible a 50°)
Miscelánea	Requiere un espesor mínimo de 6mm para montaje. Acabado en material resistente a corrosión.

Tabla 2-2 Datos montaje Foldaway Weapon Mount [8].

Consultadas diferentes empresas expuestas anteriormente, los datos de reparto de tensiones y fuerzas en sus soportes comerciales son considerados confidenciales y por ello no son reflejados en este documento.

2.2.3.1 Afustes en la Armada Española.

Actualmente existen varios afustes en la Armada Española. El empleo de los distintos sistemas depende del calibre del arma que se monta sobre ellos. De esta manera, destacan principalmente dos aquellos empleados para ametralladoras pesadas (calibre 12,7x99mm OTAN) y los de ametralladoras medias y ligeras (7,62x51mm OTAN y 5,56x45mm OTAN). Los diseñados para ametralladora pesada están presentes la gran mayoría de los buques medianos y pesados de la Armada y los diseñados para ametralladoras medias y ligeras en prácticamente todas las unidades, incluidas embarcaciones neumáticas tipo RHIB como puede verse en la Figura 2-9 y diversas unidades aeronavales como helicópteros, expuesto en la Figura 2-11.

La diferencia principal entre ambos afustes radica en la complejidad del montaje, como puede observarse en la Figura 2-8 y Figura 2-10, además de las fuerzas y tensiones que deben soportar cada uno debido al diferente empleo de los calibres también puede verse la permanencia de dichas bases de fuego, siendo permanentes para la ametralladora pesada y desmontables para la ametralladora media y ligera.



Figura 2-8 Afuste para ametralladora media y ligera.



Figura 2-9 Afuste de embarcaciones portátiles.



Figura 2-10 Afuste para ametralladora pesada.



Figura 2-11 Afuste en unidades aeronavales.

2.3 Lanchas de instrucción RODMAN.

Por el entorno en el cual se encuentra la Escuela Naval Militar, se ha escogido RODMAN, empresa de origen español fundada en 1974 y que proveyó de las cuatro lanchas actualmente presentes visibles en la Figura 2-13, RODMAN modelo 66, en el año 2006.



Figura 2-12 Rodman modelo 38 [9].

Anteriormente a estas existían en la Escuela Naval Militar las RODMAN modelo 38, expuestas en la Figura 2-12. Ambos modelos están construidas en poliéster reforzado con fibra de vidrio. Las diferencias existentes se exponen en la tabla a continuación. Se debe destacar que ambos modelos están preparados para la inclusión de una base de fuego en la zona de castillo. Sin embargo, en las modelos 38 el afuste se encuentra implementado de manera fija. Para mayor énfasis en sus características se dispone de la Tabla 2-3.



Figura 2-13 Rodman modelo 66 [10].

	MODELO 38	MODELO 66
Eslora	11 m	20,5 m
Manga	3.9 m	5,1 m
Velocidad máxima	30 nudos	28 nudos
Dotación mínima	6 personas	4 personas
Motorización	2 x 370 CV	2 x 965 CV

Tabla 2-3 Datos Comparativos Modelos 38 y 66 [9] [10].

3 DISEÑO DEL SOPORTE

3.1 Ideas iniciales.

Para el desarrollo del proyecto inicialmente se debe hacer un estudio de varios factores: el lugar físico donde se depositará la base de fuego, y la disponibilidad en un futuro de las ametralladoras requeridas con varias posibilidades (emplear un modelo real operativo, un modelo real inoperativo o fabricar replicas con las mismas características).

Para ello hay que tener un conocimiento de la estructura de las lanchas de instrucción de la Escuela Naval Militar y más concretamente la zona denominada como castillo, la zona entre el puente de mando dirigida hacia la proa, visible en la Figura 3-1. Tras el estudio inicial se observa que las lanchas de instrucción están preparadas para la posibilidad de realizar montajes de este tipo, ya que dispone de una base cilíndrica con un diámetro de 70cm y un espesor de 1cm. Dispone de los agujeros para 8 tornillos de un diámetro de 14mm, siendo estos datos visibles en la Figura 3-2. La distancia al centro del cilindro de estos es de 285mm. La placa se encuentra a 3,8m de la guía de proa, una distancia perpendicular a las bandas de 1,9m y una distancia a las amuras de 3,25m.

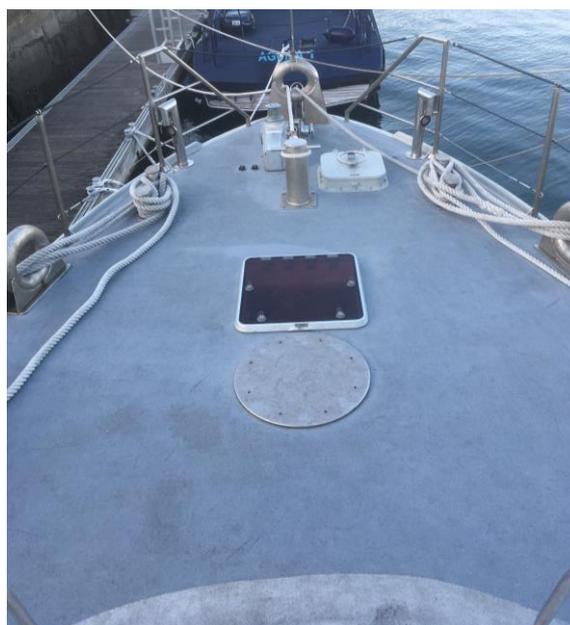


Figura 3-1 Castillo de la lancha de instrucción.



Figura 3-2 Base de fijación en las lanchas de instrucción.

También se debe tener acceso al Pañol del Condestable de la Escuela Naval Militar, donde se encuentran las ametralladoras con las que se va a realizar el proyecto. También sería idónea la posibilidad de obtener los planos de dichas ametralladoras, sin embargo la empresa productora los considera como secreto comercial. Por ello se debe emplear la información expuesta en Manual de Mantenimiento de ambos modelos. Se consideró inicialmente el uso de la ametralladora MG3, sin embargo, se obtuvo información desde el pañol mencionado anteriormente que ambas unidades de esta ametralladora serán trasladadas y dejarán de estar localizadas en la Escuela Naval Militar, por ello su uso se imposibilita y se redirige el proyecto al diseño de la base de fuego exclusivamente para la ametralladora FN HERSTAL Minimi.

3.2 Diseño inicial.

Debido a las condiciones especiales expuestas en el Punto 1.5 como requisitos del montaje y tras una evaluación de los montajes expuestos a lo largo de los Puntos 2.1 a 2.2.3.1 se considera que estos no cumplen los requisitos por diversos motivos, principalmente por la excepcional situación donde se desea establecer el montaje, no se encuentra un volumen en las proximidades para realizar el montaje sobre él, lo que obliga a que este tenga unas dimensiones elevadas. La mayor inspiración para el diseño del montaje ha sido aquellos expuestos en el Punto 2.2.3.1, más concretamente el empleado para ametralladoras pesadas y los expuestos en Figura 2-9, Figura 2-10 y Figura 2-11. También se ha tenido en consideración el diseño presentado por el actualmente Alférez de Navío Don Antonio Estarellas Perales en su Trabajo de Fin de Grado [11], sin embargo, no se le da una importancia vital ya que supone un diseño ya existente y optimizado para la ametralladora Rheinmetall MG3.

La metodología de diseño fue la siguiente: elaboración de concepto, diseño en croquis, evaluación y búsqueda de errores y potenciales peligros, rediseño en croquis, reevaluación, diseño con herramientas CAD, evaluación de FEM y obtención de presupuesto.

La idea inicial consistía en un diseño compuesto por un total de 17 piezas, como puede verse en la Figura 3-3. Están separadas en tres conjuntos distintos: patas de fijación, compuesto por tres elementos formando una bisagra; base de fuego, compuesto por ajustes de altura; sistema de empalme, la unión entre la ametralladora y la base de fuego.

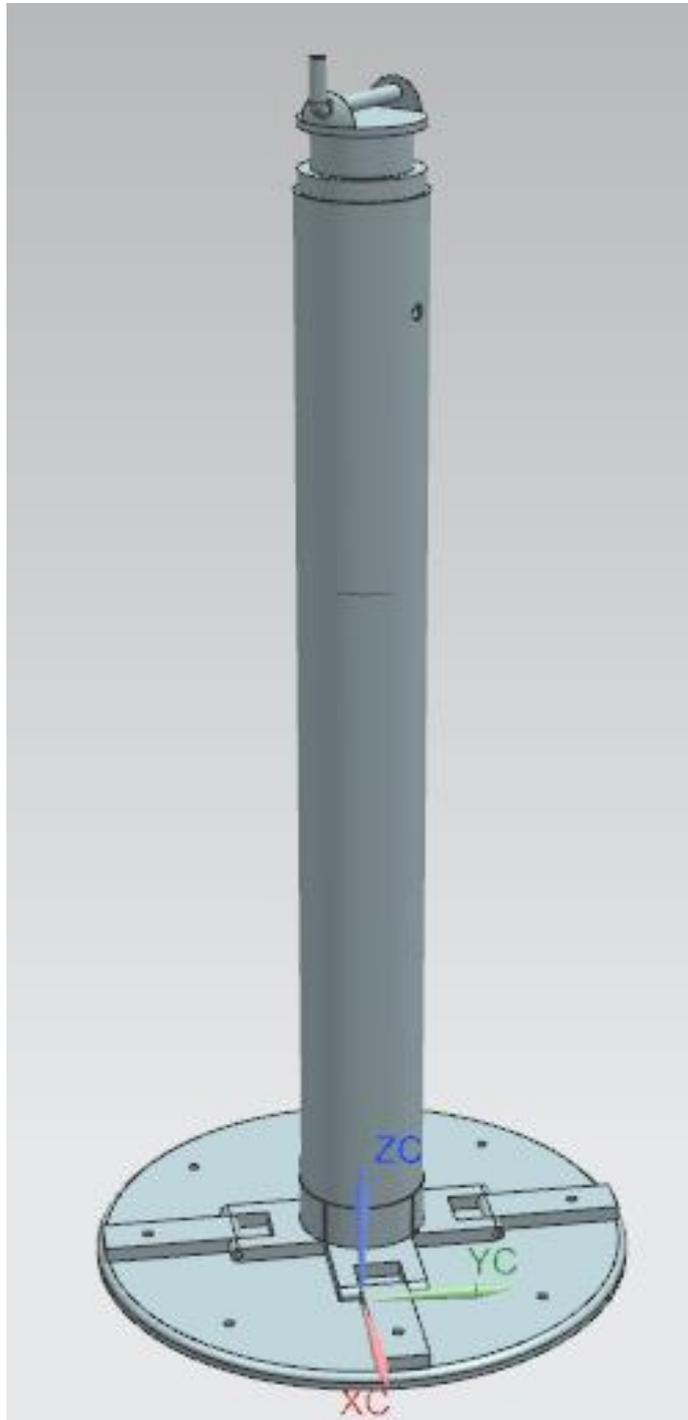


Figura 3-3 Ensamble diseño inicial.

3.2.1 Patas de fijación.

Las patas de fijación están compuestas por un total de tres elementos empleados en conjunto como una bisagra para fijar la base de fuego al castillo de las lanchas de instrucción cuando se emplease el conjunto. Especificar que el conjunto mostrado en la Figura 3-4 sería soldado al conjunto de la base de fuego.

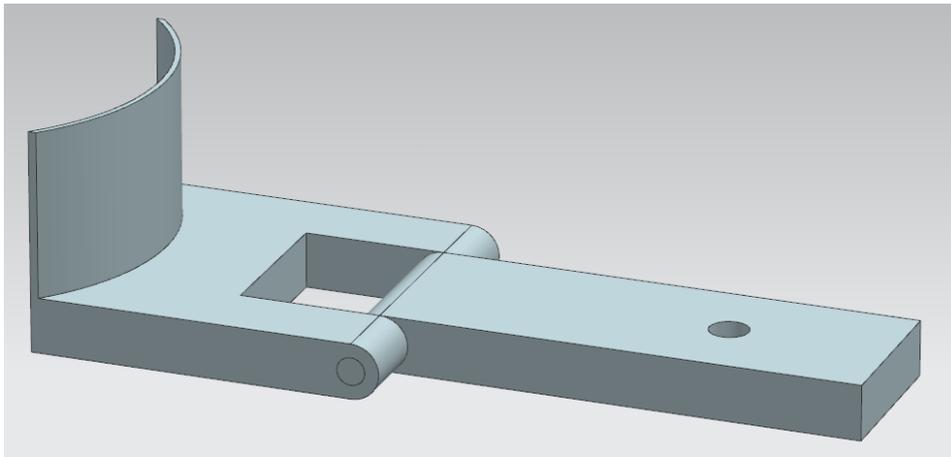


Figura 3-4 Conjunto pata de fijación.

3.2.2 Diseño secundario patas de fijación.

Diseñado de nuevo, y como puede verse en la Figura 3-5, este elemento consta de una pieza y está diseñado para mantener fija la base de fuego a la superficie cilíndrica del castillo que iría fijada mediante tornillos. Se emplearía un total de cuatro, con motivo de encontrar el equilibrio entre reparto de cargas y número de elementos posibles (hasta 8). Consiste en un conjunto compuesto por un arco de 90° y una superficie rectangular con la elongación suficiente para poder realizar un agujero y hacerlo fijo a la superficie cilíndrica descrita anteriormente.

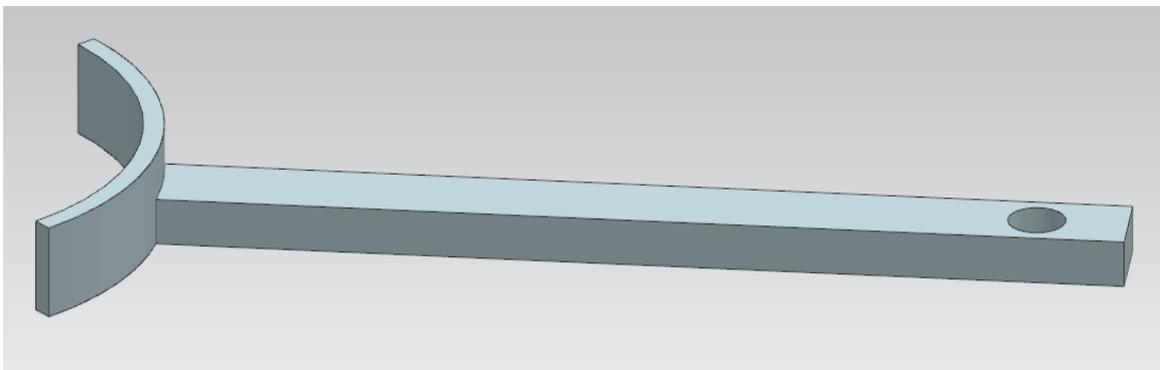


Figura 3-5 Pata de fijación.

3.3 Fallos de diseño detectados.

Se detectan algunos fallos y posibles consecuencias posteriores de los diseños mostrados en los Puntos 3.2.1. y 3.2.2. como por ejemplo la cesión de los tornillos de fijación en la pata de fijación o la compleja mecanización respectivamente. Estas características generan que se descarten los elementos especificados Además en el Punto 3.6 se detalla en mayor medida los motivos por el cambio de diseño.

3.4 Desarrollo del conjunto y el diseño final.

En la Figura 3-6 puede verse el conjunto completo. La base de tiro está compuesta por un total de 10 piezas, siendo cuatro de ellas repetidas. Están separadas en dos conjuntos distintos: base de fuego, compuesta por patas de ajuste, base de patas y ajuste de altura; sistema de empalme: pieza independiente que sería la unión entre la ametralladora y la base de fuego. Aclarar que las medidas exactas de los elementos diseñados se encuentran disponibles en los planos de cada uno de los elementos, adjuntados en el Anexo I: Planos.

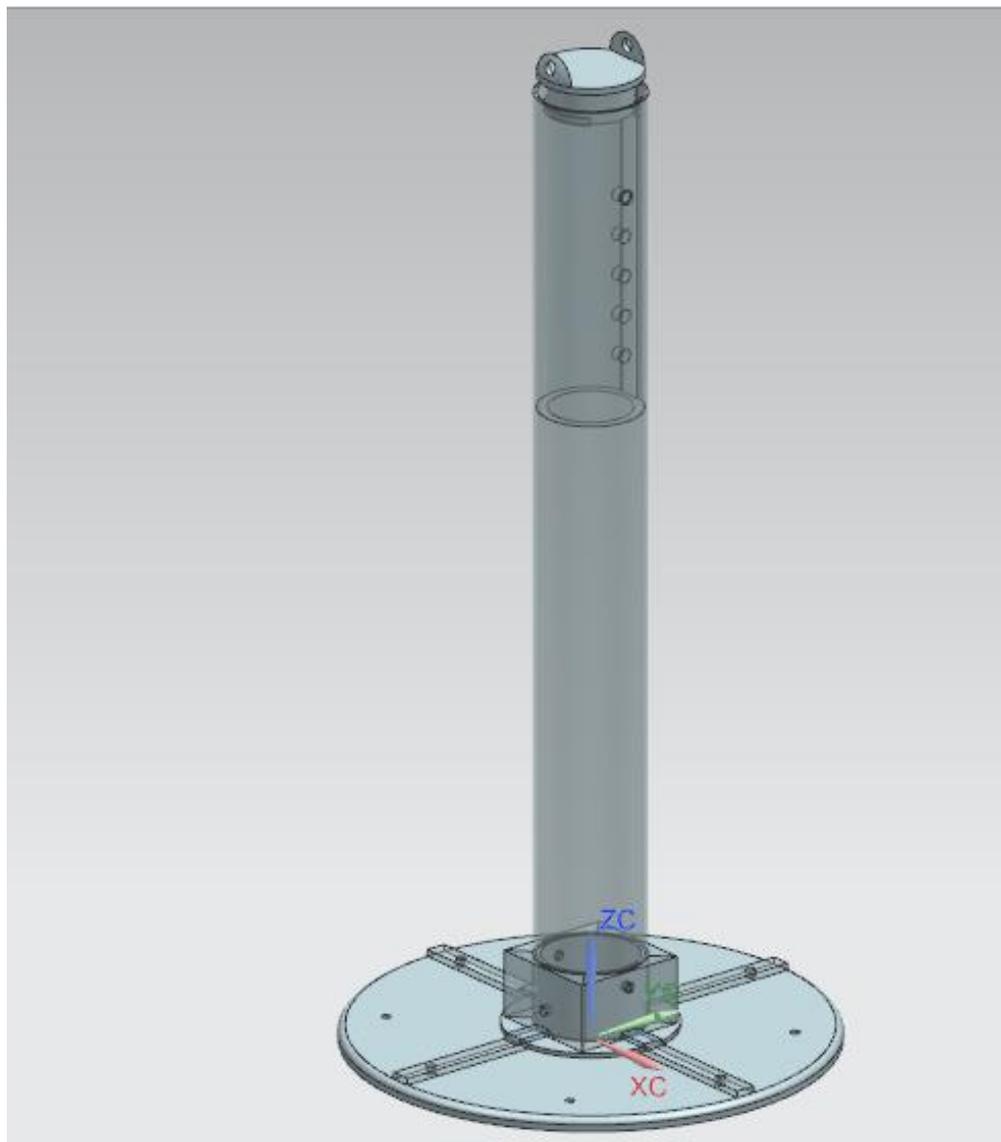


Figura 3-6 Ensamble completo.

3.4.1 Base de fuego.

La base de fuego está compuesta por un total de 7 elementos que se encontrarían fijados al cilindro representado en la Figura 3-7 mediante 4 tornillos y cuatro elementos denominados patas.

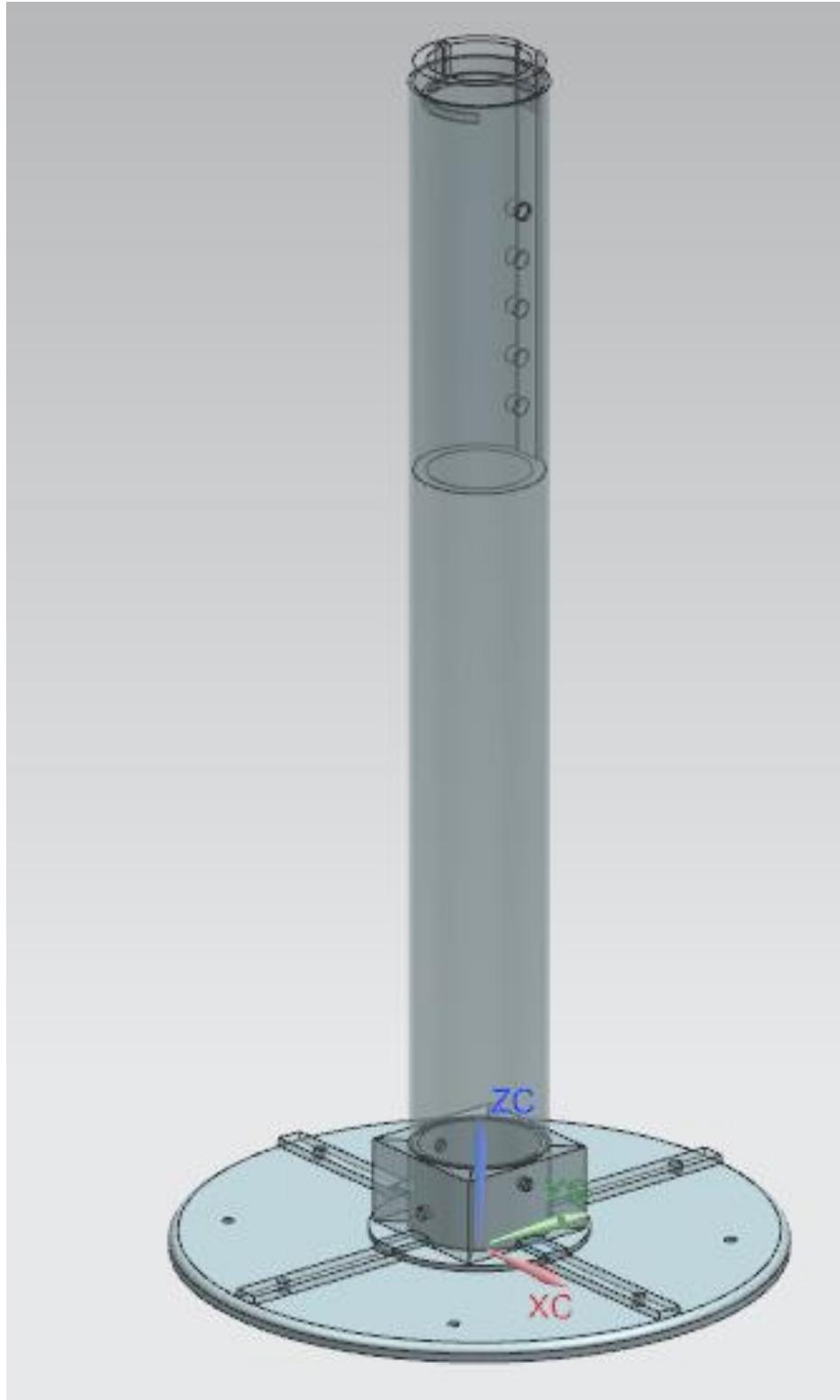


Figura 3-7 Conjunto base de fuego.

3.4.1.1 Patas.

Elemento diseñado para mantener fija la base de fuego a la superficie cilíndrica del castillo que irá fijada mediante tornillos. Se emplearía un total de cuatro, con motivo de encontrar el equilibrio entre reparto de cargas y número de elementos posibles (hasta 8). Consiste en un conjunto compuesto por una pletina de 170mm de largo y 30mm de ancho con una profundidad de 100mm que posteriormente será mecanizado y al cual se le soldara una placa de 51,3mm de largo y 30mm de ancho con una profundidad de 10mm. Soldado a esta placa se encontraría otra de 215mm de largo, 10mm de ancho y una profundidad de 30mm. En la pletina mencionada inicialmente y en la última placa se realizarían unos agujeros para la inclusión de dos tornillos. Considérese que en la pletina se efectuaran los agujeros en dos alturas diferentes a parejas para evitar la colisión de los espárragos que atravesaran como puede verse en la Figura 3-8 y la Figura 3-9.

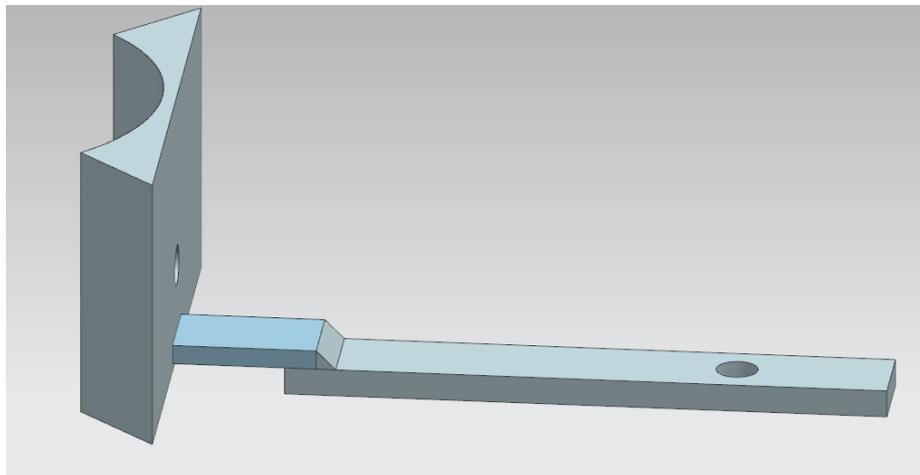


Figura 3-8 Pata agujero bajo.

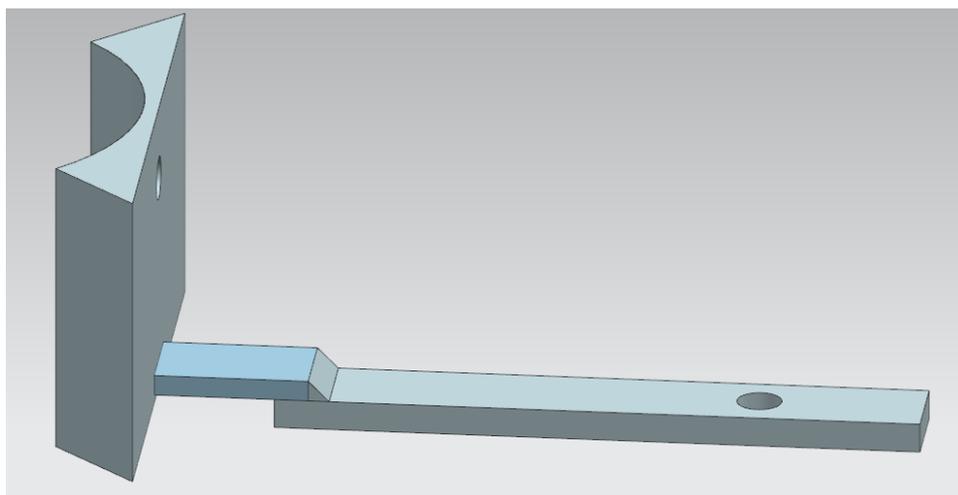


Figura 3-9 Pata agujero alto.

3.4.1.2 Base patas.

La base donde se asentara el elemento descrito en el Punto 3.4.1.1 consiste en un cilindro con un diámetro exterior de 250mm y un diámetro interior de 150mm y una altura de 7mm. Soldado en el interior se encontraría otro cilindro de diámetro exterior 150mm y diámetro interior de 140mm y una altura de 107mm. En el cilindro de mayor altura se realizarían también unos agujeros en consonancia con los descritos para las patas como queda expuesto en la Figura 3-10.

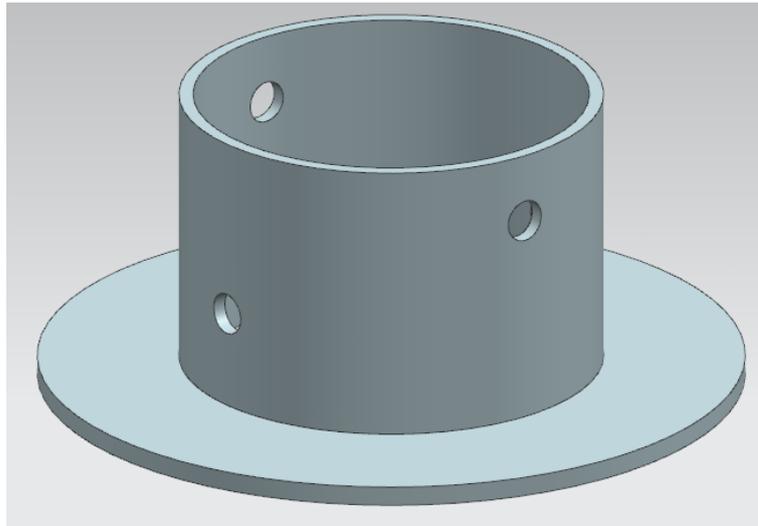


Figura 3-10 Base patas.

3.4.1.3 Cilindro telescópico exterior.

Elemento diseñado para dotar de altura a la base de fuego. Como puede verse en la Figura 3-11 consiste en una superficie cilíndrica hueca con una incisión efectuada para ajustar el cilindro telescópico interior a las diferentes alturas. Dicha incisión atraviesa la totalidad del cilindro con motivo de asegurar la posición del elemento de sujeción. También tiene dispuesta una guía en la parte superior del cilindro que hace la función de guiar el cilindro telescópico interior hacia su posición correcta como se expone en la Figura 3-12. Establecido con una altura de 1400mm con motivo de ser la altura mínima del hombro del alumno designado como tirador. Resaltar los agujeros realizados en la parte inferior del cilindro con el motivo de permitir la inserción de las partes circulares de los elementos descritos en el Punto 3.4.1.1 como puede verse en la Figura 3-13.

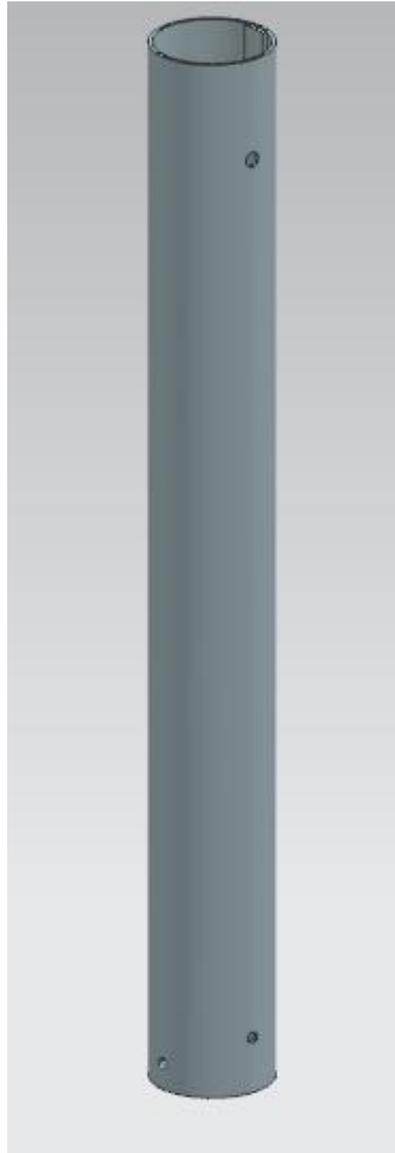


Figura 3-11 Vista general.

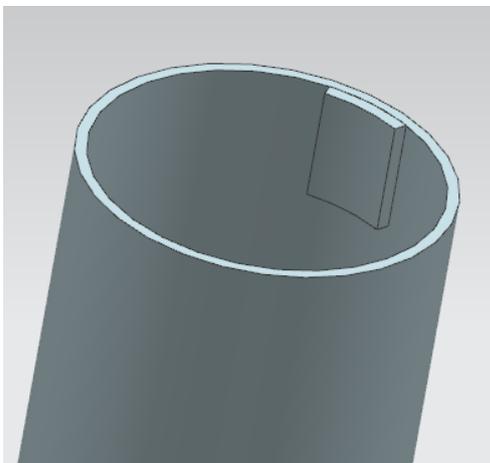


Figura 3-12 Detalle parte superior.

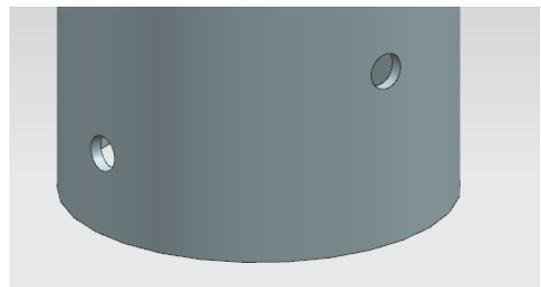


Figura 3-13 Detalle parte inferior.

3.4.1.4 Cilindro telescópico interior.

Como puede verse en la Figura 3-14 es un elemento diseñado para ajustar la altura de la base de fuego a diferentes tiradores. Consiste en una superficie cilíndrica hueca con un total de 5 incisiones para ajustar con el elemento descrito en el apartado 3.4.1.3 Para coincidir con la guía del cilindro anterior también se realiza una incisión a lo largo de todo su eje vertical detallado en la Figura 3-15. Además, para establecer unos límites laterales de apuntado a la ametralladora, y de esta manera evitar que se haga fuego sobre la estructura de la lancha de instrucción. Realizadas las medidas sobre la lancha de instrucción se establece que el ángulo autorizado a banda y banda de la lancha de instrucción son 140° . Estos límites laterales se han realizado exponiéndose el detalle en la Figura 3-16.

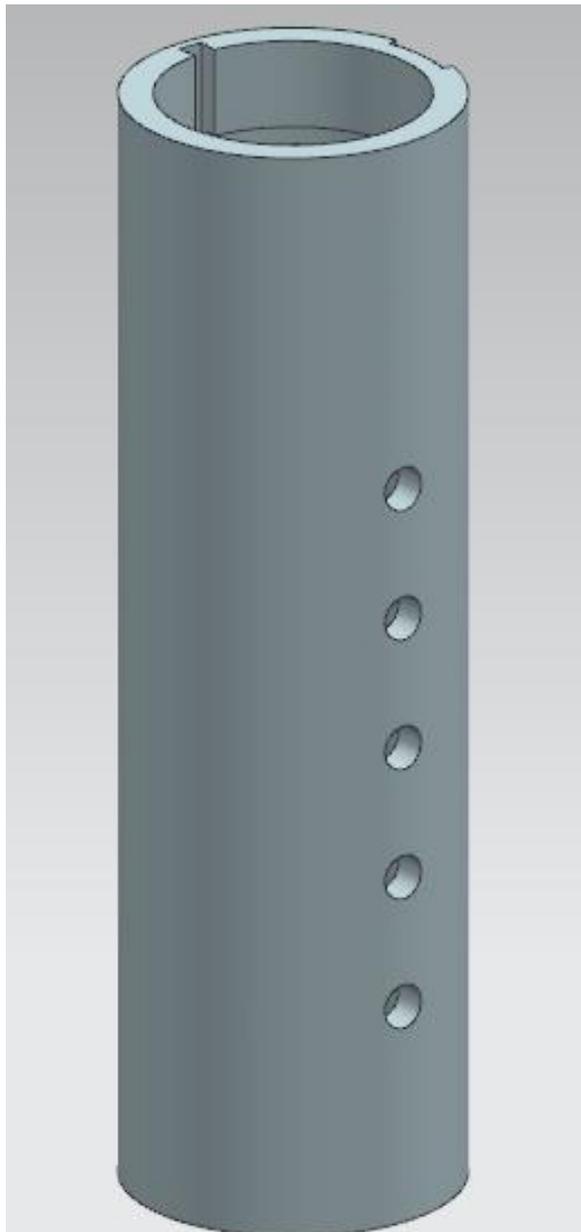


Figura 3-14 Vista general.



Figura 3-15 Detalle guía.

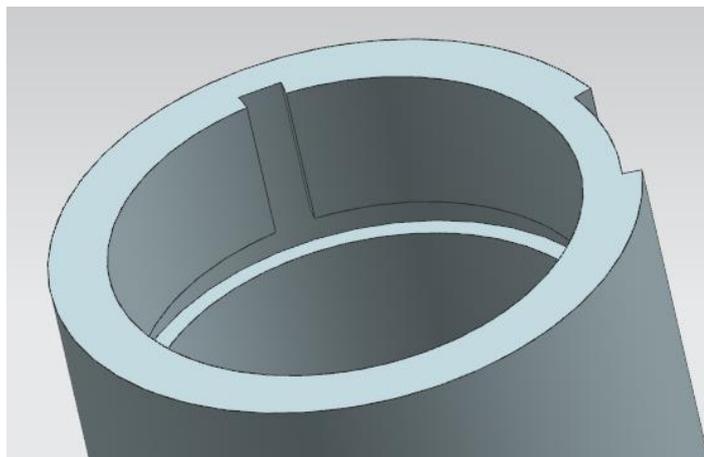


Figura 3-16 Detalle libertad de giro.

3.4.2 Sistema de unión.

Compuesto esencialmente por 2 elementos se empleara para poder fijar la ametralladora a la base de fuego.

3.4.2.1 Cabezal de rotación.

Elemento empleado para dotar a la ametralladora de un sistema de giro, dando libertad de movimiento en el eje horizontal de hasta 140° por cada banda. Visible en la Figura 3-17, destacar el elemento soldado al exterior para recorrer la guía realizada en el elemento descrito en el Punto 3.4.1.4 e introducirlo en el sistema que es la base de fuego. De esta manera se implica que este elemento se dispone en el interior del cilindro telescópico interior. Dispone de dos agujeros realizados para poder introducir el elemento de fijación que hará fija la ametralladora al sistema.

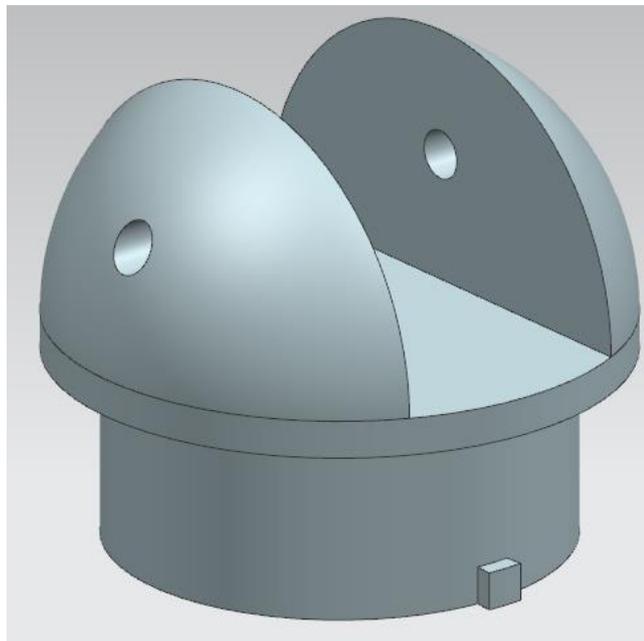


Figura 3-17 Cabezal de fijación.

3.4.3 Variedad de elementos de unión.

Los elementos diseñados son empleados tanto para la fijación de la ametralladora al cabezal de rotación, y la fijación en altura de los cilindros telescópicos siendo respectivamente la Figura 3-18 y la Figura 3-19. Para fijar la base de fuego al castillo de la lancha se empleará un perno métrico hexagonal especificado como DIN 931 M14x210, visible en la Figura 3-20, junto con una tuerca mariposa hexagonal M14 como puede verse en la Figura 3-21.

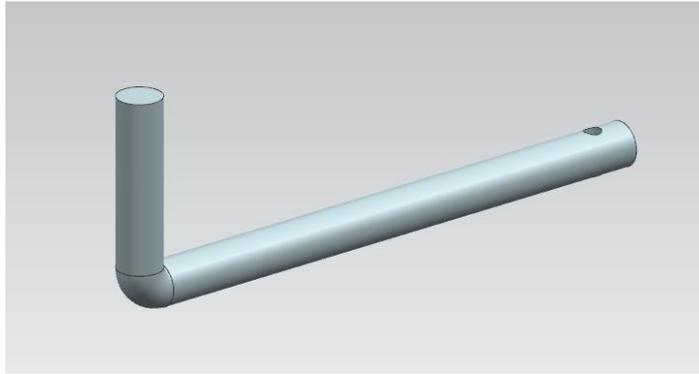


Figura 3-18 Elemento fijación cabezal de rotación.

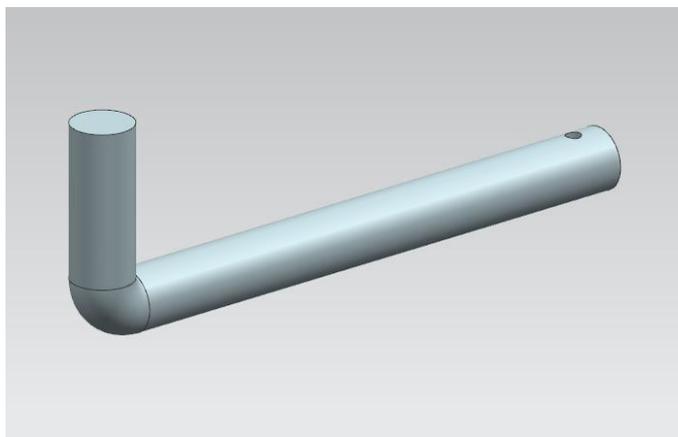


Figura 3-19 Elemento cilindros.



Figura 3-20 Perno base de fuego [12].

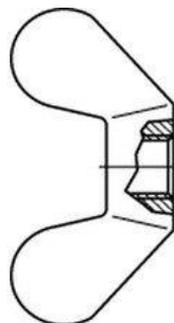


Figura 3-21 Rosca mariposa [12].

3.5 Elección de material.

Una de las cuestiones más importantes es la elección del material a emplear. La primera opción contemplada es el uso del acero balístico, ya que dispone de magníficas propiedades físicas con espesores de chapa muy reducidos. Sin embargo se descartó rápidamente por su elevado coste. A partir de ese punto, las opciones iniciales se reducían a acero 316, un acero compuesto de los elementos expuestos en la Tabla 3-1 y aluminio de la clase 5000, concretamente el 5086, con su composición expuesta en la Tabla 3-2. Los motivos de emplear respectivamente ese acero y esa clase de aluminio son principalmente su diseño específico para la resistencia a la corrosión, factor crucial en el entorno marino. Además, ambos materiales presentan altos valores en cualidades de resistencia tanto de tracción como de cortadura, límite elástico, y soldabilidad, quedando claras las grandes cualidades de cada uno de esos materiales. Por motivo de desear un sistema que fuese tanto portátil como desmontable y tras la realización del diseño de la base de fuego, se estima que la mejor opción es realizarlo en aluminio, principalmente por la diferencia de densidades, 8000kg/m^3 y 2700kg/m^3 respectivamente, existiendo pesando el conjunto en acero aproximadamente 130kg y en aluminio aproximadamente 44kg. El material de fabricación de los pernos, tornillos y otros elementos de fijación será acero, ya que son elementos de menores dimensiones, por ello su peso no es tan relevante.

Finalmente se alcanza un acuerdo y se realizan algunas piezas de acero y otras de aluminio. De esta manera el conjunto pesa un total de 33kg, siendo 14kg de acero para las tuercas junto con los pernos y tornillos, la base de las patas, las patas de soporte; los 19kg restantes se encontrarían en aluminio en ambos tubos telescópicos y el cabezal de rotación.

ELEMENTO	PORCENTAJE
Carbono	0.08
Manganeso	2
Fosforo	0.04
Azufre	0.03
Silicio	0.75
Cromo	16-18
Níquel	10-14
Molibdeno	2-3

Tabla 3-1 Composición Acero 316 [13].

ELEMENTO	PORCENTAJE
Silicio	0.4
Hierro	0.5
Cobre	0.1
Manganeso	0.2-0.7
Magnesio	3.5-4.5
Cromo	0.05-0.25
Zinc	0.25
Titanio	0.15
Otros	0.15

Tabla 3-2 Composición Aluminio 5086 [14].

3.6 Prevención de Riesgos Laborales (PRL/SEGOP).

La Prevención de Riesgos Laborales, en el ámbito militar denominado Seguridad Operativa, es crítico para el desarrollo de cualquier actividad laboral, no siendo menos importante en el ámbito militar. Por ello se debe tener en cuenta este proyecto ya que genera un nuevo cuerpo al que someter a un análisis y considerar los posibles accidentes que pueda generar.

El diseño inicial se descartó principalmente por el conjunto de las patas de fijación detallado en el Punto 3.2.1, ya que podía generar más de un accidente, tanto en su despliegue como durante su uso, por ello se le establece un nivel de riesgo moderado, a nuestro parecer inadmisibles y por ello es el conjunto que principalmente queda modificado en el diseño de la base de fuego.

Tras la modificación pertinente en diseño, el principal elemento que podía causar accidentes es el elemento expuesto en el Punto 3.4.1.1, ya que sería objeto de posibles tropiezos y por lo tanto causar la caída de algún miembro de la dotación. Tras contactar con el responsable en la Escuela Naval Militar de las lanchas de instrucción y la oficina de PRL/SEGOP se estima que el elemento quedaría clasificado como riesgo menor.

4 RESULTADOS

Tras el diseño realizado y validado este debe ser sometido a unas pruebas para confirmar su validez. Dichas pruebas consisten en simulaciones realizadas por el modulo incluido en Siemens NX 11 para el uso de FEM. Dicho modulo permite la inclusión de distintas fuerzas, restricciones y dependencias.

4.1 Bases para simulaciones.

Para realizar la simulación es necesario determinar en primer lugar las fuerzas que actúan sobre la estructura. Estas fuerzas son las fuerzas de reacción transmitidas por el arma al dispara. Se denominan fuerzas de retroceso, y son generadas por la expulsión de una masa (bala) por el cañón. Por ello, para conocer la fuerza generada por el proyectil, debemos conocer tanto su masa como su aceleración. Su masa es fácil de obtener con una báscula, la cual permite obtener el peso hasta a centésima de gramo, y el proyectil correspondiente. Sin embargo, la aceleración plantea más complicaciones. Por ello, para la realización del trabajo, se considerará una aceleración constante para enfrentarnos al problema en su caso más desfavorable. El motivo de considerar la aceleración constante es el siguiente: por la gran cantidad de variables a tener en cuenta que modifican la aceleración como puede ser el rozamiento con el cañón, la rápida reacción que genera dicha aceleración (la deflagración de la pólvora), la dirección y magnitud del estriado del cañón que imprime una rotación al proyectil para dotarlo de mayor efectividad, la rotación debida a Coriolis, la calidad del grano de la pólvora, la cualidad de ser un sistema de cerrojo abierto, etc. Por todo ello, se considera aceptable asumir una aceleración constante maximizada para la elaboración de las simulaciones.

Concerniente al peso del proyectil, nos encontramos con diferentes pesos dependiendo lógicamente del calibre empleado. Sin embargo también debe tenerse en cuenta el tipo de bala empleada ya que al existir diferentes usos, están compuestas por distintos materiales y por lo tanto, teniendo pesos distintos. Los dos tipos de balas empleadas son las siguientes: munición ordinaria y munición trazadora, distinguiéndose esta última por un color rojizo en la punta. Atendiendo a sus pesos, para la bala del calibre 7,62x51mm OTAN la de carácter ordinario pesa 9,456gr y la de carácter trazadora pesa 9,06gr. Con respecto a la bala del calibre 5,56x45mm OTAN la de carácter ordinario pesa 4,06gr y la de carácter trazadora pesa 4,075gr.

Respecto a la aceleración, teniendo en cuenta los factores explicados anteriormente nos remitimos a la formula expuesta a continuación obtenida a partir del movimiento rectilíneo uniforme acelerado. Por ello, conociendo la velocidad inicial de la bala, asumida como 0, la velocidad final de la bala, y la longitud del cañón, datos obtenidos de los respectivos manuales de mantenimiento de cada uno de los modelos podemos obtener la aceleración del proyectil.

$$S = S_o + V_o t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$V = V_o + a t$$

$$V_f^2 - V_o^2 = 2 a S$$

$$a = \frac{V_f^2}{2S}$$

siendo “ V_f ” es la velocidad de salida, “ V_o ” es la velocidad inicial, “ a ” es la aceleración y “ s ” es la longitud del cañón.

$$a = \frac{\left(875 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 0.347m} = 1.10 \times 10^6 \frac{m}{s^2} \text{ [Para } 5.56 \times 45 \text{mm OTAN]}$$

$$a = \frac{\left(810 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 0.4215m} = 778 \times 10^3 \frac{m}{s^2} \text{ [Para } 7.62 \times 51 \text{mm OTAN]}$$

A partir estas aceleraciones obtenidas y las masas de cada una de las balas podemos obtener la fuerza resultante aplicando la segunda ley de Newton:

$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

A partir de ella obtenemos las diversas fuerzas de retroceso.

Tras los cálculos oportunos se obtienen los siguientes resultados:

- 5,56x45mm OTAN Ordinario: 4480N.
- 5,56x45mm OTAN Trazadora: 5000N.
- 7,62x51mm OTAN Ordinario: 7355N.
- 7,62x51mm OTAN Trazadora: 7055N.

Viendo estos resultados se decide realizar las simulaciones de las balas que mayor reacción generan en cada uno de los calibres, es decir, se emplearán el cartucho 5,56x45mm OTAN Trazadora y 7,62x51mm OTAN Ordinario.

Se reincide sobre el hecho de que estas fuerzas están maximizadas, ya que no se consideran perdidas por transformación en energía térmica, y similares.

4.1.1 Mallado.

Para poder realizar las simulaciones lo primero que se debe hacer es dividir el conjunto del ensamble en elementos cuasi unitarios para obtener las reacciones a nivel infinitesimal. Para cada superficie se genera una malla diferente, siendo de dimensiones menores aquellas que requieran mayor detalle. El mallado elegido para todos los modelos es el tetraédrico tridimensional CTETRA de 10 puntos por elemento. Los motivos de elegir este tipo de mallado son los siguientes: debe ser CTETRA porque usar la malla de barrido resulta imposible por las características de la geometría. Y se elige el de 10 puntos para realizar con mayor precisión la aproximación a las caras curvas de la geometría.

Exponiendo en la Figura 4-1, aunque no apreciable por la escala, motivo de la Figura 4-2 y Figura 4-3 el mallado completo se realiza de la siguiente manera:

- Placa Base: 10mm
- Base Patas: 2.5mm
- Patas: 2.5mm
- Tubo Exterior: 5mm
- Tubo Interior: 5mm
- Cabezal de Rotación: 2.5mm
- Pernos y elementos de fijación: 2.5mm

Los motivos para elegir los respectivos tamaños de malla son por la necesidad de detalle en las mallas de menor magnitud, asegurando dos capas de elementos en cada zona. Además, se eligen en los elementos que pueden sufrir mayor concentración y variación de tensiones en desplazamientos de la pieza pequeños.

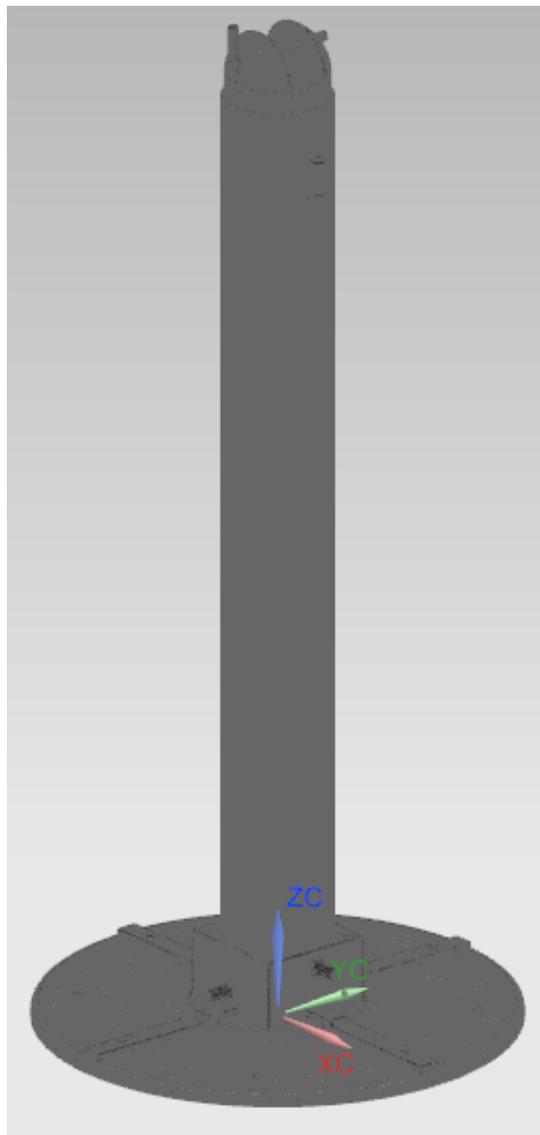


Figura 4-1 Mallado completo.

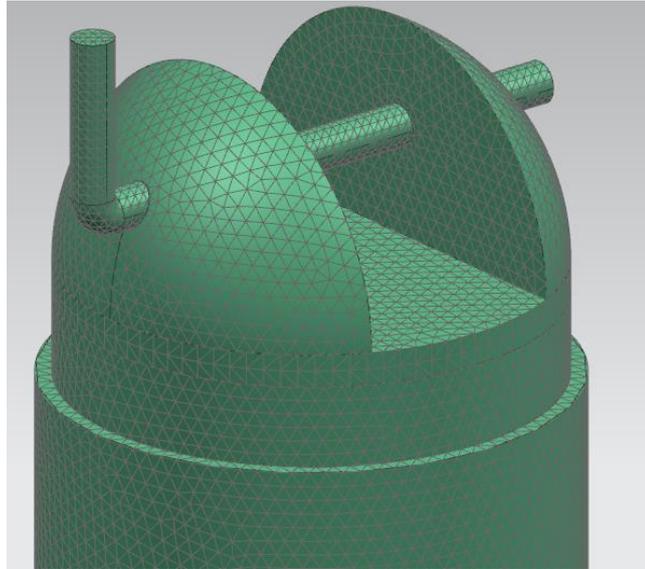


Figura 4-2 Detalle mallado superior.

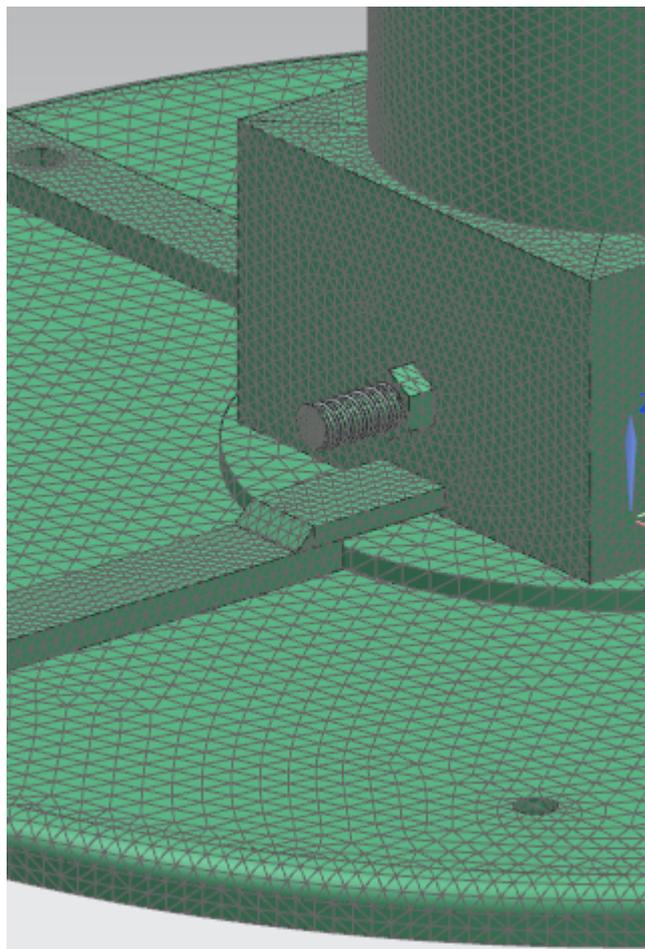


Figura 4-3 Detalle mallado inferior.

4.1.2 Factores modificativos.

Para la correcta realización de la simulación deben tenerse en cuenta diversos factores como por ejemplo la temperatura o el contacto entre superficies adyacentes. Al realizarse a una temperatura ambiental, esta no debe tenerse en cuenta. Sin embargo el contacto entre superficies debe tenerse en cuenta para la correcta transmisión de esfuerzos, quedando los resultados expuestos en la Figura 4-4. Dicho contacto se establece por pares de cuerpos separados una distancia de 0.2mm generando un total de 64 uniones.

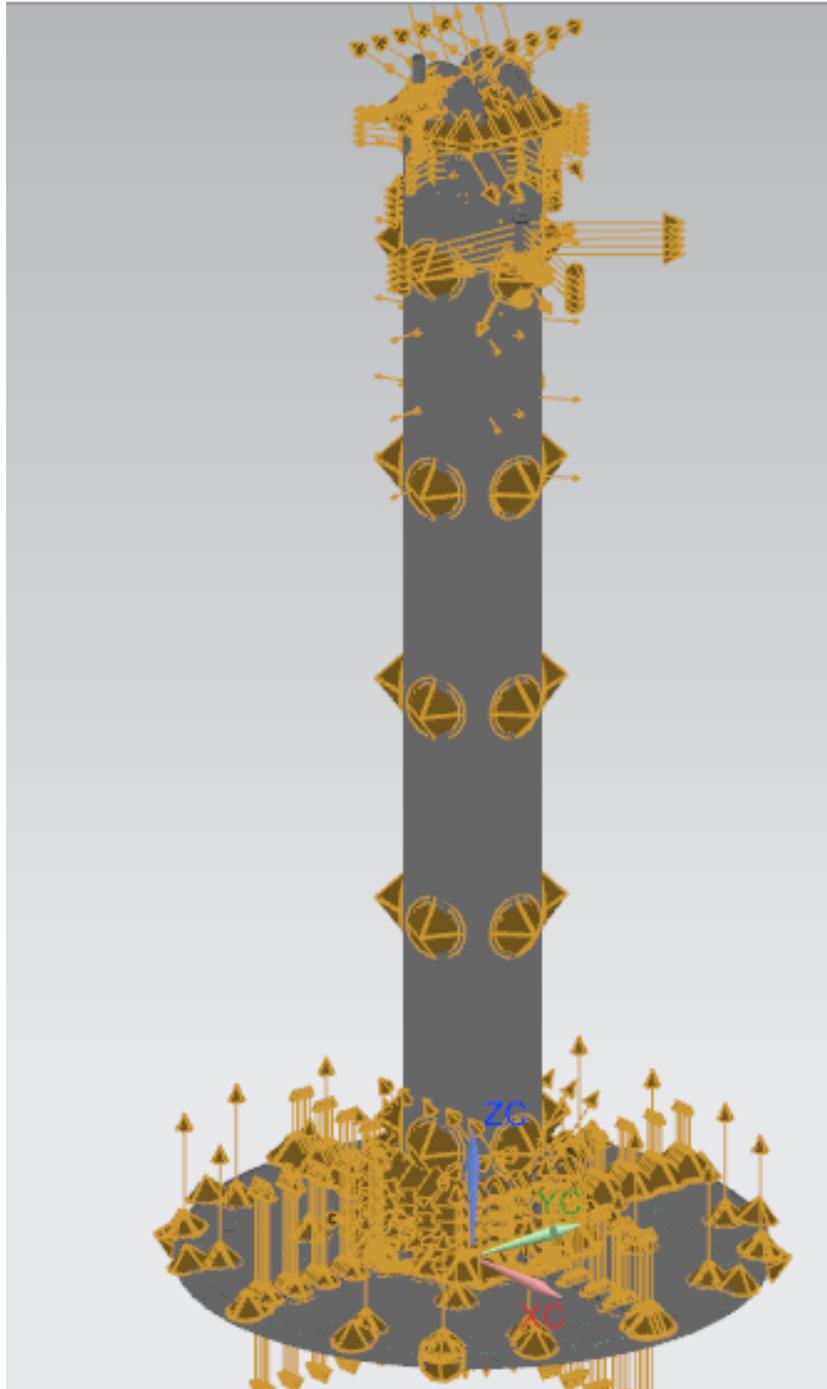


Figura 4-4 Contactos entre superficies.

4.2 Simulaciones.

Inicialmente la intención consistía en realizar la simulación de los diferentes elementos trasladando los resultados de las iniciales a las finales, pero por ciertos motivos se ha optado por una simulación en conjunto. Que, a pesar de que resulte una simulación de mayor entidad y más compleja, se ha considerado más representativa. Aun así, posterior a la simulación principal se realizó la simulación por elementos para la ver si se obtenían unos resultados similares a los obtenidos con el conjunto.

Se ha de resaltar también el hecho de que las simulaciones se efectuarán con los criterios de material expuestos en el Punto 3.5. Es decir, las tuercas junto con los pernos y tornillos y elementos de fijación, la base de las patas y las patas de soporte serán simuladas como acero. Ambos tubos telescópicos y el cabezal de rotación será simulado como aluminio.

Ha de destacarse también que en la librería de Siemens NX 11 no se dispone de las características del acero 316. Sin embargo, existe la posibilidad de añadir materiales a dicha librería. Obteniendo las propiedades de interés se decide introducirlo en la librería y de esa manera realizar las simulaciones con acero 316 y aluminio 5086 como queda expuesto en la Figura 4-5.

Materiales							
Nombre	Usado	Categoría	Tipo	Etiqueta	Ubicación	Biblioteca	
ACERO316			Isótropo	1	PERNO_TUBOS_2.5MM		
ACERO316			Isótropo	2	PATA_42_2.5MM		
Aluminum_5086		METAL	Isótropo	3	CARDAN_5MM	physicalmateriallibrary.xml	
ACERO316			Isótropo	4	PATA_82_2.5MM		
ACERO316			Isótropo	5	BASE_PATAS_5MM		
ACERO316			Isótropo	6	PERNO_CARDAN_2.5MM		
Aluminum_5086		METAL	Isótropo	7	TUBO_EXTERIOR_5MM	physicalmateriallibrary.xml	
ACERO316			Isótropo	8	PLACA_BASE_10MM		
Aluminum_5086		METAL	Isótropo	9	TUBO_INTERIOR_5MM	physicalmateriallibrary.xml	

Figura 4-5 Materiales asociados.

Siendo conscientes además de la variedad de municiones, y por tanto, simulaciones a realizar, visible en la Figura 4-6, expuestas de izquierda a derecha el cartucho 7,62x51mm OTAN Ordinario, 5,56x45mm OTAN Ordinario, bala 7,62x51mm OTAN Trazadora, 7,62x51mm OTAN Ordinario, 5,56x45mm OTAN Trazadora y 5,56x45mm OTAN Ordinario. Se consideran las más idóneas, es decir, para cada uno de los calibres aquella que mayor fuerza ejerce debido a lo expuesto en el Punto 4.1. Por ello se hará la simulación de un disparo de calibre 5,56x45mm OTAN Trazadora y un disparo de calibre 7,62x51mm OTAN Ordinario.



Figura 4-6 Diferentes balas y cartuchos.

4.2.1 Disparo de calibre 5,56x45mm OTAN Trazadora.

Para esta simulación se deben tener en cuenta inicialmente dos fuerzas: el peso del arma, expuestas en la Figura 4-8 y vistas desde la parte superior en la Figura 4-9. También deben tenerse en cuenta las restricciones establecidas, expuestas en la Figura 4-7 La cual será considerada como aquella con el arma cargada con una cartuchera de 200 cartuchos, lo que de la un peso de 10.4kg y una fuerza aproximada de 104N. Y la fuerza ejercida por el retroceso, calculada como 5000N. La restricción establecida está localizada en la base de la estructura, el único elemento que se conoce certeramente que no se verá desplazado.

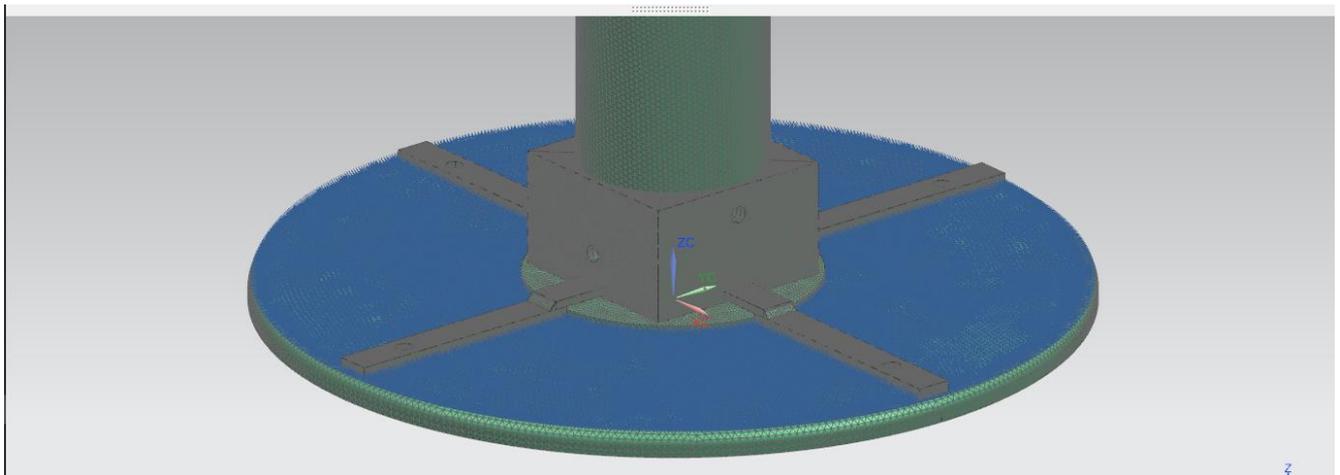


Figura 4-7 Restricciones.

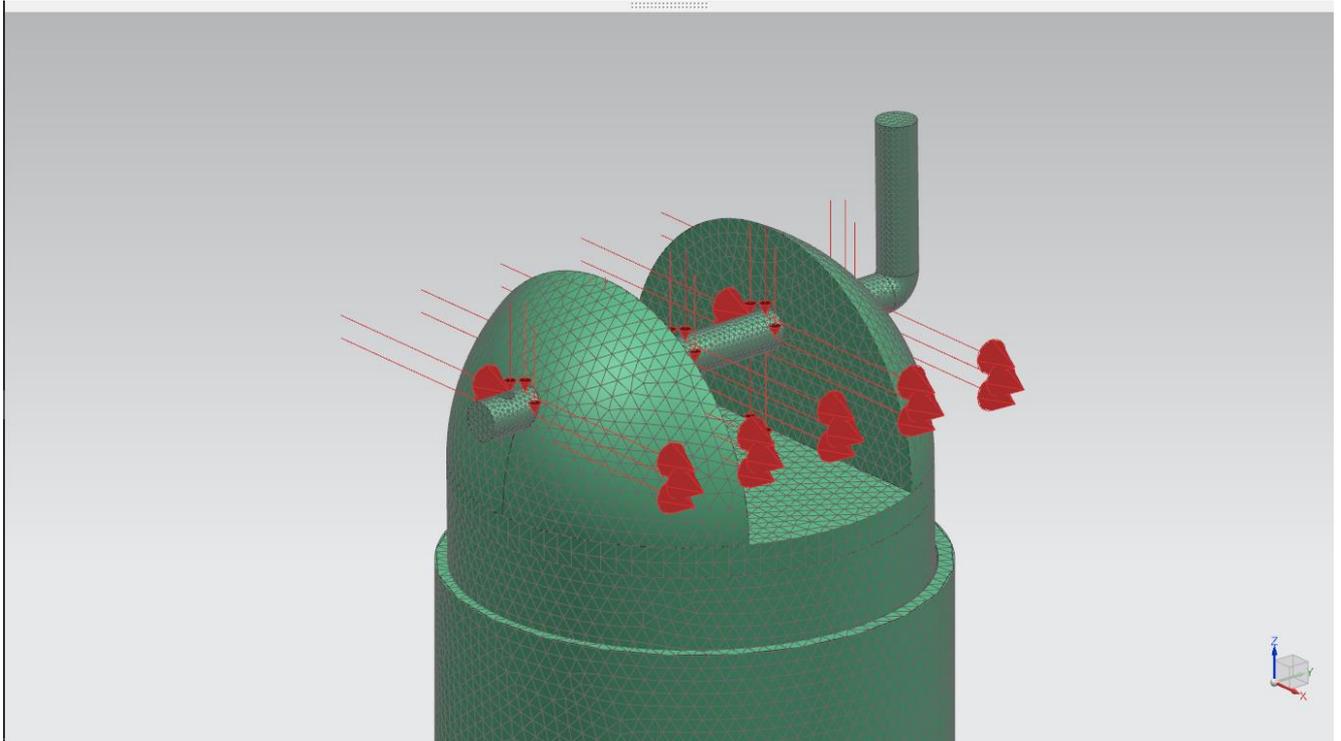


Figura 4-8 Fuerzas.

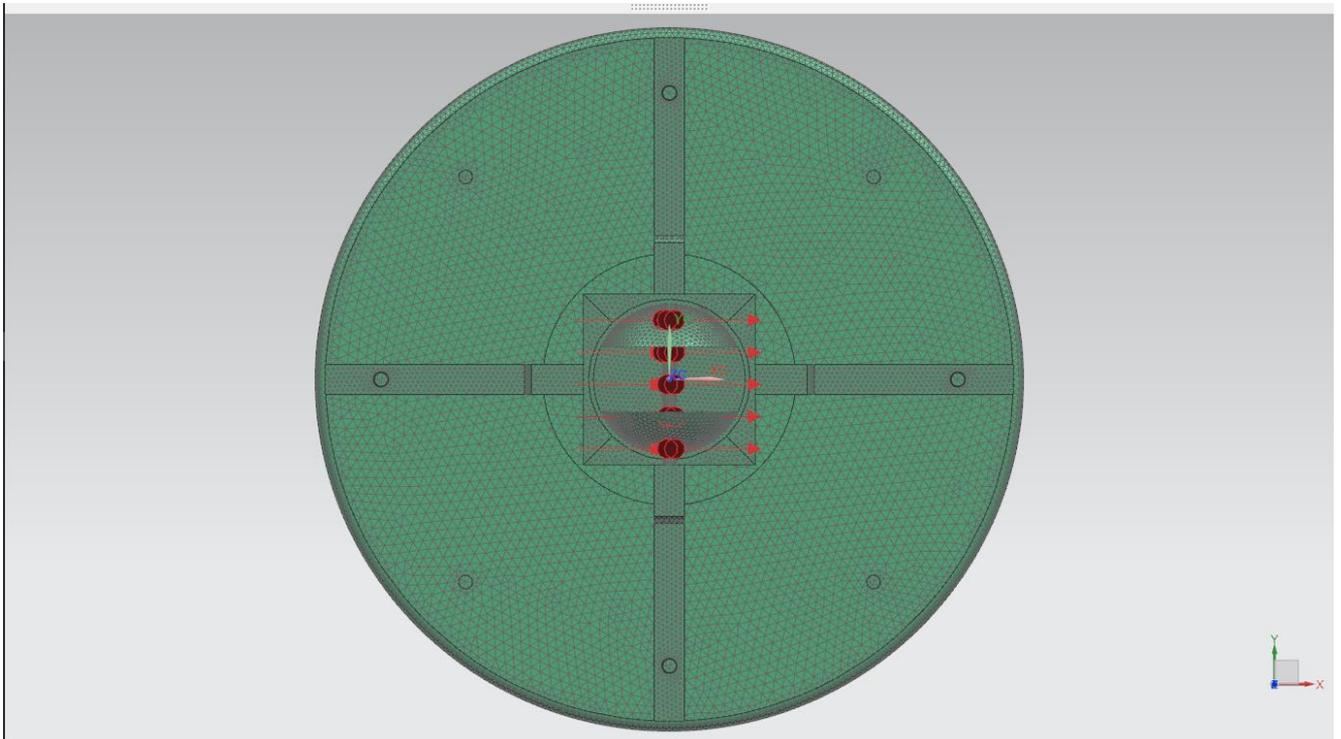


Figura 4-9 Detalle fuerzas vista superior.

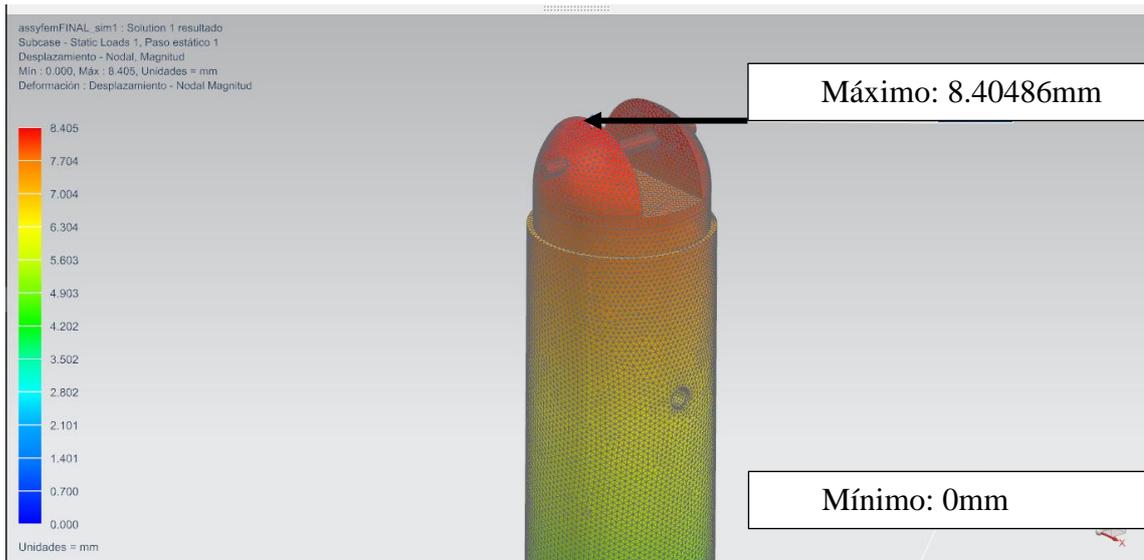


Figura 4-10 Resultados Desplazamientos 5,56x45mm OTAN.

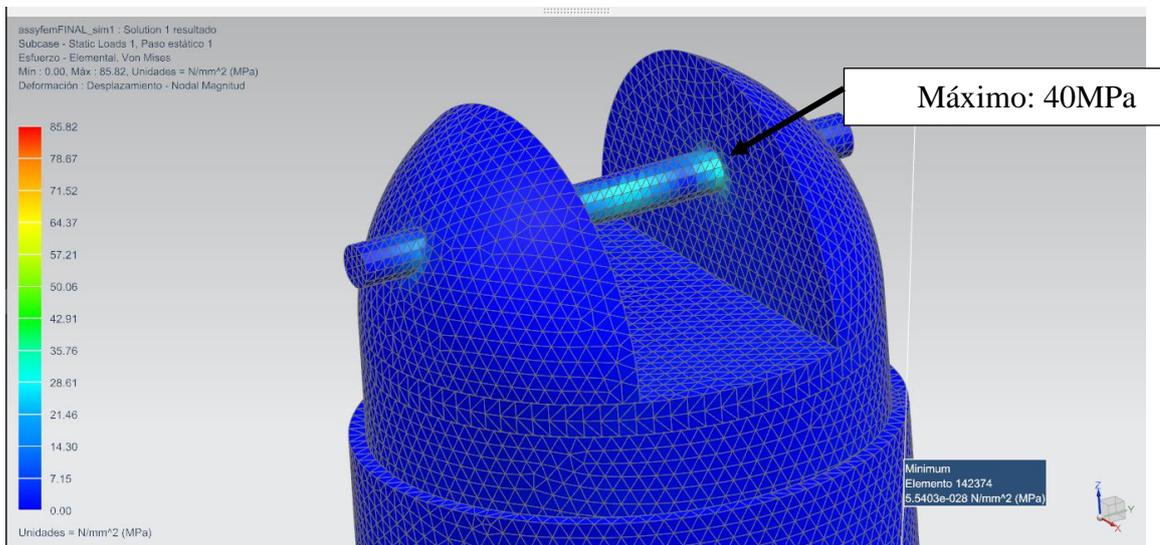


Figura 4-11 Resultados Tensiones Superiores 5,56x45mm OTAN.

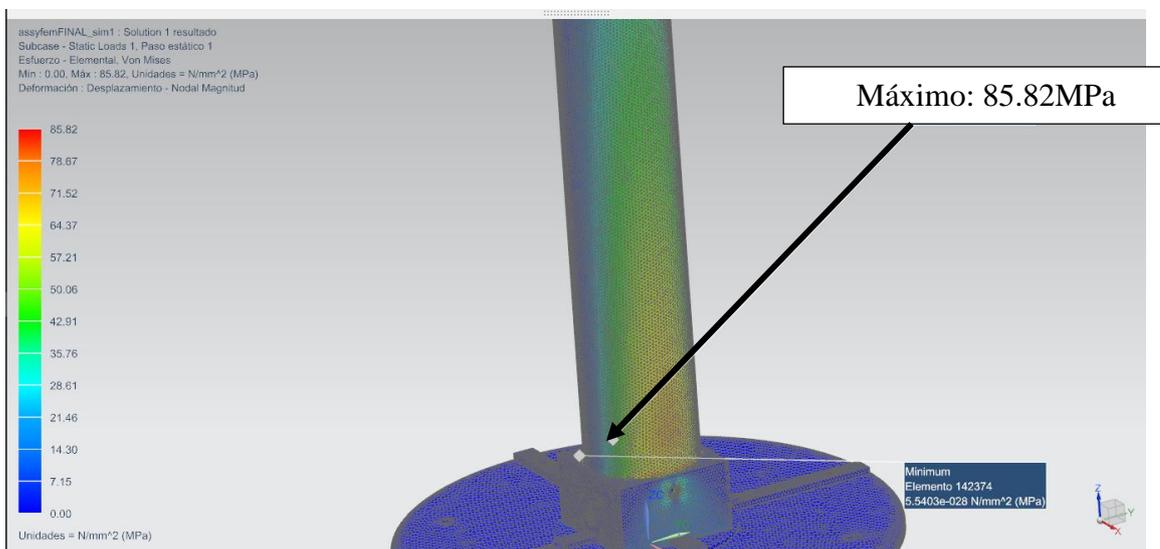


Figura 4-12 Resultados Tensiones Inferiores 5,56x45mm OTAN.

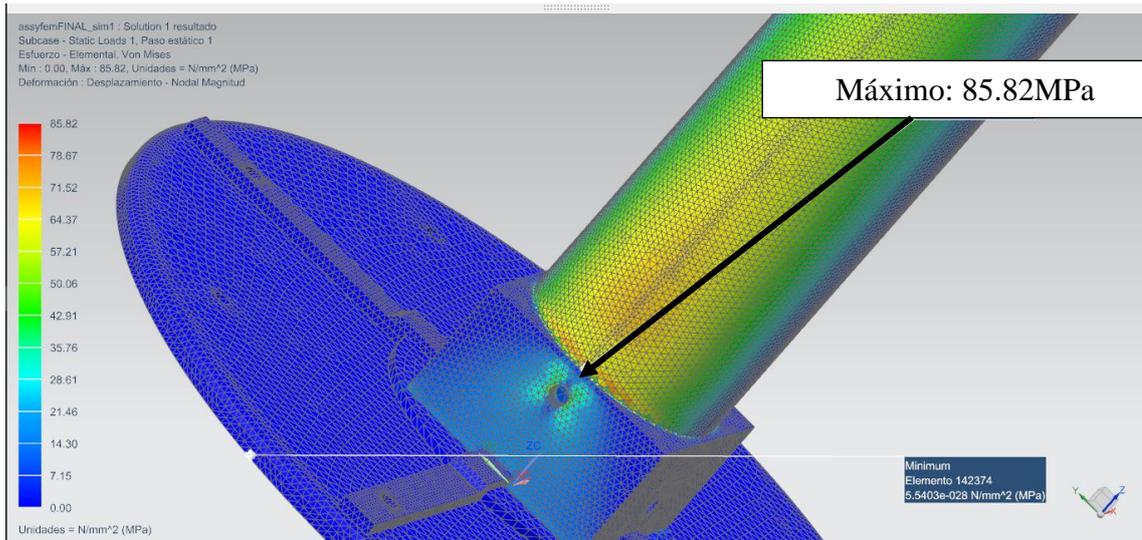


Figura 4-13 Detalle Tensiones Inferiores 5,56x45mm OTAN.

Tras las simulaciones se pueden apreciar los resultados en las zonas pertinentes. Un desplazamiento máximo como puede verse en la Figura 4-10 de 8,5mm en la parte superior, como es asumible que ocurriría y en ella también una tensión de aproximadamente 40MPa como puede apreciarse en la Figura 4-11 y finalmente, la mayor tensión, como también era de esperar en la parte inferior de aproximadamente 90MPa como puede apreciarse en la Figura 4-12 y Figura 4-13.

Como puede verse en los extractos los resultados son más que admisibles considerando que los límites del material se encuentran considerablemente alejados en magnitud de los resultados obtenidos, además de considerar lo propuesto inicialmente de que las fuerzas empleadas para la simulación están introducidas en exceso, considerando el peor caso al cual se puede enfrentar la estructura.

Por los presentes motivos se considera que la estructura es válida para su empleo con la Minimi PARA-H con el calibre 5,56x45mm OTAN.

Tras la realización de la simulación de todo el conjunto, se realizó otra simulación con los elementos de manera separada para realizar una comprobación de la exactitud de los resultados obteniendo estos de manera muy aproximada a los obtenidos con la simulación de todo el conjunto como se expone en Figura 4-14 con una tensión máxima de 38MPa.

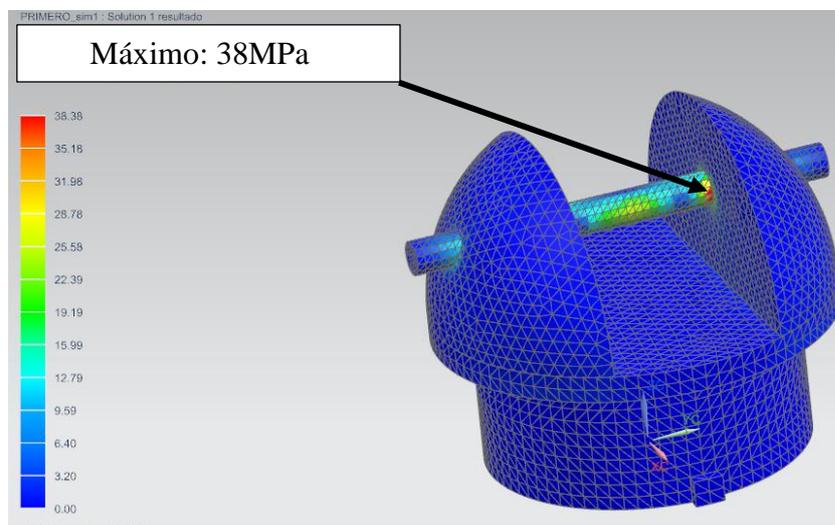


Figura 4-14 Tensiones Superiores 5,56x45mm OTAN.

Finalmente, también se calculan las fuerzas de reacción pertinentes para poder continuar con la simulación al resto de elementos del ensamble.

Proseguimos con la siguiente simulación transmitiendo esas reacciones a las piezas adyacentes y así sucesivamente hasta la base. Haciendo ambos tipos de simulaciones, componente a componente y el ensamble completo se observa que los resultados son muy similares, quedando el desplazamiento máximo, la tensión de Von Mises y las fuerzas resultantes de la siguiente manera: un desplazamiento máximo de ahora como fuerzas a la siguiente pieza obteniendo los resultados visibles en la Figura 4-15 de 33MPa.

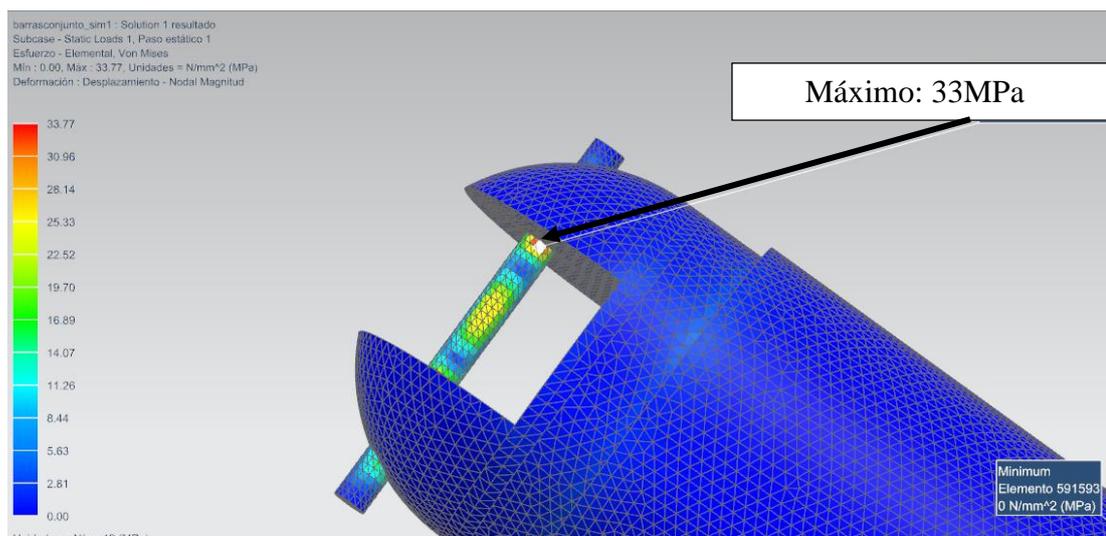


Figura 4-15 Máxima tensión de Von Mises Superior.

Como puede observarse en las figuras pertinentes los resultados varían pero de manera mínima permaneciendo en concordancia con los resultados obtenidos inicialmente al realizar la simulación con el conjunto en plenitud.

También se consideró la posibilidad de tener esfuerzos de distinta índole realizando el tiro con unas condiciones diferentes a las iniciales, es decir, en lugar de realizar el tiro con las patas dispuestas de manera perpendicular, realizarlo con las patas dispuestas en ángulo de 45° como puede verse en la Figura 4-16 y Figura. Por ese motivo se realizaron también las simulaciones de esa manera, efectuando el único cambio en la estructura de rotar 45° tanto el cabezal de rotación como el elemento de sujeción y aplicar las fuerzas y restricciones de manera correspondiente.

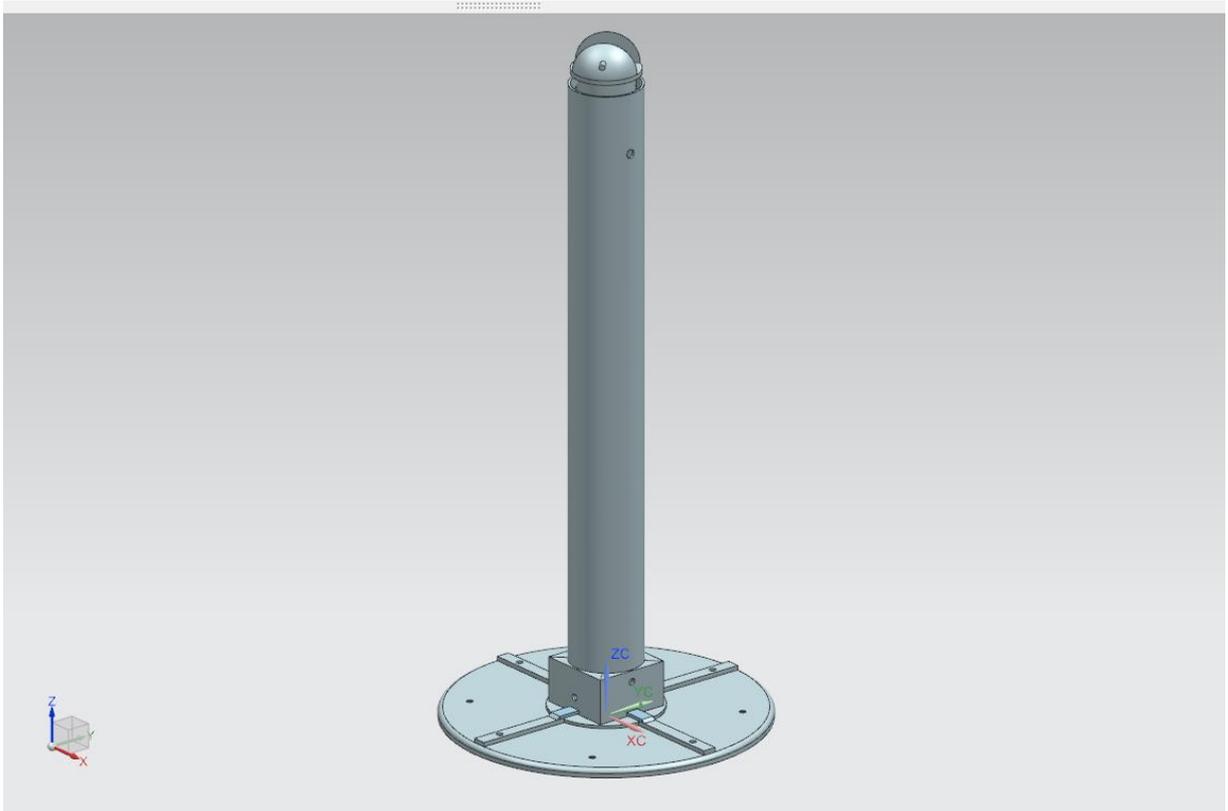


Figura 4-16 Estructura rotada.

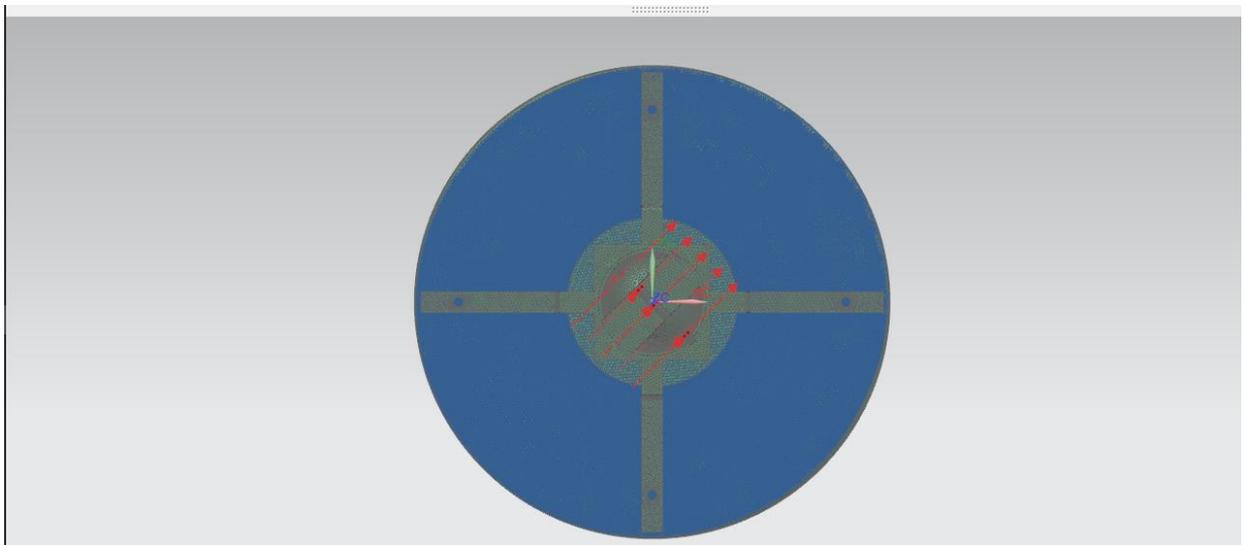


Figura 4-17 Fuerzas y restricciones vista superior.

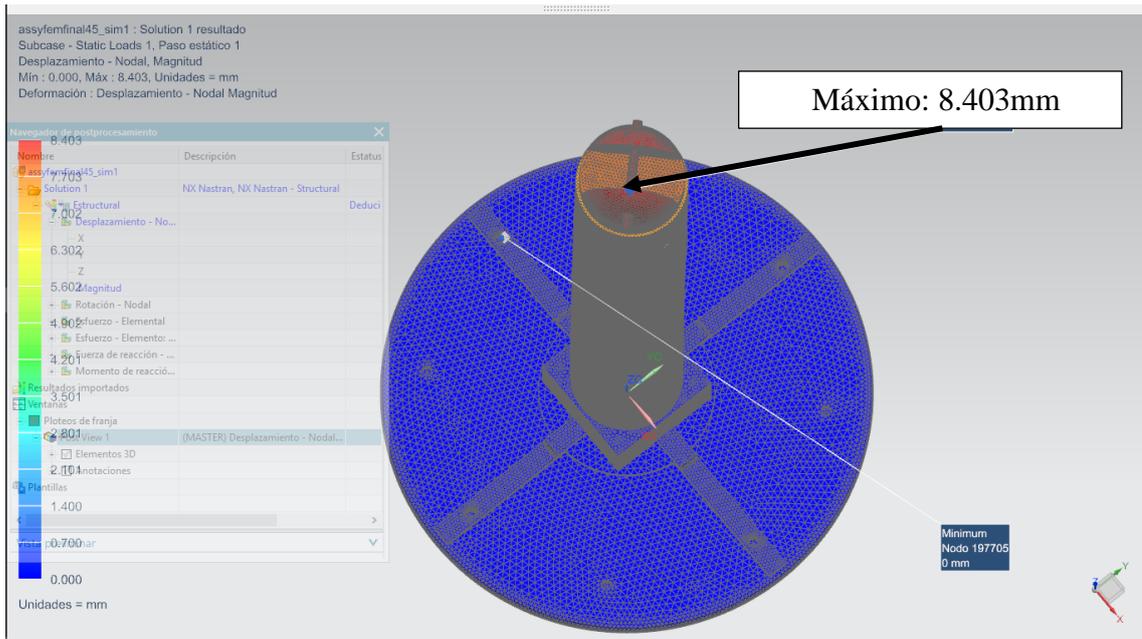


Figura 4-18 Resultados estructura rotada.

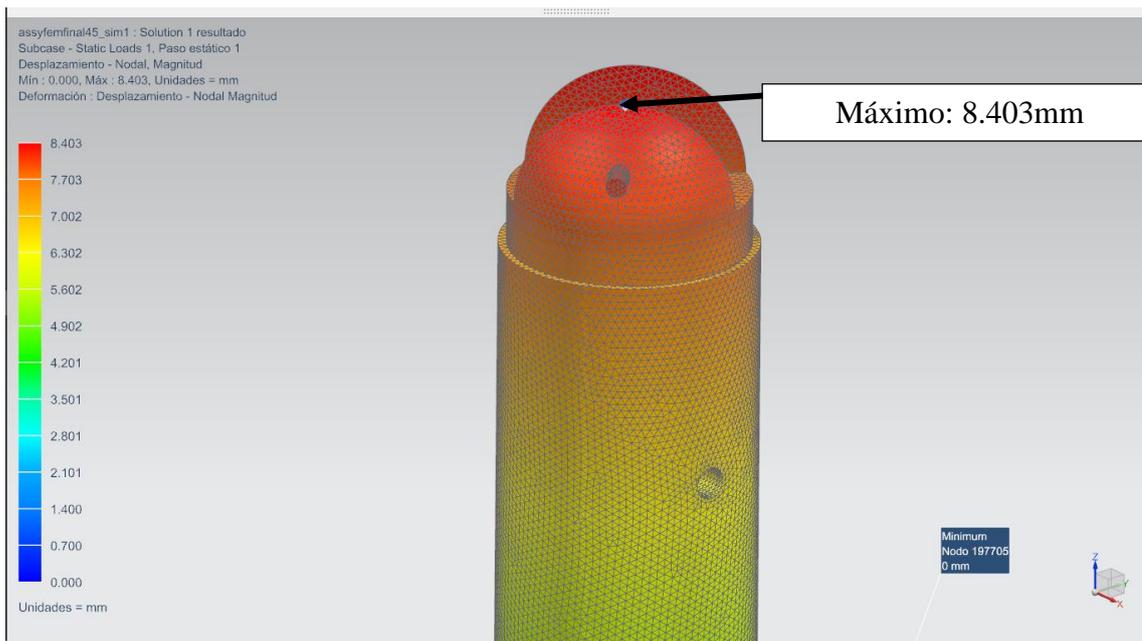


Figura 4-19 Máximo desplazamiento 5,56x45mm OTAN.

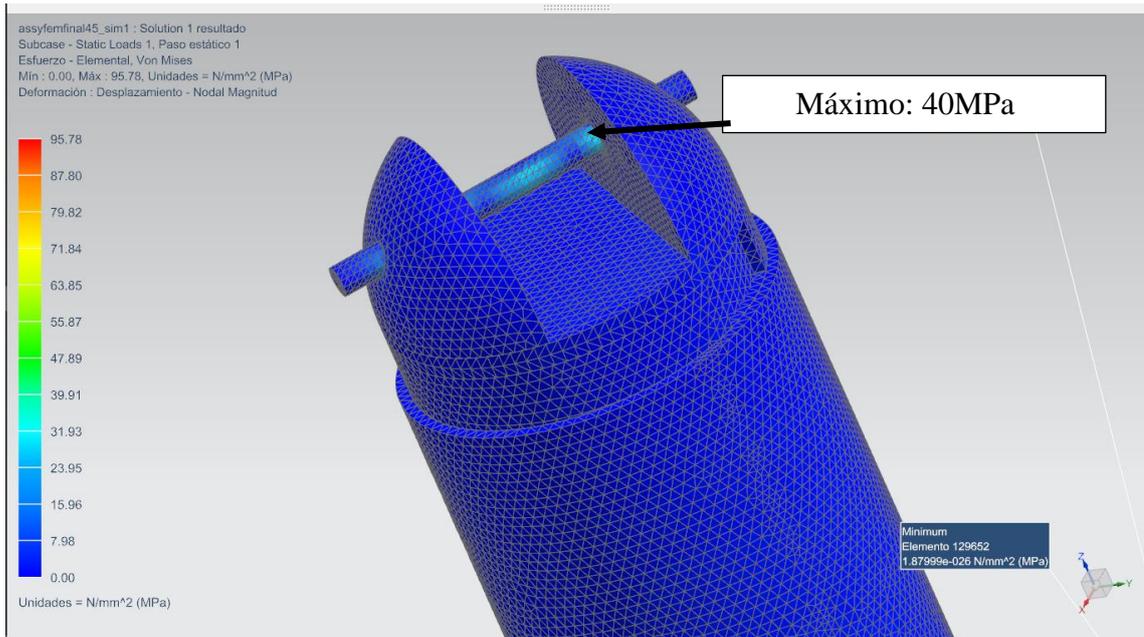


Figura 4-20 Tensiones superiores 5,56x45mm OTAN.

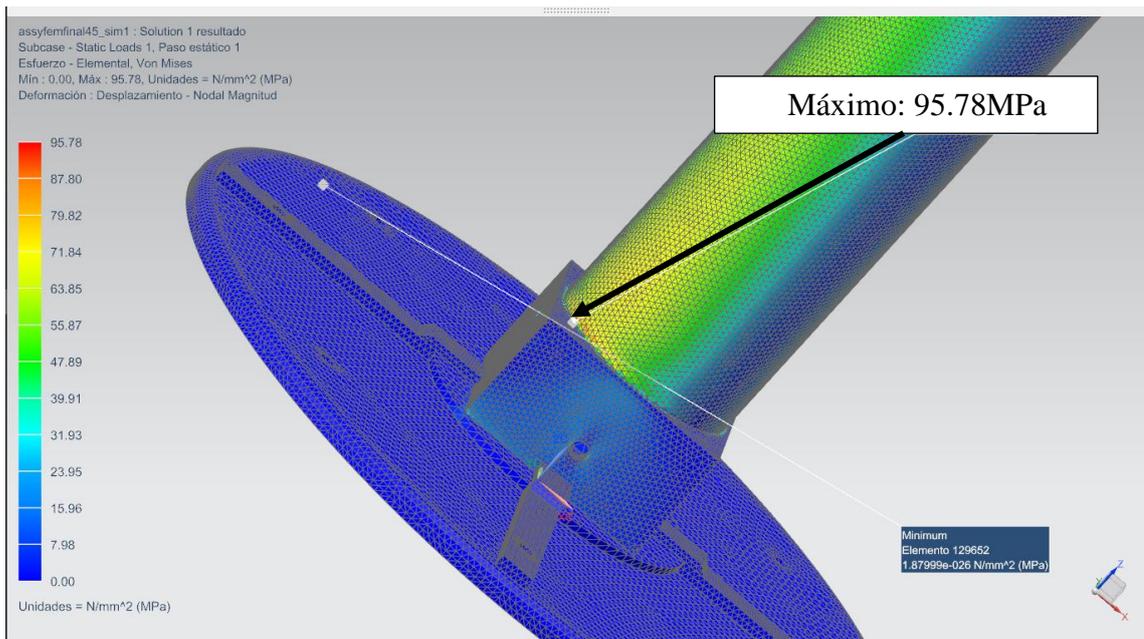


Figura 4-21 Tensiones inferiores 5.56x45mm OTAN.

Como puede verse en la Figura 4-19, Figura 4-20 y Figura 4-21, los resultados no difieren mucho de los obtenidos en la situación anterior teniendo un desplazamiento máximo en la parte superior, como es comprensible, de 8.5mm y tensión en el elemento de sujeción de aproximadamente 40MPa y en la base de 95MPa. Estos resultados son más que admisibles para las características del material y por ello se considera que tanto el material como la disposición de este son apto para dicha situación.

4.2.2 Disparo de calibre 7,62x51mm OTAN Ordinario.

Para esta simulación, el procedimiento es el mismo empleando distintas fuerzas. Una de las fuerzas será el retroceso ejercido, 7355N y la otra fuerza será el peso del arma cargada con un cargador de 100 cartuchos, ejerciendo una fuerza de 120N. Las restricciones son las mismas que aquellas descritas en el apartado anterior.

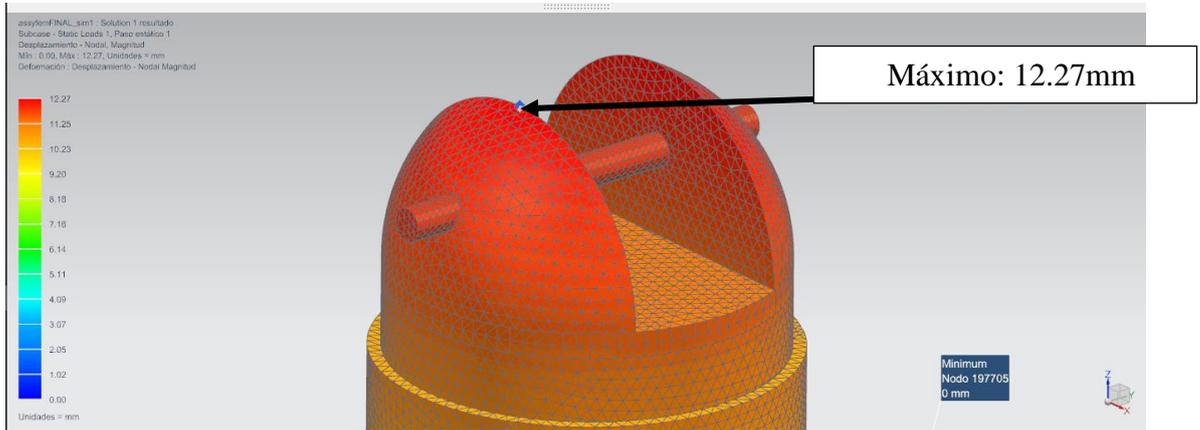


Figura 4-22 Resultados Desplazamientos 7,62x51mm OTAN.

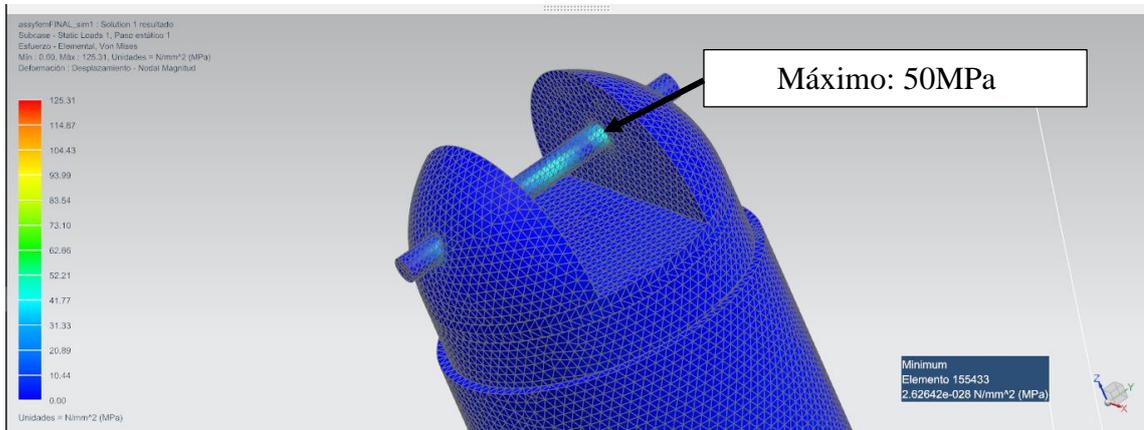


Figura 4-23 Resultados Tensiones Superiores 7,62x51mm OTAN.

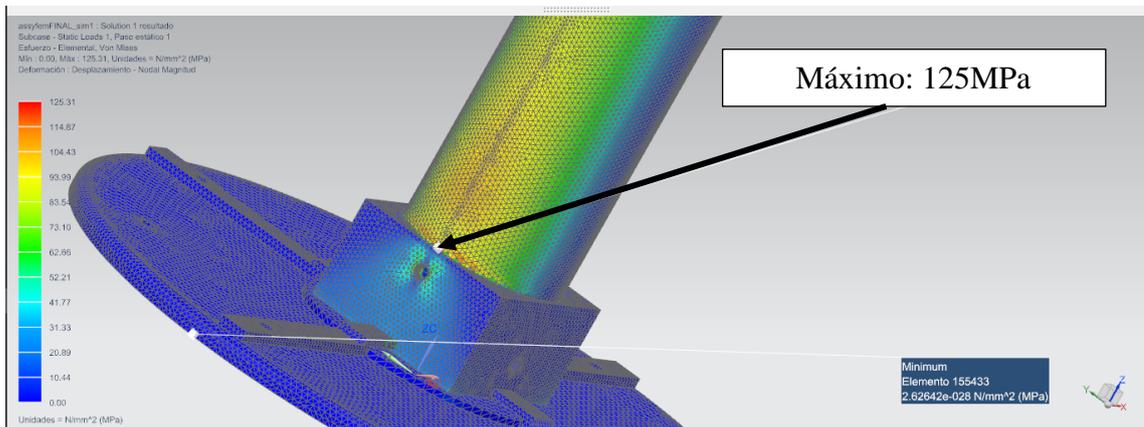


Figura 4-24 Resultados Tensiones Inferiores 7,62x51mm OTAN.

Tras las simulaciones se pueden apreciar los resultados en las zonas pertinentes. Un desplazamiento máximo como puede verse en la Figura 4-22 de 12mm en la parte superior, como es asumible que ocurriría y en ella también una tensión de aproximadamente 50MPa como puede apreciarse en la Figura 4-23Figura 4-11 y finalmente, la mayor tensión, como también era de esperar en la parte inferior de aproximadamente 125MPa como puede apreciarse en la Figura 4-24

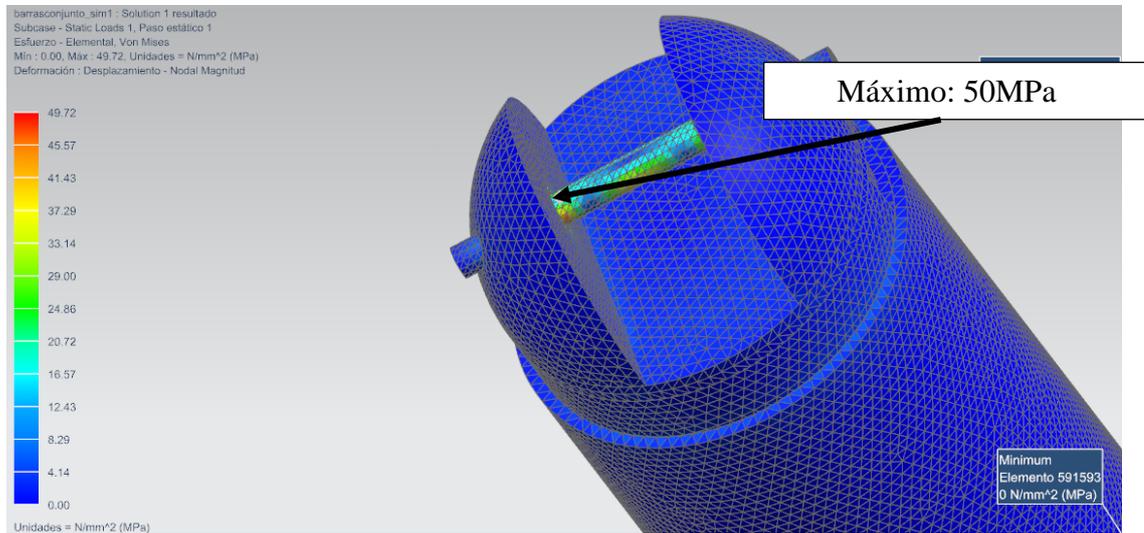


Figura 4-25 Máxima Tensión de Von Mises.

Como se puede observar en los extractos empleados (Figura 4-25), las tensiones obtenidas son muy similares a las obtenidas con la simulación realizada a todo el conjunto (50MPa).

De manera similar a la efectuada con el cartucho de 5,56x45mm OTAN se realiza una simulación con la estructura rotada 45° para determinar otra índole de tensiones y desplazamientos. De manera comprensible tendrá unos resultados similares a los expuestos con el cartucho 5,56x45mm OTAN pero trasladados al 7,62x51mm OTAN. Como puede en la Figura 4-26, Figura 4-27 y Figura 4-28 los resultados efectivamente son similares teniendo desplazamientos máximos de 12,3mm y tensiones máximas de 140MPa, magnitudes más que aceptables para el conjunto.

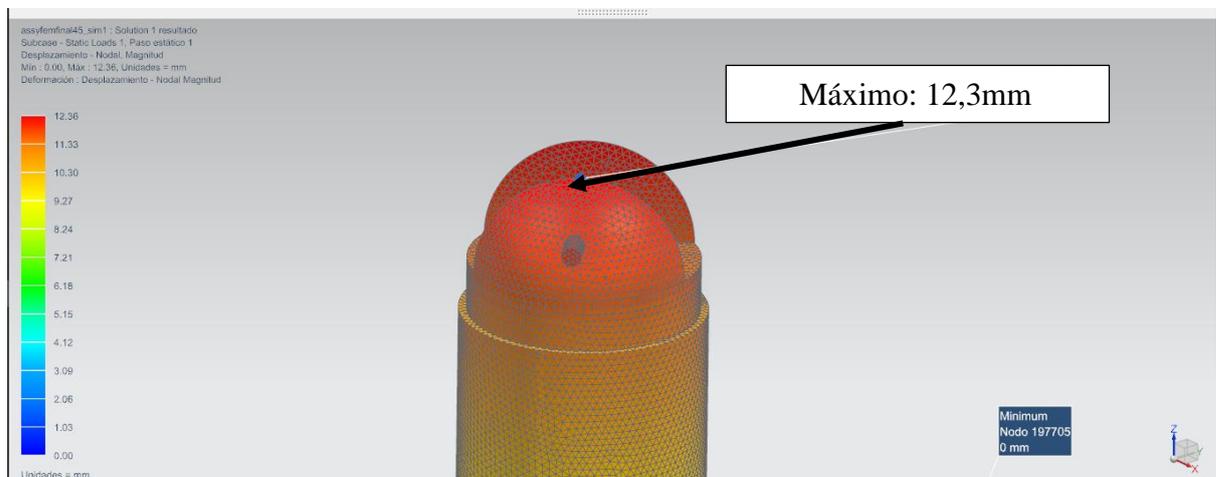


Figura 4-26 Resultados desplazamientos 7,62x51mm OTAN.

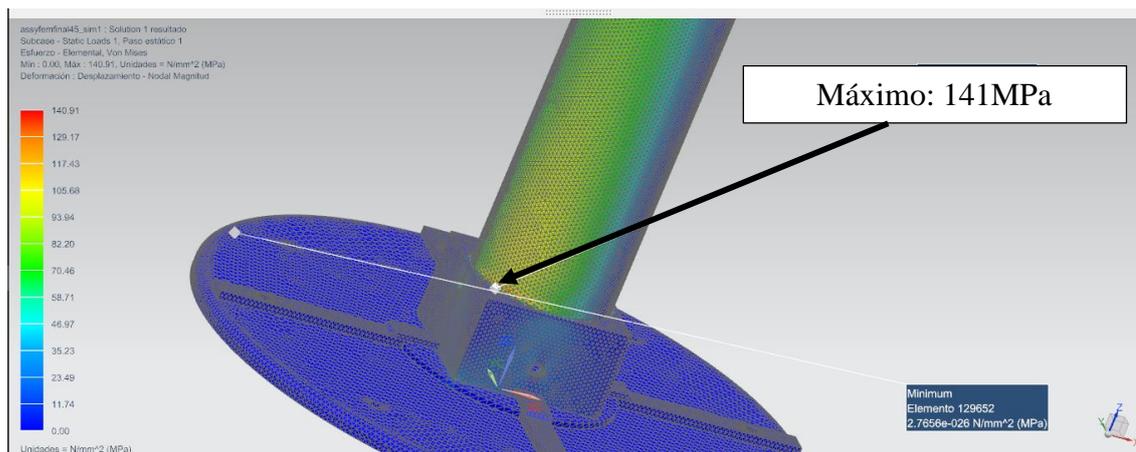


Figura 4-27 Resultados tensiones 7,62x51mm OTAN.

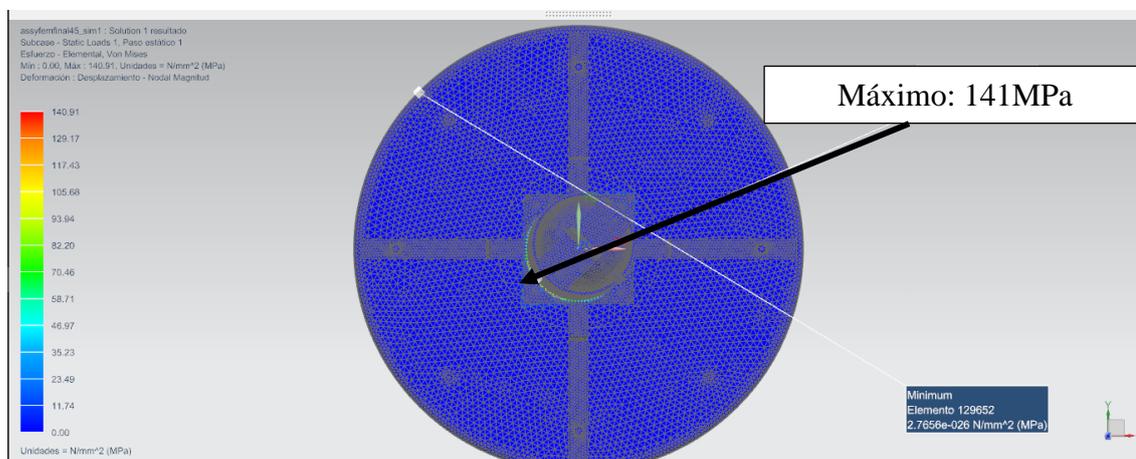


Figura 4-28 Vista Superior localización tensiones 7,62x51mm OTAN.

Como puede verse en los extractos los resultados son más que admisibles considerando que los límites del material se encuentran considerablemente alejados en magnitud de los resultados obtenidos, además de considerar lo propuesto inicialmente de que las fuerzas empleadas para la simulación están introducidas en exceso, considerando el peor caso al cual se puede enfrentar la estructura.

Por los presentes motivos se considera que la estructura es válida para su empleo con la Minimi TR con Culata Telescópica con el calibre 7,62x55mm OTAN.

4.3 Presupuesto.

Tras la realización de todas las simulaciones se contactó con una empresa para la realización de un presupuesto. La empresa consultada solo ha facilitado el precio del soporte con todas las piezas de acero. Por lo que, se le volvió a solicitar un segundo presupuesto considerando la opción de uso tanto de aluminio como acero, sin embargo no se recibió respuesta.



Tel. 986 89 01 56 - Fax 986 89 19 57
metaca@talleresmetaca.com
www.talleresmetaca.com
Carracelas, s/n - San Xulián
36915 MARÍN (Pontevedra)

CALDERERIA • TUBERIA • ACERO INOXIDABLE

PRESUPUESTO

Presupuesto: 170183
S/Ref.:
Fecha: 07/03/2017

ESCUELA NAVAL MILITAR
Plaza de España, S/N
36900 Marín (Pontevedra)
986 804 857

Asunto: SOPORTE GIRATORIO METRALLETA

Estimados Sres.:

De acuerdo con su petición tenemos el agrado de ofrecerles nuestras mejores condiciones de precio y plazo de entrega, por los trabajos ó materiales que se detallan a continuación:

Código	Cantidad	Concepto
C01		SOPORTE GIRATORIO METRALLETA
		Fabricacion y suministro de soporte giratorio para metralleta formado en acero al carbono, con piezas mecanizadas según plano que nos adjuntan. Totalmente rematado.
		IMPORTE.....1250 €
		IVA NO INCLUIDO

Plazo de validez : 30 Días
Plazo de entrega : Días
Forma de entrega :

Forma de pago : TRANSFERENCIA
Impuestos : Normal

En el supuesto de aceptar esta oferta, les agradecemos nos remitan la presente firmada y sellada.

TALLERES METACA S.L.
Fdo.: JOSE MANUEL PASTORIZA SANTIAGO
Envío por: Fax E-mail Teléfono Correo Personal.

Aceptado por
ESCUELA NAVAL MILITAR
Fecha: ___/___/___ Pedido nº _____

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones obtenidas.

El objetivo inicial de este trabajo consistía en el diseño de un soporte para la ametralladora, con el fin de instalarlo en el castillo de las lanchas de instrucción. Este innovador diseño ha sido realizado en base a la información suministrada por diferentes fuentes, obteniendo un diseño robusto, sencillo y fiable a la par que desmontable y transportable.

A partir de las simulaciones realizadas, se obtiene la conclusión que la estructura diseñada, el afuste, soporta tanto los desplazamientos máximos, tensión y reacciones generadas por su empleo, tanto para el calibre 5,56x45mm OTAN como para el calibre 7,62x51mm OTAN. Por ello se considera que el diseño es satisfactorio, incluyendo tanto las dimensiones empleadas como los materiales.

Se ha realizado un análisis del arma y de los distintos afustes disponibles en el mercado. Sin embargo se ha visto que las soluciones que ya existen eran incompatibles con los requerimientos propios, aunque fueron útiles para el diseño del presente afuste.

5.2 Líneas futuras de actuación.

Una vez desarrollado el diseño conceptual del afuste pertinente en un futuro sería deseable el poder fabricar inicialmente un prototipo con el diseño especificado con un presupuesto solicitado y no recibido a base de aluminio y acero. Incluso hacerlo de fabricación propia en el Barrio Industrial de la Escuela Naval Militar. A partir de la primera prueba de este prototipo, si fuese favorable, sería deseable su implementación de modo completo en las plataformas establecidas para su uso.

En un futuro se podría realizar el estudio de otros materiales y/o diferentes disposiciones del mismo. Por ejemplo, realizando todo el afuste con aluminio, y comprobar su resistencia y juzgar si la diferencia de costes sería asumible y deseable para reducir el peso de la estructura de los actuales 33kg a 24kg.

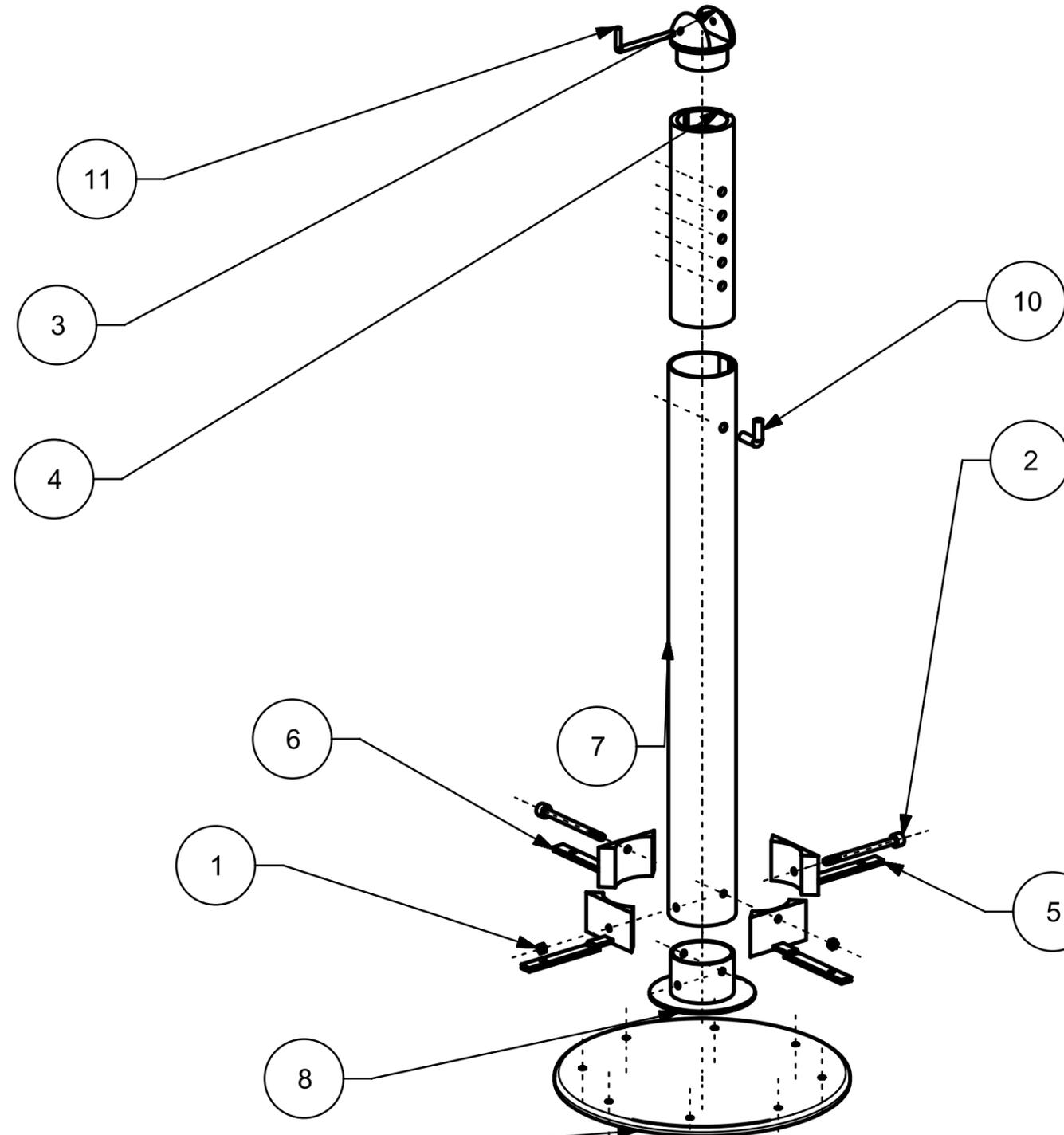
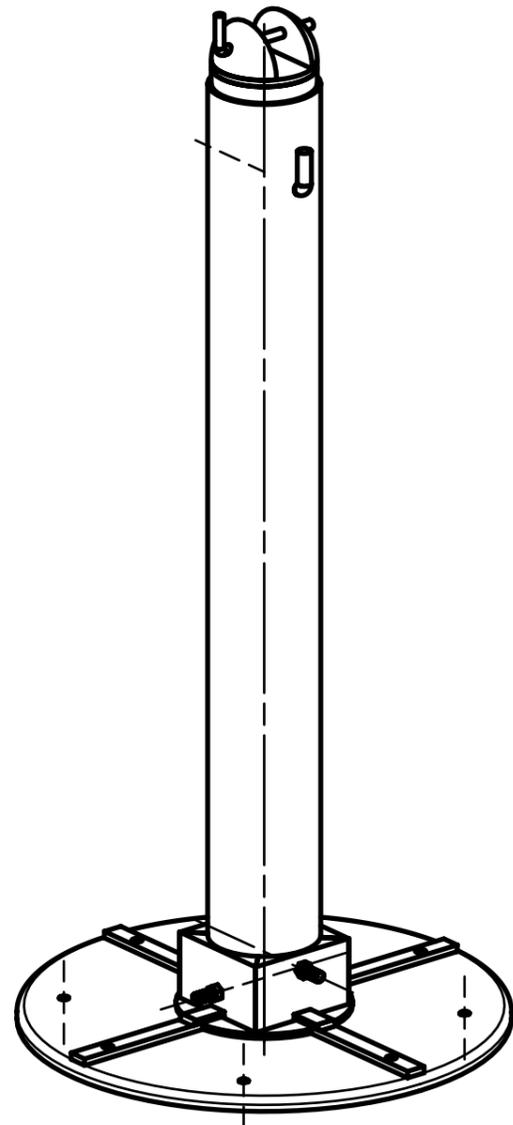
También podría realizarse una modificación del diseño, centrándose sobre todo en la parte baja de la estructura eliminando las patas y sus elementos asociados y reduciendo la longitud del tubo telescópico exterior dotándolo de tres patas que se atornillarían para realizar un trípode y de esa manera reducir las tensiones presentes.

Sería deseable el diseño de unos tapones de plástico para introducir en los agujeros de la placa cilíndrica situada en el castillo cuando el afuste no se encuentre en uso. De esta manera se evita que la suciedad o el agua penetren en las roscas y poder emplear el afuste de manera óptima.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] EL CONFIDENCIAL DIGITAL, «EL CONFIDENCIAL DIGITAL,» [En línea]. Available: http://www.elconfidencialdigital.com/defensa/Debate-Armada-instruccion-futuros-oficiales_0_2826317347.html. [Último acceso: 18 Enero 2017].
- [2] «MODERN FIREARMS,» [En línea]. Available: <http://modernfirearms.net/machine/de/mg-42-and-mg-3-e.html>. [Último acceso: 18 Enero 2017].
- [3] FN HERSTAL, Manual de mantenimiento Ametralladora Minimi, 2007.
- [4] FN HERSTAL, Manual de mantenimiento Ametralladora Minimi 7,62, 2009.
- [5] CRSYSTEMS.INC, «CRSYSTEMS,» [En línea]. Available: <http://crsystemsinc.net/products/>. [Último acceso: 18 Enero 2017].
- [6] PLATTMOUNTS, Platt Lightweight Rail Mount.
- [7] PLATTMOUNTS, Platt Swing Mount.
- [8] PLATTMOUNTS, Platt Foldaway Weapon Mount.
- [9] RODMAN, «RODMAN,» [En línea]. Available: <http://rodman.es/es/patrulleras/22-patrullera-rodman-38.html>. [Último acceso: 18 Enero 2017].
- [10] RODMAN, «RODMAN,» [En línea]. Available: <http://rodman.es/es/patrulleras/26-patrullera-rodman-66.html>. [Último acceso: 18 Enero 2017].
- [11] A. E. Perales, «Diseño y cálculo FEM de plataforma para tiro sostenido para MINIMI,» 2015.
- [12] WURTH, «WURTH,» [En línea]. Available: <https://eshop.wuerth-industrie.com/es/ES/EUR/>. [Último acceso: 02 Marzo 2017].
- [13] MULTIMET, «MULTIMET,» [En línea]. Available: <http://www.multimet.net/>. [Último acceso: 02 Marzo 2017].
- [14] SABATER FUNDIMOL, «SABATER FUNDIMOL,» [En línea]. Available: <http://www.sabater-fundimol.com/es/>. [Último acceso: 04 Marzo 2017].

ANEXO I: PLANOS



11	PERNO_CARDAN	1
10	PERNO_TUBOS_CURVO	1
9	PLACA_BASE	1
8	BASE_PATAS	1
7	TUBO_EXTERIOR75	1
6	PATA_MODELO4_82	2
5	PATA_MODELO4_42	2
4	TUBO_INTERIOR65	1
3	JUNTA_CARDAN	1
2	ESPARRAGOS_BASE	2
1	TUERCA_15	2
PC NO	PART NAME	QTY

		TITULO	
		EXPLOSIÓN	
FECHA	04/03/2017	TAMAÑO	A3
AUTOR	JORGE DE GOROSTIZA	ESCALA	
REVISOR	SR. ÁLVAREZ FEIJOO	HOJA Nº	1 DE 9

1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

C

D

E

F

1

2

3

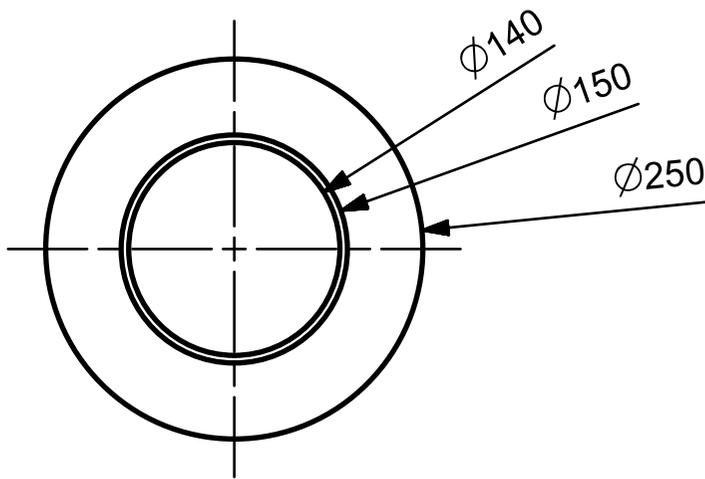
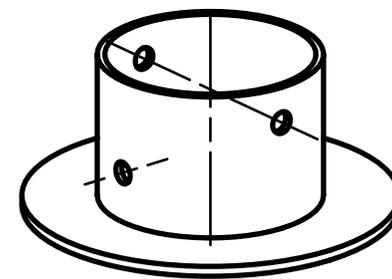
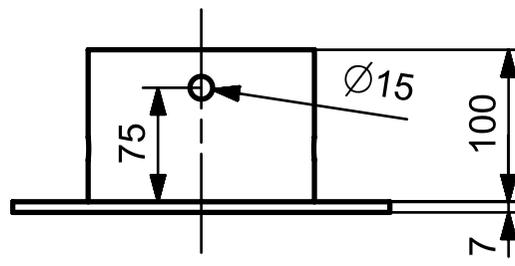
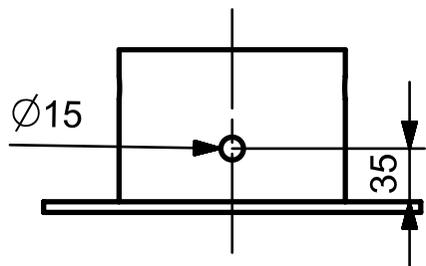
4

5

6

7

A3



		TITULO	
		BASE PATAS	
FECHA	04/03/2017	TAMAÑO	A4
AUTOR	JORGE DE GOROSTIZA	ESCALA	1:5
REVISOR	SR. ÁLVAREZ FEIJOO	HOJA N°	2 DE 9

1 2 3 4 5 6

A

A

B

B

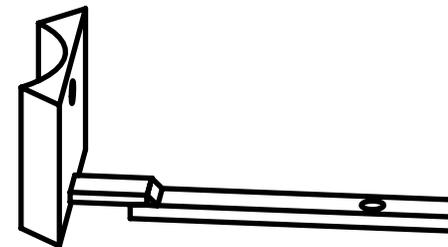
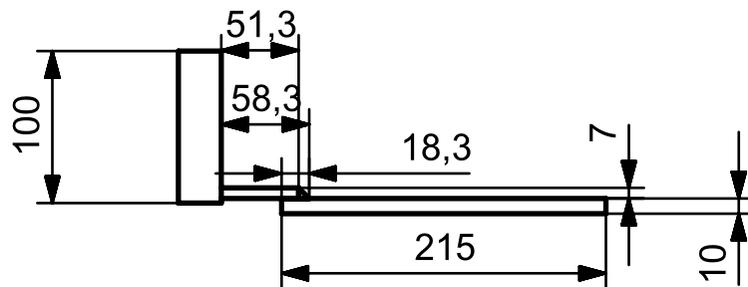
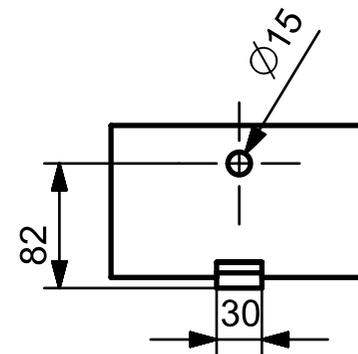
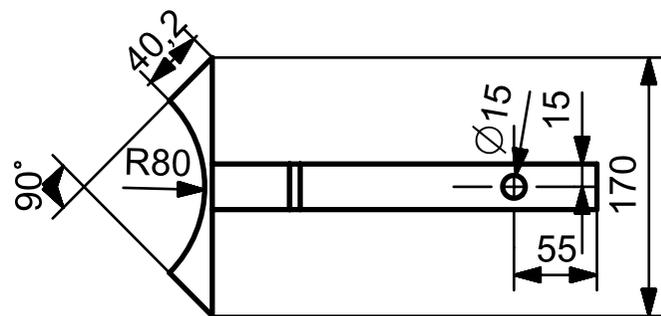
C

C

D

D

1 2 3 4 5 A4



TITULO

PATA 82

FECHA

04/03/2017

TAMAÑO

A4

AUTOR

JORGE DE GOROSTIZA

ESCALA

1:5

REVISOR

SR. ÁLVAREZ FEIJOO

HOJA N°

3 DE 9

1

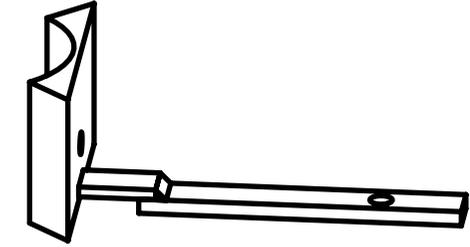
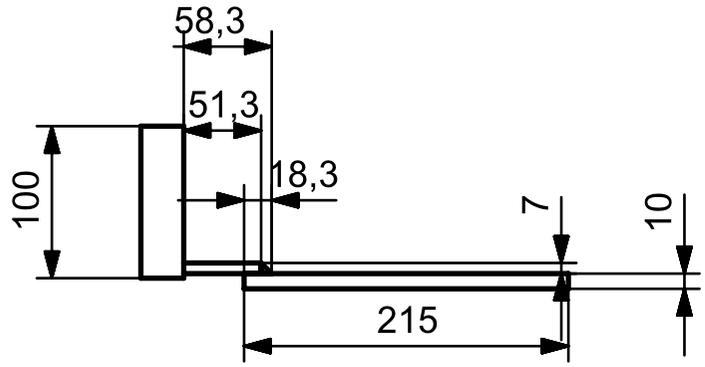
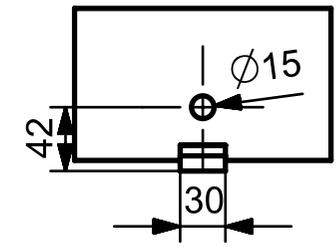
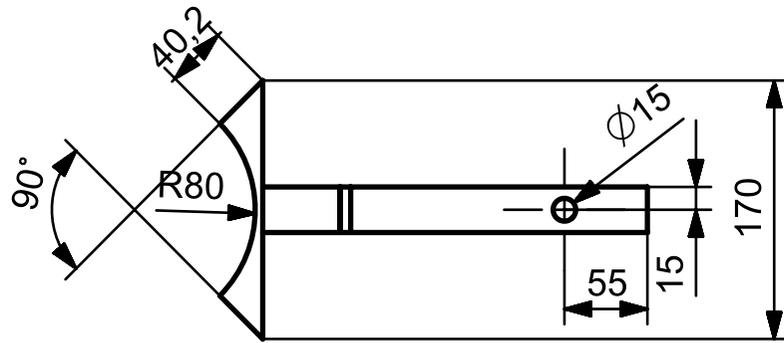
2

3

4

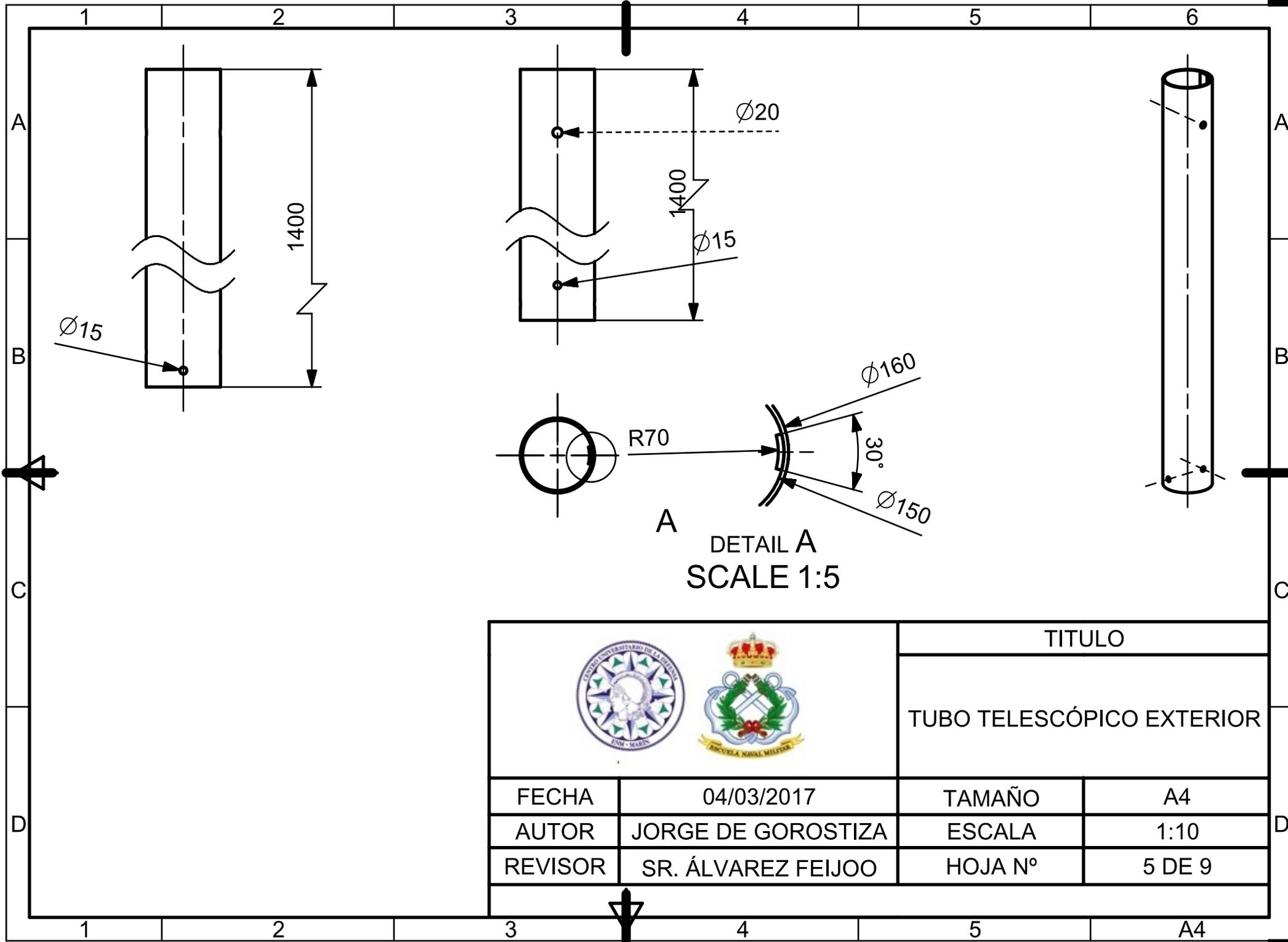
5

A4

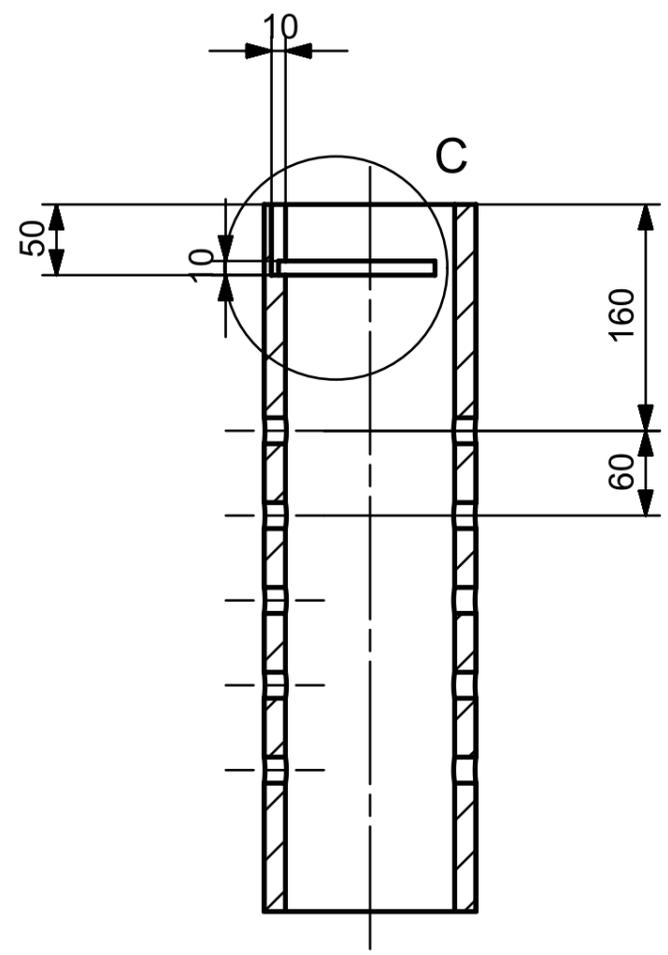
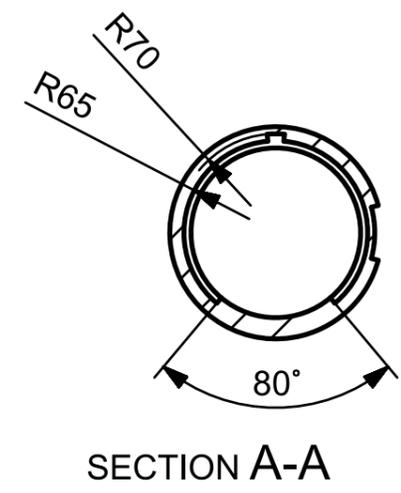
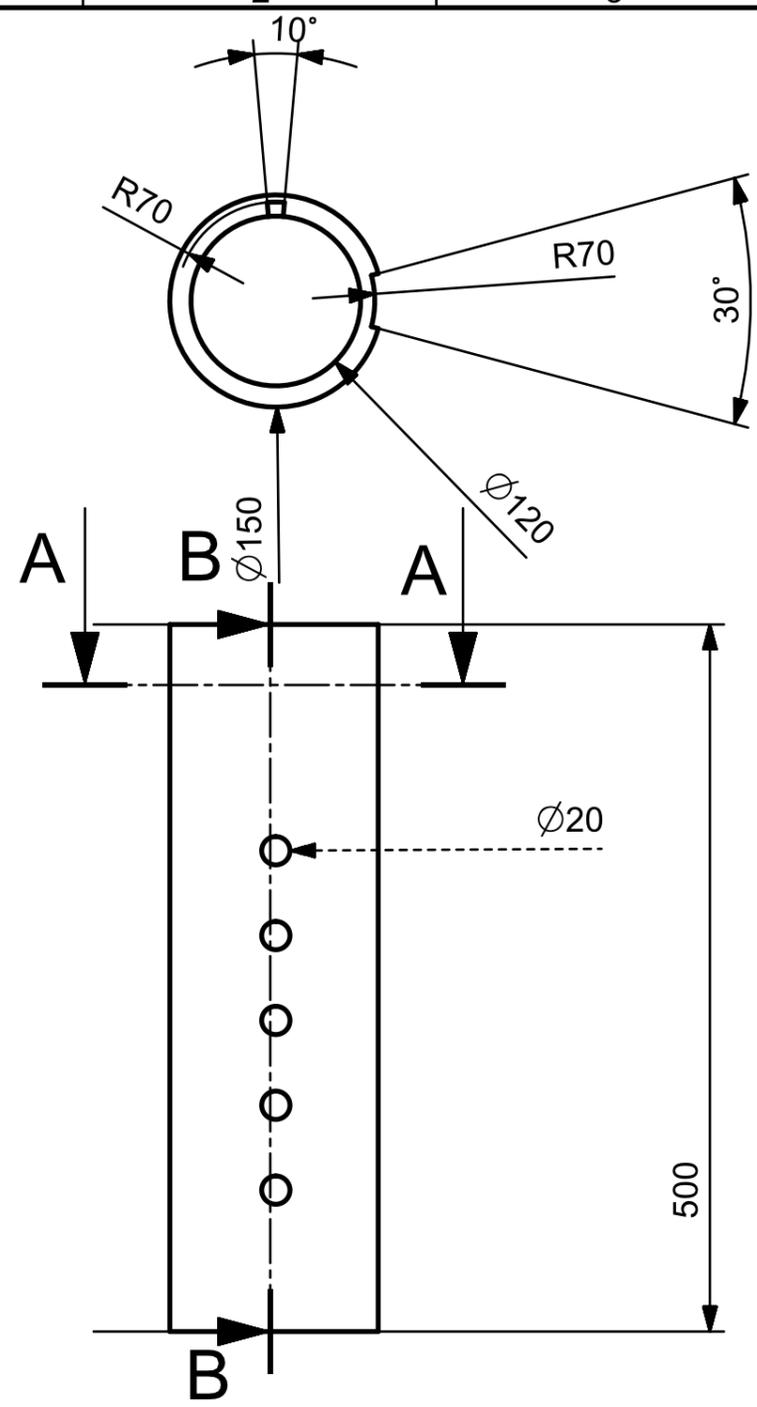


		TITULO	
		PATA 42	
FECHA	04/03/2017	TAMAÑO	A4
AUTOR	JORGE DE GOROSTIZA	ESCALA	1:5
REVISOR	SR. ÁLVAREZ FEIJOO	HOJA N°	4 DE 9

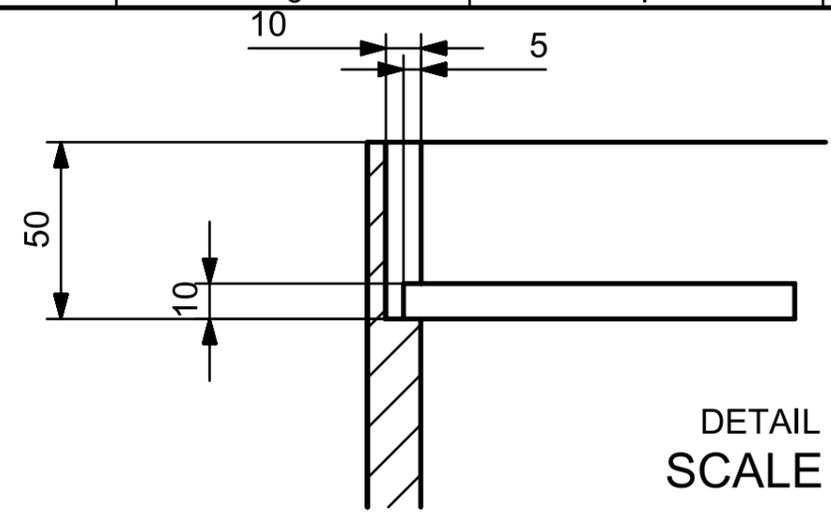
Technical drawing grid with columns 1-6 and rows A-D. The drawing is centered in the grid. A vertical dimension line on the right side of the grid is labeled 'A4' at the bottom.



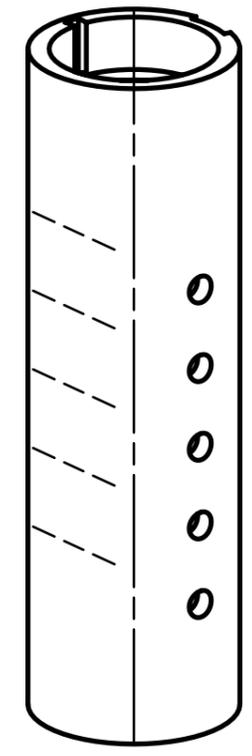
		TITULO	
		TUBO TELESCÓPICO EXTERIOR	
FECHA	04/03/2017	TAMAÑO	A4
AUTOR	JORGE DE GOROSTIZA	ESCALA	1:10
REVISOR	SR. ÁLVAREZ FEIJOO	HOJA N°	5 DE 9



SECTION B-B

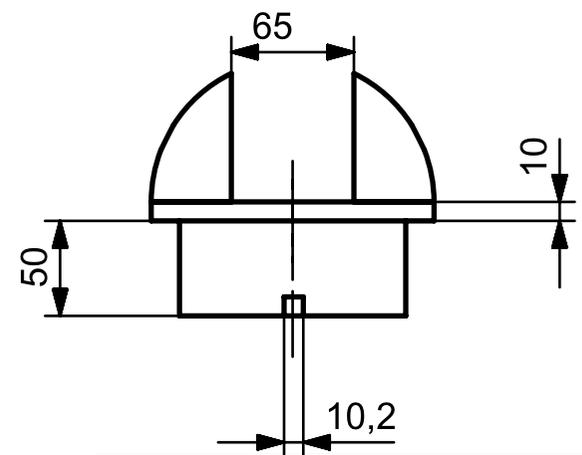
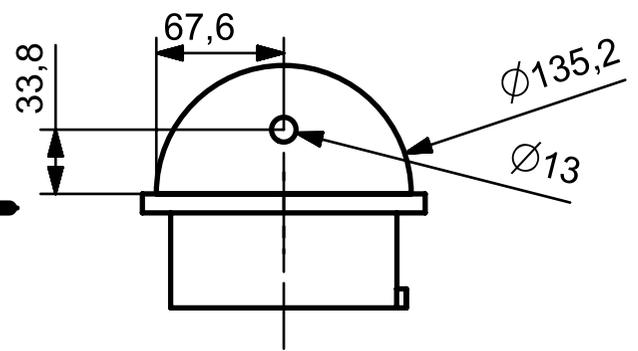
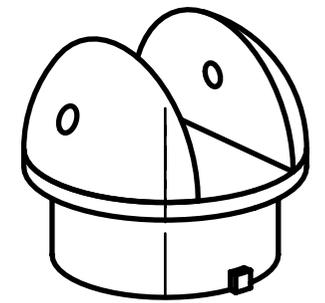
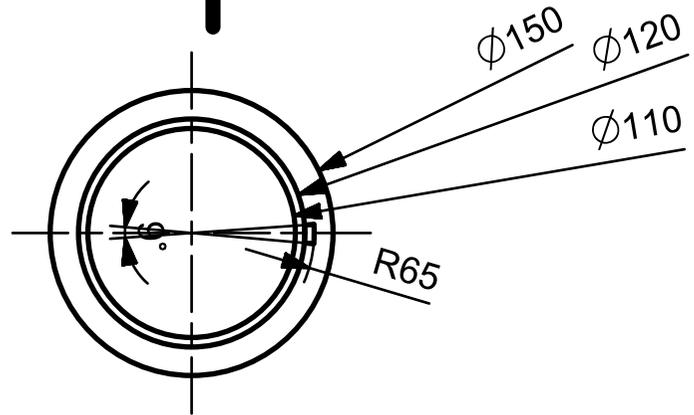


DETAIL C
SCALE 1:2



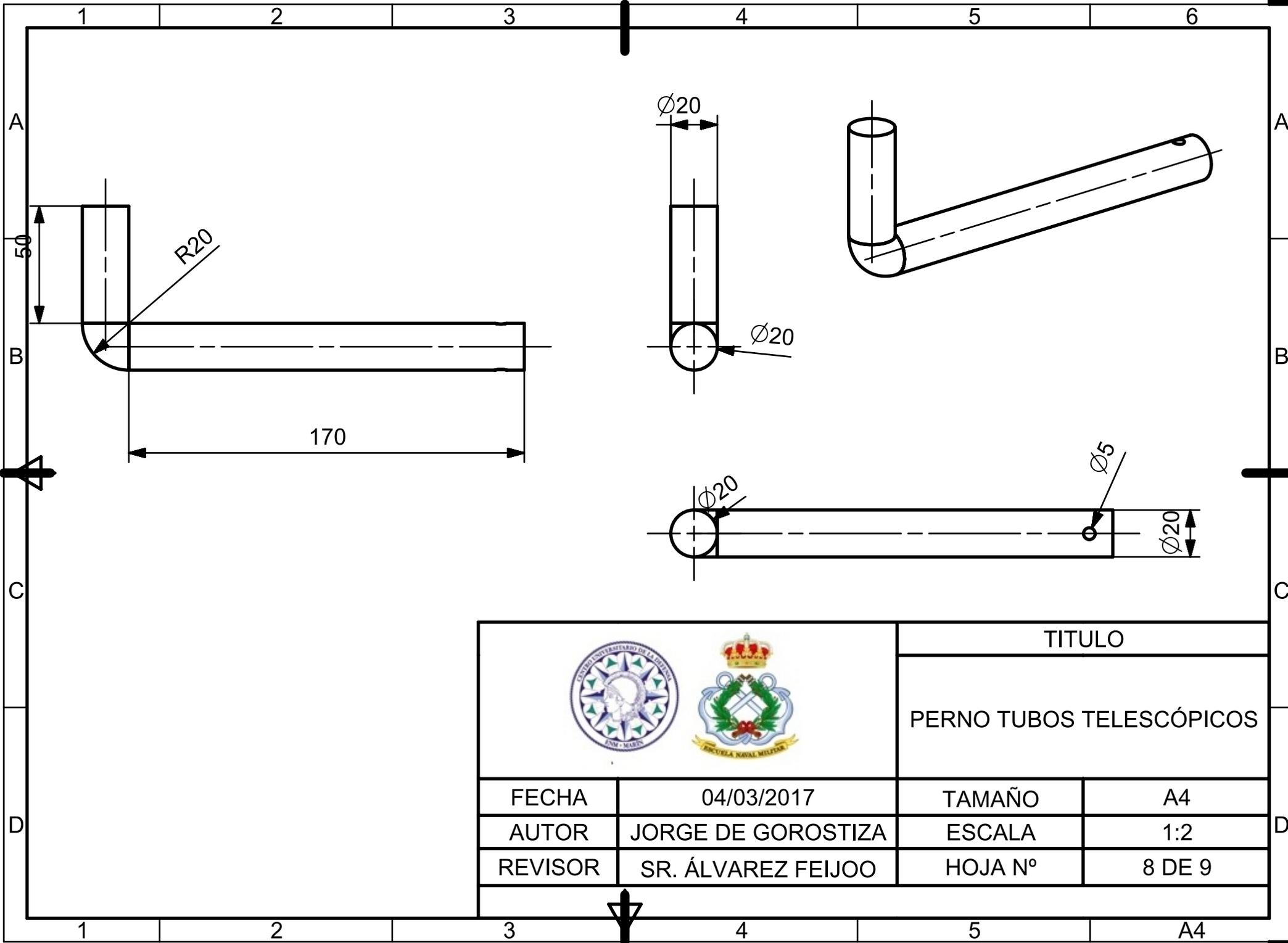
		TITULO	
		TUBO TELESCÓPICO INTERIOR	
FECHA	04/03/2017	TAMAÑO	A3
AUTOR	JORGE DE GOROSTIZA	ESCALA	1:5
REVISOR	SR. ÁLVAREZ FEIJOO	HOJA Nº	6 DE 9

SECTION A-A

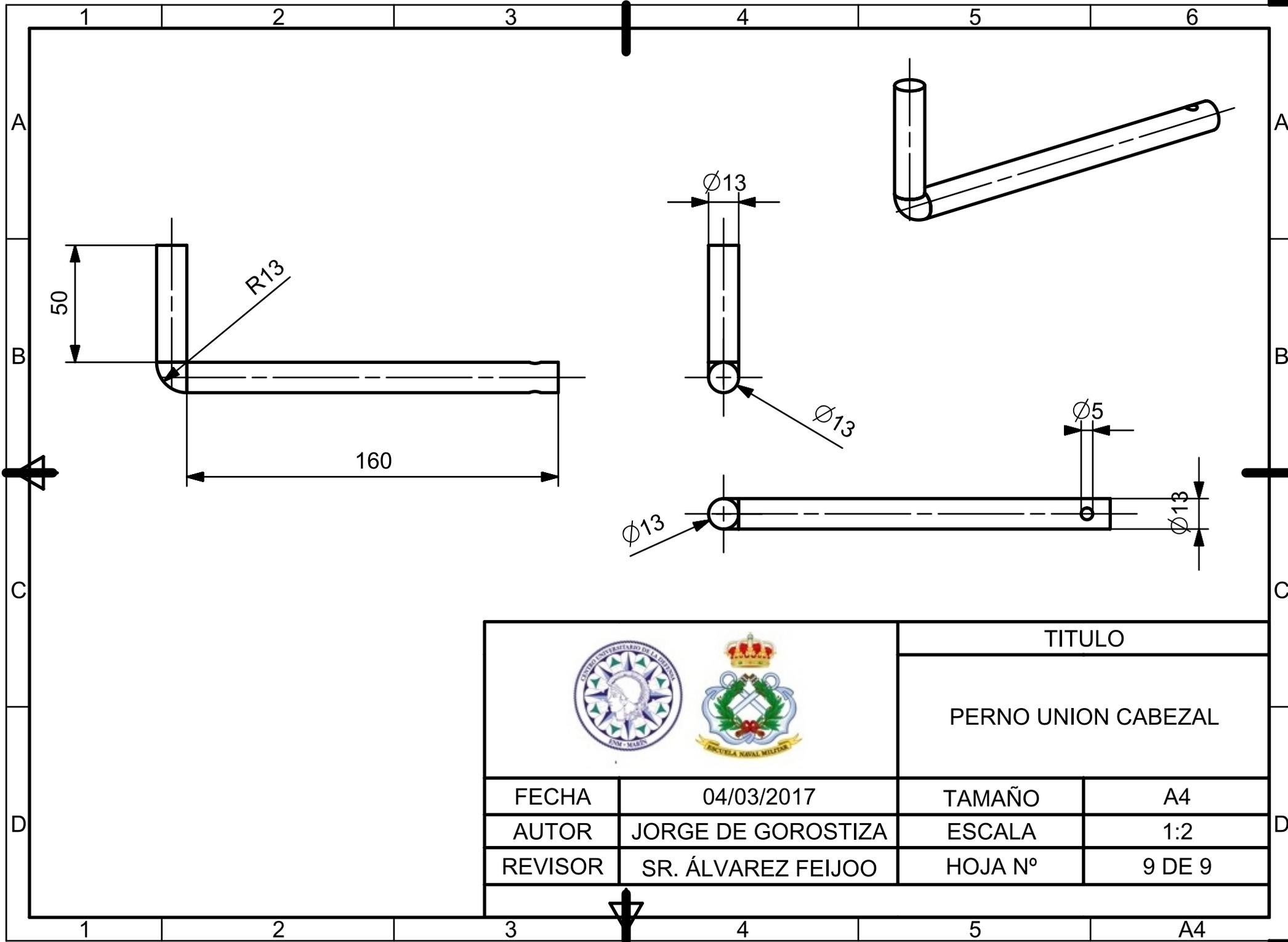


		TITULO	
		CABEZAL DE ROTACIÓN	
FECHA	04/03/2017	TAMAÑO	A4
AUTOR	JORGE DE GOROSTIZA	ESCALA	1:4
REVISOR	SR. ÁLVAREZ FEIJOO	HOJA N°	7 DE 9

Technical drawing grid with columns 1-6 and rows A-D. Includes a title block at the bottom right with technical specifications and logos.



 		TITULO	
		PERNO TUBOS TELESCÓPICOS	
FECHA	04/03/2017	TAMAÑO	A4
AUTOR	JORGE DE GOROSTIZA	ESCALA	1:2
REVISOR	SR. ÁLVAREZ FEIJOO	HOJA N°	8 DE 9



		TITULO	
		PERNO UNION CABEZAL	
FECHA	04/03/2017	TAMAÑO	A4
AUTOR	JORGE DE GOROSTIZA	ESCALA	1:2
REVISOR	SR. ÁLVAREZ FEIJOO	HOJA N°	9 DE 9