



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Análisis de requerimientos y diseño preliminar de una jaula de buceo para un buque de la Armada

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: José Molines Sifre

DIRECTORES: Arturo González Gil

Antón Cacabelos Reyes

CURSO ACADÉMICO: 2018-2019

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Análisis de requerimientos y diseño preliminar de una jaula de
buceo para un buque de la Armada*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

Con este trabajo se pretende realizar un diseño preliminar de una jaula de buceo (guindola), que pueda operar en el futuro buque de buceo de la Armada Española, que será el encargado de realizar operaciones de buceo a gran profundidad. Para ello se ha analizado el diseño de diferentes guindolas de otras organizaciones y el modelo de guindola utilizado actualmente en el “Buque de Salvamento y Rescate Neptuno”. También, se ha analizado el sistema de funcionamiento actual de este buque. Con todo esto, se extraen los requisitos de diseño adaptados a las necesidades que la Armada Española necesita.

Para la realización del diseño, se ha utilizado el software Siemens NX. Mediante este software, se han diseñado las piezas, con las cuales se obtiene una guindola moderna que está adaptada para operar de forma segura y eficaz en los buques de la Armada. Habiendo realizado el diseño preliminar, se crean los planos de las piezas con la intención de utilizar este diseño como base para la construcción de una futura guindola.

El diseño propuesto proporciona a la guindola la capacidad de plegarse o desmontarse, a la vez que reduce su peso y por tanto mejora su seguridad de uso. Además, se han utilizado nuevos materiales que la hacen más resistente y que amplían su vida operativa.

PALABRAS CLAVE

Guindola, buceo, mezcla de gases, diseño y articulación.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todas las personas que han hecho posible la realización de este trabajo y han colaborado en el desarrollo de mi carrera profesional.

En primer lugar, a mi familia. Haber podido llegar a realizar este trabajo se debe al incansable apoyo y confianza que estos depositaron en mi desde que decidí ingresar como Oficial de las Fuerzas Armadas. Hacer mención a Vicente Perles Moncho, Sebastia Signes Pont y M^a Francisca Molines Molines por haber ayudado en las correcciones y hacer propuestas para mejorar la comprensión del trabajo. También, resaltar el gran apoyo recibido por Juan José Sifre Ripoll, M^a Carmen Soliveres Sifre, Lyudmil Petrof Ilief, Miguel Angel Ripoll Faus y Felicidad Soliveres Reig. En especial, a mis padres, José Molines Soliveres, y M^a Isabel Sifre Ripoll, ya que sin ellos todo esto no hubiera sido posible. Quiero dedicarles a estos no solo la realización de este trabajo, sino también, todo el esfuerzo realizado en estos años en la ENM estando tan lejos de casa.

En segundo lugar, dar las gracias al TN Gallego Casasola por haberme proporcionado el contacto con la dotación del “BSR Neptuno”. Agradecer, el tiempo dedicado para la comprensión del funcionamiento de la guindola por parte del TN Valverde González, TN Rúa Peñate y BG Nogueira Calvo. También, resaltar los consejos proporcionados por el Sgto. Primero Dieguez Lodeiro y el Sgto. Sánchez de Toca Freire.

No podría finalizar los agradecimientos sin hacer referencia a mis tutores D. Arturo González Gil y D. Antón Cacabelos Reyes. Muchas gracias por el esfuerzo dedicado a este trabajo, son muchas horas al estudio del mundo del buceo técnico y en hacer las correcciones pertinentes con el fin de obtener un gran trabajo. También, darles las gracias por haber apostado por una temática tan poco común desde el primer día.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
1 Introducción y objetivos	6
1.1 Buceo en la Armada Española	6
1.2 Objetivos	11
1.3 Metodología	11
1.3.1 Metodología	11
1.3.2 Estructura de la memoria	12
2 Estado del arte	13
2.1 Tipos de inmersiones	13
2.1.1 Inmersiones con aire como gas respirable	13
2.1.2 Inmersiones con mezcla de gases	13
2.1.3 Inmersiones a saturación.....	14
2.2 Dispositivos para realizar buceo a gran profundidad.....	14
2.2.1 Campana seca o torreta	14
2.2.2 Campana húmeda.....	15
2.2.3 Guindola	16
2.3 Materiales principales utilizados en la Armada Española	22
2.3.1 Trajes de neopreno.....	22
2.3.2 Botas	24
2.3.3 Chaleco	24
2.3.4 Botellas	24
2.3.5 Casco o escafandra	25
2.3.6 Cable umbilical	26
3 Descripción y Análisis de la Guindola utilizada por la Armada Española.....	27
3.1 Generalidades de la guindola	27
3.2 Análisis y descripción de los elementos principales	28
3.2.1 Base.....	28
3.2.2 Tubo apoyo del buceador.....	29
3.2.3 Zona colocación botellas de emergencia y argollas guía para contrapesos.....	29
3.2.4 Zona contacto cable umbilical con la guindola	30
3.2.5 Argollas.....	31
3.3 Sistema de izado y arriado	31

3.4 Elementos para maniobra izado y arriado	34
3.4.1 Pescante	34
3.4.2 Cable	34
3.4.3 Maniobra de la estacha de seguridad	35
3.5 Conclusiones sobre el diseño de la guindola actual de la Armada Española.....	36
4 Diseño propuesto y análisis	37
4.1 Requisitos generales del diseño	37
4.2 Descripción general.....	37
4.3 Análisis de las piezas	38
4.3.1 Base.....	38
4.3.2 Articulación N°1	39
4.3.3 Tubo	40
4.3.4 Articulación N°2	42
4.3.5 Tubo curvado	44
4.3.6 Articulación N°3	44
4.3.7 Tubo horizontal de apoyo a los buceadores.....	45
4.3.8 Caja de herramientas.....	46
4.3.9 Zona contacto cable umbilical con guindola	46
4.3.10 Botellas de emergencia	46
4.4 Mecanismo de Plegado	48
4.5 Recomendaciones de mantenimiento.....	48
5 Conclusiones y Líneas Futuras	49
5.1 Conclusiones	49
5.2 Líneas futuras	50
6 Bibliografía.....	51
Anexo I: Planos	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Buceo técnico [2].....	6
Figura 1-2 Buque "BSR Neptuno" [8].....	8
Figura 1-3 ROV "Navajo" [10].....	8
Figura 1-4 ROV "Scorpio" [8]	9
Figura 1-5 Conexión de mangueras de ventilación sobre simulador de submarino [5]	9
Figura 1-6 Guindola empleada por la US Navy en 1956 [11].....	10
Figura 1-7 Guindola Armada Española.....	11
Figura 2-1 Campana seca del "BSR Neptuno" [16]	15
Figura 2-2 Campana Húmeda [18].....	16
Figura 2-3 Guindola "BSR Neptuno" (autoría propia).....	17
Figura 2-4 Guindola de la US Navy N°1 [19]	18
Figura 2-5 Guindola de la US Navy N°2 [20]	18
Figura 2-6 Guindola de la US Navy N°3 [21]	19
Figura 2-7 Guindola de la US Navy N°4 [22]	19
Figura 2-8 Guindola de la US Navy N°5 [23]	20
Figura 2-9 Guindola de la Marina Italiana [24]	20
Figura 2-10 Guindola Marina Portuguesa [25]	21
Figura 2-11 Guindola de la Armada Mexicana [26]	21
Figura 2-12 Guindola Updiving [27].....	22
Figura 2-13 Traje de neopreno convencional en la ENM	22
Figura 2-14 Traje Húmedo [30]	23
Figura 2-15 Traje Seco [30]	23
Figura 2-16 Botas [32]	24
Figura 2-17 Chaleco de la Armada Española Botella	24
Figura 2-18 Botella 7 l x 2 (autoría propia).....	25
Figura 2-19 Botella 18 l (autoría propia).....	25
Figura 2-20 Casco Kirby Morgan Super Lite 27 [34]	25
Figura 3-1 Binomio Buceadores "BSR Neptuno" [35]	28
Figura 3-2 Base de la Guindola.....	28
Figura 3-3 Barra horizontal y agarre para manos	29
Figura 3-4 Botella de emergencia y argollas contrapeso [29].....	29
Figura 3-5 Detalle de las argollas de contrapeso.....	30
Figura 3-6 Plástico giratorio.....	30
Figura 3-7 Argollas de la parte superior de la guindola	31
Figura 3-8 Esquema cubiertas [39].....	31

Figura 3-9 Esquema buceo gran profundidad [39].....	32
Figura 3-10 Zona entrada y salida de la guindola [40].....	32
Figura 3-11 Estacha contrapeso y botella de emergencia [37].....	33
Figura 3-12 Pescante	34
Figura 3-13 Grillete giratorio	35
Figura 3-14 Maniobra estacha seguridad	35
Figura 4-1 Vista general de la guindola	38
Figura 4-2 Base de la guindola.....	38
Figura 4-3 Nervios de la Base	39
Figura 4-4 Articulación de la base.....	39
Figura 4-5 Parte inferior y parte superior de la articulación N°1	40
Figura 4-6 Perno de la base y pasador de la articulación N°1	40
Figura 4-7 Tubo.....	41
Figura 4-8 Visión general de la argolla de los contrapesos.....	41
Figura 4-9 Despiece de la argolla de los contrapesos.....	41
Figura 4-10 Vista general de la articulación roscada	42
Figura 4-11 Parte roscada superior e inferior de la articulación N°2	42
Figura 4-12 Tubo con roscado interior en la posición inferior.....	43
Figura 4-13 Perno de la articulación N°2 y el seeger	43
Figura 4-14 Vista de la articulación N°2 con el perno y el seeger	43
Figura 4-15 Tubo curvado	44
Figura 4-16 Articulación superior	44
Figura 4-17 Soporte de las argollas	45
Figura 4-18 Tubo horizontal de apoyo	45
Figura 4-19 Nervio del tubo horizontal de apoyo	46
Figura 4-20 Tubo con plástico giratorio	46
Figura 4-21 Disposición de las botellas de emergencia	47
Figura 4-22 Soporte de las botellas emergencia.....	47
Figura 4-23 Hebilla para las botellas de emergencia.....	47
Figura 4-24 Guindola plegada	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Cursos Escuela Buceo de la Armada [7].....	7
Tabla 2-1 Mezcla de gases empleados en la Armada Española [14].....	14
Tabla 2-2 Botellas Armada Española	25
Tabla 3-1 Prueba de carga pescante [42].....	34

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Buceo en la Armada Española

Hoy en día, el buceo es una actividad de gran importancia, tanto a nivel lúdico-deportivo como a nivel profesional, y posee diferentes aplicaciones tanto en el mundo civil, como en el militar.

La práctica de esta actividad implica que el cuerpo humano está sumergido bajo la superficie acuática, o sea un medio para el cual no está adaptado morfológicamente, y esto conlleva una serie de limitaciones, como son: primera y principal, la incapacidad natural de respirar bajo el agua; y en segundo lugar la existencia de factores externos, como son presión, temperatura y otras variables que actúan sobre el cuerpo humano. Con el fin de minimizar estas limitaciones, incluso desde la antigüedad, se han desarrollado diferentes medios o equipos que permiten al buceador, estar largos períodos de tiempo en inmersión y a grandes profundidades.

El buceo tiene limitaciones y depende sobre todo de la profundidad a la que se realiza el trabajo. El buceador necesita respirar bajo el agua y por esta razón lleva la mezcla necesaria para ello, mediante botellas a presión (buceo autónomo) o a través de cables umbilicales¹. El buceo autónomo suele estar limitado hasta los 50 m. Para cuotas superiores se realiza el buceo técnico (ver Figura 1-1), en el cual se utilizan mezclas de gases suministrados mediante botella o cable umbilical. Los umbilicales, son aportados desde tierra o buque y se suelen utilizar mezclas de gases diferentes a las empleadas en el buceo autónomo [1].



Figura 1-1 Buceo técnico [2]

¹ Umbilical: Cable con mangueras interiores conectadas al buceador que proporcionan la mezcla de gases, electricidad, comunicaciones, agua caliente y video (ver apartado 2.3.6).

No existe un límite de profundidad predeterminado que pueda alcanzar el buceador, ya que este dependerá de las limitaciones que pueda tener su cuerpo. En cambio, mediante la experiencia se han desarrollado diferentes tablas de buceo que se adaptan a los requerimientos de cada inmersión y que son las recomendadas para realizar la práctica del buceo de forma segura [3]. Con el uso de estas, se reduce considerablemente la posibilidad de tener un accidente por descompresión, ya que se deja el tiempo necesario para eliminar el exceso de nitrógeno en el cuerpo.

En cuanto a las Fuerzas Armadas, la Armada Española mediante el Centro de Buceo de la Armada (CBA) [4] y el buque “BSR Neptuno” [5], es la encargada de adiestrar a su personal en buceo técnico. Para ello la Armada dota a los buceadores de sistemas capaces de hacer inmersiones a gran profundidad de forma segura y eficaz.

El Centro de Buceo de la Armada, localizado en la ciudad de Cartagena, tiene diferentes cometidos como la instrucción, adiestramiento y la investigación. Además, es el encargado de asesorar a la Armada y a la Secretaría General de Pesca Marítima del Ministerio de Fomento. Otra función es la colaboración con algunos organismos civiles mediante los cuales se realizan rescates de víctimas, neutralización de artefactos explosivos, demolición de obstáculos en puertos, protección de buques e instalaciones, investigación y desarrollo [6].

La Escuela de Buceo de la Armada (EBA) [7] encuadrada dentro del CBA, es la encargada de la formación de los alumnos en asuntos relacionados con el buceo. En esta, se ofrecen cursos relacionados con cámaras hiperbáricas², buceo en aguas frías y los reseñados en la siguiente tabla:

Buceo Básico	Buceo Técnico	Buceo Combate	Medicina Subacuática
Aptitud buceador elemental	Especialidad de tecnólogo de buceo	Especialidad de guerra naval especial	Especialidad medicina submarina
Aptitud de nadador de salvamento y rescate	Especialidad de Buceador	Aptitud guerra naval especial	Aptitud medicina ambiente hiperbárico
	Aptitud buceo contra minas		Aptitud enfermería en ambiente hiperbárico
	Aptitud desactivación de explosivos submarinos		

Tabla 1-1 Cursos Escuela Buceo de la Armada [7]

- **Buceo Básico:** El buceador adquiere las técnicas y conocimientos necesarios para operar de forma segura en los periodos de inmersión, teniendo la capacidad de poder resolver cualquier tipo de incidencia que pueda transcurrir en el transcurso de esta.
- **Buceo Técnico:** Proporciona la capacidad de poder operar a profundidad por debajo de 50 m, utilizar diferentes mezclas de gases respirables y realizar paradas de descompresión prolongadas.
- **Buceo de Combate:** Impartido a los componentes de la Fuerza de Guerra Naval Especial (FGNE), adquieren la capacidad de bucear en situaciones de combate, como el minado de playas o realizar inserciones mediante el uso de un submarino.
- **Medicina subacuática:** Médicos militares son capaces de actuar frente múltiples casos de accidentes relacionados con la práctica del buceo y son adiestrados en la utilización de cámaras hiperbáricas.

² La cámara hiperbárica: Compartimento presurizado en la que se crea una presión por encima de la atmosférica. Normalmente es utilizada con fines médicos para tratar accidentes de descompresión o como herramienta en operaciones de buceo.

El “BSR Neptuno” [5] con base en la Estación Naval de la Algameca en Cartagena, es el único buque de la Armada con la capacidad de llevar a cabo misiones de rescate submarino y afrontar multitud de misiones de buceo en alta mar (ver Figura 1-2).



Figura 1-2 Buque "BSR Neptuno" [8]

El buque realiza misiones con buzos hasta los 90 m de profundidad. Debido a esto, tiene la capacidad de suministrar diferentes mezclas de gases dependiendo de los tiempos de inmersión y la profundidad. A su vez, posee vehículos submarinos controlados por control remoto, también llamados ROV (Remote Operate Vehicle), que son embarcaciones sumergibles operadas a distancia utilizadas para reparaciones, inspecciones y en el ámbito militar para rescate de submarinos. La Armada posee los ROV “Scorpio” [9] (ver Figura 1-4) y “Navajo” (ver Figura 1-3) [10], que emplean sistemas de posicionamiento GPS y de referencia hidroacústica HPR (Hidroacoustic Position Reference). Otras funciones del buque “BSR Neptuno” son [7]:

- Las operaciones de rescate submarino con bombeo de aire (ver Figura 1-5), lo que implica la capacidad de reflotar objetos.
- Identificación de objetos mediante sistemas sonar de barrido lateral.
- Colocación de minas y apoyo a buques con medidas contra minas (MCM).
- Apoyo a la flotilla de submarinos en las maniobras de lanzamiento de torpedos.
- Adiestramiento de los buzos de la EBA.



Figura 1-3 ROV “Navajo” [10]



Figura 1-4 ROV "Scorpio" [8]



Figura 1-5 Conexión de mangueras de ventilación sobre simulador de submarino [5]

Mediante la introducción de campanas de buceo o guindolas³, se consiguen hacer inmersiones a grandes profundidades, ya que proporcionan seguridad para el buceador y además, de un entorno controlado. Estas les permiten acceder al lugar de trabajo de forma cómoda y también se reducen los tiempos de descompresión considerablemente (ver Figura 1-6).

³ Umbilical: Cable con mangueras interiores conectadas al buceador que proporcionan la mezcla de gases, electricidad, comunicaciones, agua caliente y video (ver apartado 2.3.6).



Figura 1-6 Guindola empleada por la US Navy en 1956 [11]

Estos sistemas deben ser extremadamente seguros y eficaces, ya que se está trabajando en ambientes de gran riesgo. Tanto su diseño como componentes deben estar adaptados a las condiciones de trabajo más adversas, y además deben estar diseñados para que en caso de avería o mal funcionamiento, o ante cualquier otra eventualidad, los buceadores puedan ser llevados a la superficie de la forma más rápida y segura posible [12].

Actualmente la Armada emplea la guindola para la práctica del buceo técnico (ver Figura 1-7). En esta los buceadores se colocan en su interior para poder ser arriados⁴ a la profundidad de trabajo de forma rápida y segura caracterizándose por su sencillez y fácil utilización. Su diseño y robustez son de especial importancia, ya que los buceadores están largos periodos de tiempo en inmersión y por ello debe ser cómoda para el buzo.

La guindola, que opera en el “BSR Neptuno”, fue diseñada de forma artesanal adaptándose a las capacidades operativas de los buceadores. La Armada pretende realizar la construcción de un nuevo buque de salvamento y rescate moderno, que este dotado de la tecnología más avanzada. Para poder conseguir ese propósito, la Armada debe dotar al buque, con una guindola moderna y eficaz que posea un diseño mejorado mediante el cual se obtengan los resultados deseados [13].

Con este TFG se pretende realizar un diseño que sirva como base para esa futura guindola. Para ello, se plantean los objetivos que se describen a continuación.

⁴ Arriar: En terminología náutica, aflojar o soltar un cabo, cadena o cable.



Figura 1-7 Guindola Armada Española

1.2 Objetivos

El objetivo principal del proyecto es, proporcionar a la Armada un diseño preliminar de guindola que permita a los buzos tener más capacidades de forma segura, con el fin de incentivar su construcción para su uso en buques de la Armada. En concreto se pretende:

- Recopilar información sobre guindolas y otros elementos de buceo a los que hacer referencia.
- Realizar un análisis de requerimientos de la guindola.
- Proponer un diseño que permita mejorar las prestaciones de la guindola existente y que sirva como base para ser utilizado en futuros buques de la Armada.
- Realizar los planos.
- Obtener un diseño para mejorar la comodidad del buceador.
- Hacer más segura la maniobra de izado⁵ y arriado.

1.3 Metodología

1.3.1 Metodología

Para realizar el diseño preliminar de una guindola se han seguido diferentes pasos. Se ha hecho un análisis de las diferentes guindolas utilizadas actualmente por diferentes entidades tanto civiles como militares. De esta forma, se ha podido ver diferentes diseños adaptados a las necesidades de cada entidad, sacando conclusiones sobre cada uno de estos, y que posibilidades ofrece cada tipo de guindola diferente. Como referencia principal se ha utilizado la guindola utilizada actualmente en el “BSR Neptuno”, teniendo en cuenta que esta es la guindola que proporciona las capacidades operativas que la Armada Española requiere para sus buceadores.

Para ello se realizó una visita a dicho buque con la intención de poder comprender el funcionamiento y las capacidades operativas de la guindola actual. Además, se tomaron medidas como referencia para

⁵ Izar: En terminología náutica, hacer subir algo tirando de un cabo que está colgando.

el nuevo diseño ya que no existen planos o ninguna normativa que regule la construcción de este tipo de herramientas.

Una vez comprendido el funcionamiento y las capacidades, se realizó una entrevista con personal del “BSR Neptuno”. En la entrevista participó el TN 2º Comandante, Valverde González, el TN Jefe de Control de Buque Rúa Peñate y el BG Jefe de la Brigada de Buceadores Nogueira Calvo. En esta, se realizó un análisis de los nuevos elementos que podrían ser modificados para poder optimizar el futuro diseño de la guindola. Se analizaron posibles cambios que mejoran el espacio a bordo y dentro de la guindola, facilitando la maniobra de izado y arriado, mejorando la comodidad del buceador en la inmersión, proporcionando la resistencia y durabilidad adecuada para trabajar en ambientes marinos.

Mediante el uso del software Siemens NX, se realizó el diseño de preliminar adaptado al estudio de requerimientos obtenido en la visita al “BSR Neptuno” y en el análisis de guindolas de otras entidades. Finalizado el diseño, se analizaron y presentaron los resultados obtenidos viendo que la guindola cumple los requisitos esperados y se realizan los planos de la guindola mediante Siemens NX. También, una vez hablado con el Sgto. Primero Jefe de Electricidad del “Patrullero Tabarca” Dieguez Lodeiro y el Sgto. Buzo de la ENM Sánchez de Toca Freire proponen consejos y materiales para mejorar el funcionamiento, con la intención de alargar la vida operativa de la guindola.

Por último, se extrajeron las conclusiones obtenidas con el diseño propuesto y las líneas futuras que posee este tipo de guindola en la Armada Española.

1.3.2 Estructura de la memoria

En la memoria se tratarán los siguientes aspectos:

- En el Estado del arte se explicarán los diferentes tipos inmersiones, que dispositivos existen para realizar buceo a gran profundidad y los principales materiales utilizados en la Armada Española.
- En la Descripción y Análisis de la Guindola utilizada por la Armada Española, se detallan las generalidades de la guindola, haciendo un análisis y descripción de los elementos principales de esta. También, se explica el sistema de izado y los elementos principales para poder realizarlo.
- Diseño propuesto y análisis, se mencionan los requisitos generales de diseño que debe tener la guindola, haciendo seguidamente una descripción general y un análisis de las piezas. También, se hace referencia al mecanismo de plegado ya las recomendaciones para su mantenimiento.
- En cuanto a las Conclusiones y Líneas Futuras, se especifican los objetivos alcanzados y se proponen posibles continuaciones y mejoras para este proyecto.
- Por último, en el Anexo I: Planos se adjuntan los planos correspondientes al diseño de guindola propuesta.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Tipos de inmersiones

2.1.1 *Inmersiones con aire como gas respirable*

Son aquellas inmersiones en las cuales se puede utilizar el aire como gas respirable, a profundidad máxima de 60 m. Estas se realizarán con equipos autónomos o con umbilicales desde tierra o el buque, implicando que los buceadores estén expuestos a corrientes y a las condiciones meteorológicas. Dispositivos como la torreta⁶ o la campana húmeda⁷ se pueden utilizar para este tipo de inmersiones, proporcionando mayores capacidades y seguridad [13].

2.1.2 *Inmersiones con mezcla de gases*

Aunque el límite del buceo son 60 m con el uso de aire como gas respirable (ver Figura 1-1), los efectos de la narcosis pueden aparecer a partir de los 30 m. La narcosis, es una alteración del estado de conciencia del buceador, que ejerce un efecto depresor sobre el sistema nervioso de similares características al estado de embriaguez, causado por la absorción del nitrógeno respirado durante la inmersión. Teniendo en cuenta que la saturación de tejidos y líquidos del cuerpo depende de la presión parcial que ejerce cada gas respirado, y que las grasas son capaces de almacenar grandes cantidades de nitrógeno, son necesarios grandes periodos de descompresión para poder eliminar el exceso de nitrógeno [3].

La narcosis se caracteriza por tener efectos temporales, como la desorientación, estado de euforia y pérdida de capacidad de reacción. Estos efectos desaparecen al disminuir la presión a la que se está realizando la inmersión. Cabe reseñar que cada cuerpo se adapta de diferente manera a los efectos causados por la narcosis, pero para buceo a gran profundidad de algún modo siempre afecta a todos los buceadores. Como norma general se establece que la profundidad máxima de inmersión para realizar buceo con aire como mezcla de gas respirable es de 50 m, pudiendo ser de 60 m para casos de extrema necesidad.

Para resolver este problema se utilizan diferentes mezclas, mediante las cuales se pretende eliminar parcial o totalmente la presencia de nitrógeno, para reducir los efectos de la narcosis y acelerar el proceso

⁶ Torreta o campana seca: Estructura metálica que permite arriar a los buceadores hasta el fondo marino sin la necesidad de entrar en contacto con el agua (ver apartado 2.2.1).

⁷ Campana húmeda: Estructura metálica que arria a los buceadores con un sistema similar al de la torreta, pero en este caso el buceador está en contacto con el agua (ver apartado 2.2.2).

de descompresión, teniendo en cuenta la profundidad y el tiempo de inmersión. Para el caso de la Armada Española se utilizan los gases de la Tabla 2-1.

Mezclas de Fondo	Mezclas de Descompresión
M17 hasta 66 m (17% O ₂ + Helio).	M17 o M13 de profundidad de trabajo hasta 27 m.
M13 de los 66 hasta los 90 m (13% O ₂ + Helio).	50% He - 50% O ₂ de 27 m hasta 12m.
	100% O ₂ de 12 m hasta superficie.

Tabla 2-1 Mezcla de gases empleados en la Armada Española [14]

Para descender a la profundidad de trabajo se utilizará aire hasta los 57 m. Para inmersiones a mayor profundidad las mezclas de fondo M17 o M13 son las recomendadas dependiendo de la profundidad.

Una vez finalizado el trabajo, para ascender a superficie, se utilizarán las mezclas de fondo M17 o M13 hasta los 27 m. Seguidamente, se emplea una mezcla de 50% He - 50% O₂ desde los 27 m hasta 12 m; y, por último, O₂ 100% de los 12 m hasta superficie. Otra opción es utilizar aire de los 12 m a superficie pero esto requerirá de un tiempo de descompresión mayor [14].

2.1.3 Inmersiones a saturación

Este método posee muchas semejanzas con el anterior. Normalmente es utilizado para inmersiones superiores a los 150 m y con un tiempo de inmersión considerable. Debido a la profundidad y tiempo de inmersión, los tiempos de descompresión son excesivamente elevados pudiendo ser hasta de varios días, ocasionando una acumulación de gases inertes en los tejidos del cuerpo humano.

En este caso y para reducir al máximo el tiempo de izado y arriado de la torreta, los buceadores se encuentran en una cámara en superficie sometidos a la presión de la profundidad de trabajo, haciendo que el tiempo de arriado sea menor. Los buceadores pasarán de la cámara de superficie a la campana seca (ver apartado 2.2.1) que estará también a la misma presión de la profundidad requerida. Una vez terminado el trabajo, se seguirá el proceso inverso transfiriendo los buceadores de la campana seca a la cámara de superficie [12].

2.2 Dispositivos para realizar buceo a gran profundidad

2.2.1 Campana seca o torreta

El uso de la campana seca (ver Figura 2-1), permite arriar a los buceadores a su lugar de trabajo sin la necesidad de que estos entren en contacto con el agua, incluso a profundidades mayores a los 200 m. Está construida de acero y puede tener diferentes formas, pudiendo ser: cilíndrica, ovalada o esférica, siendo esta última la que mejor soporta la presión, pero su construcción es compleja. Posee flotabilidad positiva, pero mediante el uso de lastres que permiten el arriado y contrarrestan el efecto de las corrientes, hace que la campana se pueda hundir de forma controlada. En caso de emergencia, se pueden largar⁸ los lastres para recuperar a los buceadores [15].

⁸ Largar: soltar poco a poco una estacha o un cabo.



Figura 2-1 Campana seca del "BSR Neptuno" [16]

Para el control de la campana se usa un cable y un umbilical. Este umbilical tiene una gran importancia, ya que es el encargado de proporcionar a los buceadores la mezcla de gases, energía eléctrica, comunicaciones y agua caliente.

Entre los sistemas de seguridad de una campana seca, se encuentran las baterías de litio, que proporcionan suministro de energía en caso de emergencia. Además, si el suministro de gases respirable se interrumpiese, en la parte exterior de la campana se encuentran unas botellas de emergencia⁹.

En cuanto a la presurización, esta operación se puede realizar tanto desde el interior como desde el exterior, pudiéndose dar los siguientes casos [12]:

- Presión interna superior: Los buzos están en superficie a presión mayor a la atmosférica o en el periodo de descompresión.
- Presión exterior: En el caso de utilizar la campana para observación, dentro de esta se estará a presión atmosférica y en el exterior se tendrá la presión correspondiente a la profundidad de la inmersión.
- Presiones iguales: Se podrá dar en el caso de estar la campana despresurizada tanto en superficie o cuando este a la profundidad de trabajo para poder abrir las esclusas.

La campana tiene un mínimo de dos esclusas. Una para salir al exterior y otra en el lateral mediante la cual se accede a una cámara de descompresión que está en la cubierta del buque.

2.2.2 Campana húmeda

Este tipo de campana es muy parecida a la campana seca, excepto en que en este caso el buceador tiene parte del cuerpo en contacto con el agua (ver Figura 2-2). Mediante la campana húmeda el buzo tendrá el nivel del agua aproximadamente por la altura de la cintura, pudiendo quitarse el casco en los periodos en los que los buceadores se encuentren dentro de la campana, para tener una mayor comodidad. Para controlar el nivel de agua, teniendo en cuenta el aumento de presión ocasionado por la mayor profundidad, desde el buque se controla la inyección de aire que se encuentra dentro de la campana y de este modo el nivel de agua permanece constante a pesar de estar a mayor profundidad [15].

⁹ En caso de utilizar las botellas de emergencia, estas botellas contienen la mezcla de fondo.

Mediante este sistema se pueden realizar inmersiones hasta 100 m con mezcla de gases y con una capacidad de dos o tres buzos. Los periodos de inmersión por lo tanto serán menores que en la campana seca y la comodidad para el buceador es menor, pero este sistema se considera muy seguro y de mayor simplicidad de utilización [17].

En cuanto al sistema de izado y arriado, cabe decir que es muy similar al de la campana seca. Es necesario el uso de un pórtico y un umbilical con un cable de acero en su interior, para proporcionar comunicaciones, video, electricidad y mezcla de gases. También posee los mismos sistemas de seguridad, botellas de emergencia y baterías de litio.



Figura 2-2 Campana Húmeda [18]

2.2.3 Guindola

En la actualidad el buceo a gran profundidad que realiza la Armada Española se realiza mediante el uso de la guindola. Reseñar que antiguamente el “BSR Neptune” utilizaba la campana seca (ver Figura 2-1) pero no está en funcionamiento a casusa de problemas de seguridad.

La guindola es un dispositivo metálico de acero que permite arriar a los buceadores hasta 90 m, siendo esta limitación de profundidad determinada por la longitud de los cables umbilicales de los buceadores¹⁰. En este caso, los buzos están en contacto permanente con el agua con lo que no disponen de la comodidad que puede proporcionar una campana húmeda o campana seca.

¹⁰ La longitud de los cables umbilicales de el “BSR Neptune” es de 120 m.



Figura 2-3 Guindola "BSR Neptuno"

Para su arriado, se utiliza un cable y unos cabos. Los cabos, tienen en su extremo unos pesos que guían a la guindola en su arriado permitiendo que esta no sea arrastrada por la corriente y no de vueltas sobre sí misma.

Cada buzo respirará la mezcla de gases por el umbilical que tiene conectado a su escafandra¹¹ respectivamente. Este umbilical proporcionará aparte de los gases respirables, comunicaciones, video, electricidad y agua caliente. En caso de haber un corte de suministro de gases, los buceadores llevan a su espalda dos botellas de 7 l con la mezcla de gases adecuada. Además, la guindola cuenta con dos botellas de 18 l [13].

Cada entidad puede configurar el uso de la guindola de diferentes modos y cada una posee un diseño adaptado a sus necesidades. A continuación, se analizan las diferentes guindolas tanto civiles como militares:

Para el caso de la US Navy (ver Figura 2-4) se puede observar esta guindola tiene una estructura rígida, la cual no se puede plegar, y la base de forma rectangular está formada por láminas de acero. Además, la parte superior está arqueada y un nervio soldado a esta le proporciona una mayor rigidez. Se han soldado unas barras verticales en los laterales para reforzar la estructura y no hay lugar para botellas de emergencia. En este caso, una bolsa colgada de una de las barras de la guindola cumple la función de

¹¹ Casco cerrado con cristales para permitir la visión, con orificios y tubos que renuevan el aire, sirviendo para trabajar debajo del agua durante largos periodos de tiempo.

caja de herramientas. Ya que no es siempre necesario el uso de herramientas, el uso de una bolsa ahorra espacio en el interior de la guindola y su colocación es muy rápida, ya que usa un cabo para ello.



Figura 2-4 Guindola de la US Navy N°1 [19]

En otro ejemplo de la US Navy (ver Figura 2-5) se puede observar una estructura rígida no plegable, con una base con bordes circulares y una plancha de acero con agujeros que conforma el suelo. A diferencia de la anterior, la parte superior no está arqueada y posee múltiples tubos de acero verticales que conectan la base con la parte superior. Aparentemente, no todos los tubos verticales son necesarios, ya que el peso a soportar por estos no es tan elevado y causan que el buceador no pueda descansar el peso de la botella sobre el tubo horizontal, que está a la altura de su cintura. Además, no se ha reservado una zona para las botellas de emergencia.



Figura 2-5 Guindola de la US Navy N°2 [20]

El siguiente modelo de la US Navy (ver Figura 2-6), igual que las anteriores, tiene una estructura rígida con una parte superior formada por una barra de acero rectangular. Para conectar la base con la zona superior se utilizan tres barras verticales, una principal que es la central y dos secundarias en los laterales que también sirven como sujeción del buceador. En cuanto a la base, incorpora una malla con pequeños agujeros y no tiene botellas de emergencia. El mallado de la base hace que sea más fácil su construcción y se reduce el peso de la base, pero reducir el peso de la base puede hacer que la guindola sea inestable en los periodos de inmersión.



Figura 2-6 Guindola de la US Navy N°3 [21]

Continuando con las guindolas de la US Navy, en la Figura 2-7 tenemos otra guindola rígida, con una base rectangular formada por una regilla con agujeros, parte superior arqueada con una barra horizontal que une los dos arcos de los laterales y un cable para su izado y arriado. Destacar que esta sí tiene en la zona exterior la capacidad de albergar botellas de emergencia y aunque está pintada, aparentemente no le proporciona una mejora significativa.

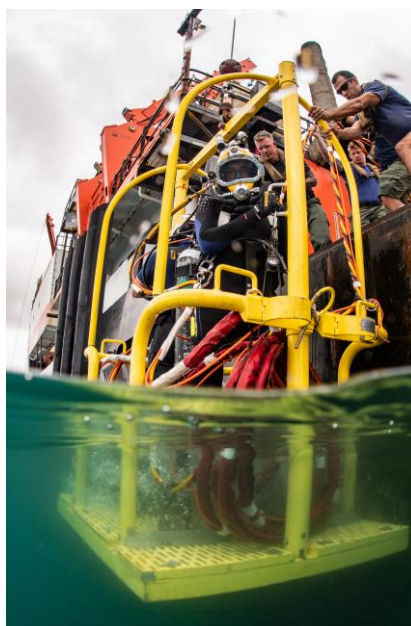


Figura 2-7 Guindola de la US Navy N°4 [22]

Cómo último modelo a analizar por parte de las guindolas de la US Navy, en la Figura 2-8 se presenta otra estructura rígida con forma superior arqueada unida por una barra horizontal entre cada arco, con una base rectangular y suelo formado por una plancha de acero con agujeros. En la zona exterior, se han colocado unos refuerzos estructurales que proporcionan protección a la guindola en caso de tener un golpe con el casco del buque.



Figura 2-8 Guindola de la US Navy N°5 [23]

La Marina Italiana (ver Figura 2-9) ha diseñado la guindola con la estructura más simple que se observará en todos los ejemplos dados. Su característica principal es la forma triangular de los laterales y una barra horizontal que los une, y tiene la peculiaridad de que se puede desmontar o plegar. Su diseño tan sencillo hace que no tenga una zona para las botellas de emergencia. Se han substituido los agarres metálicos de la mano por unos cabos y no hay barras horizontales que eviten la caída del buzo en caso de perder el equilibrio.

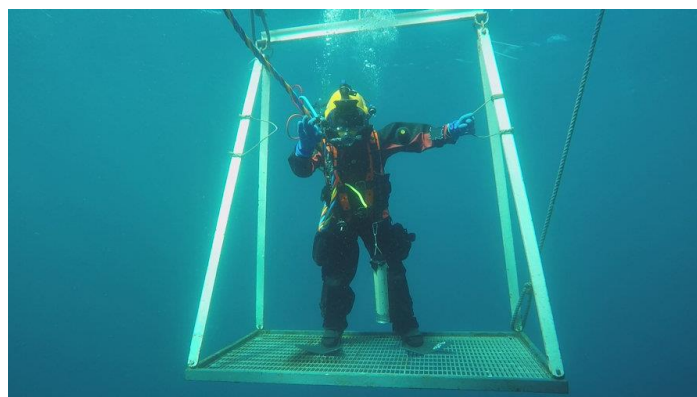


Figura 2-9 Guindola de la Marina Italiana [24]

La Marina Portuguesa también propone una guindola con mallado en la base y una zona superior arqueada (ver Figura 2-10). Para poder salir de la guindola los buceadores deben quitar las barras de acero amarillas inferiores que están colocadas para dar seguridad y no tiene la capacidad de albergar

botellas de emergencia. Estas barras amarillas dificultan la entrada y salida, pudiendo ser un problema en caso de emergencia.

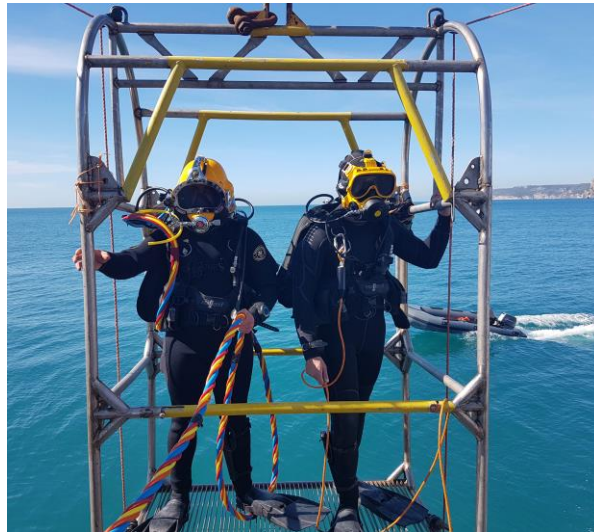


Figura 2-10 Guindola Marina Portuguesa [25]

La guindola de la Armada de México (ver Figura 2-11) se caracteriza por tener tubos verticales soldados a la estructura principal, que proporcionan protección en caso de tener golpes con el casco del buque. La base está construida mediante láminas de acero. En los laterales se aprecian dos pesos de acero que proporcionarán la estabilidad necesaria para poder realizar la inmersión y no posee botellas de emergencia.



Figura 2-11 Guindola de la Armada Mexicana [26]

Por último en la Figura 2-12 tenemos un ejemplo de una guindola utilizada en el buceo civil. Como diferencia principal, el sistema de izado y arriado se realiza mediante un pórtico, no con un pescante¹² como en todas las anteriores, y hay una estructura metálica en la cual el buceador puede sentarse. Posee una estructura rectangular tanto en la base como en la parte superior, solo hay una zona de acceso a la

¹² Pescante: Dispositivo para iza o arriar pesos a bordo de un buque (ver apartado 3.4.1)

guindola, y los laterales están cubiertos con unas mallas metálicas. Apparently, the metal mesh would serve to cover the hole that is in the structure. But having a horizontal bar at the height of the diver's waist, it is not very useful.

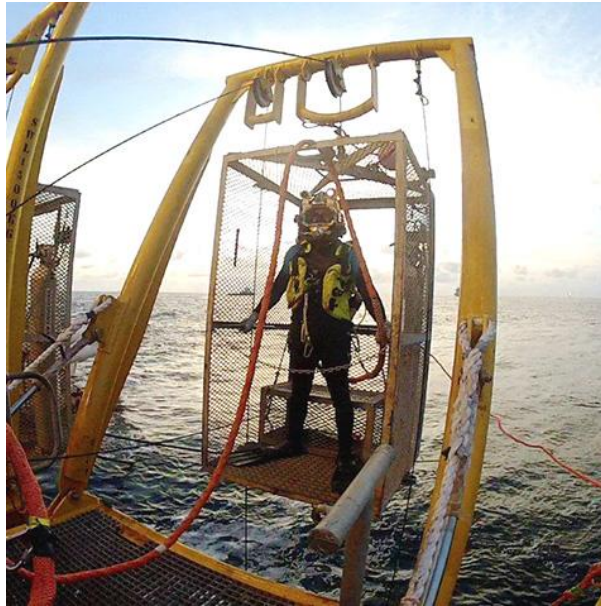


Figura 2-12 Guindola Updiving [27]

2.3 Materiales principales utilizados en la Armada Española

In this section, the main materials currently used in the Spanish Navy to perform technical diving will be described.

2.3.1 Trajes de neopreno

2.3.1.1 Traje de neopreno húmedo

It is the most used due to its durability for autonomous diving, easy use and low cost. It is composed of an elastic polymer that protects the body from the cold due to contact with the water and is capable of maintaining the body temperature at adequate levels, but it is not used for diving at great depths (see Figure 2-13).



Figura 2-13 Traje de neopreno convencional en la ENM

2.3.1.2 Traje de neopreno húmedo con sistema de agua caliente

Traje de mayor complejidad diseñado para inmersiones de larga duración. Se caracteriza por tener un suministro de agua caliente, proporcionado por el cable umbilical desde la superficie (ver Figura 2-14). Está formado por una serie de tubos distribuidos por el traje, de tal forma que el buceador puede controlar en todo momento la temperatura del agua [29]. También, se caracteriza por ser la opción más pesada.



Figura 2-14 Traje Húmedo [30]

2.3.1.3 Traje seco

La característica principal de este tipo de trajes se basa en que el buceador no está en contacto con el agua, con lo cual permanece seco durante toda la inmersión (ver Figura 2-15). Son utilizados para largos periodos de inmersión, por lo que, su resistencia es mayor. Gracias a las diferentes capas de espuma comprimida es capaz de soportar el desgaste y la abrasión. Además, la parte interior posee una superficie confortable que ayuda a mantener el calor, pudiendo llevar el buzo prendas deportivas que le permitan estar más cómodo y a su vez mantener mejor el calor corporal [31]. El traje es estanco y se puede inyectar aire para que la flotabilidad sea neutra.



Figura 2-15 Traje Seco [30]

2.3.2 Botas

La botas de la Figura 2-16, que pueden ser utilizadas con todo tipo de trajes de neopreno, proporcionan estabilidad y es un elemento de seguridad para el buceador [32]. Se le puede incorporar una plantilla de plomo que en el caso de la Armada Española es de 2 kg haciendo que, junto al cinturón de plomo, el buceador tenga flotabilidad negativa para poder andar por el fondo.



Figura 2-16 Botas [32]

2.3.3 Chaleco

Utilizados para buceo autónomo como el de la Figura 2-17, tienen sistemas de inflado y desinflado que permiten obtener una flotabilidad neutra para mayor comodidad en la inmersión [33]. Se conecta a la botella o botellas por su parte trasera. Posee dos reguladores uno para su uso habitual y otro de emergencia, así como bolsillos para guardar herramientas o depositar plomos para tener una estabilidad adecuada.

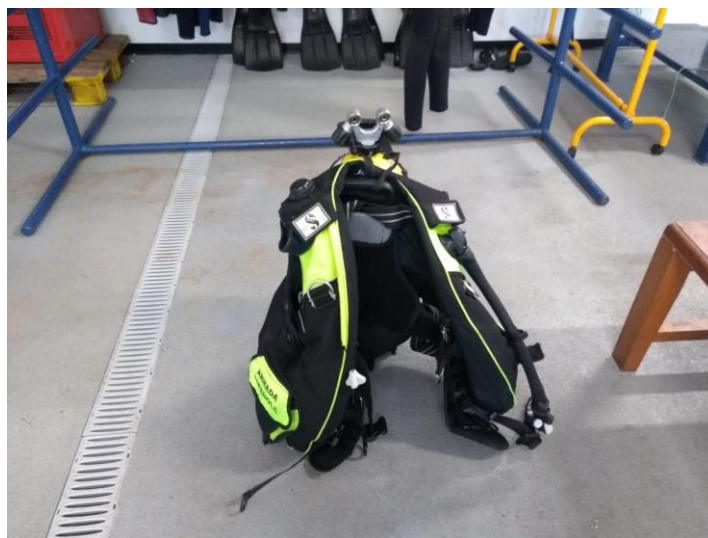


Figura 2-17 Chaleco de la Armada Española Botella

2.3.4 Botellas

Para el buceo técnico en la Armada Española se usan dos tipos de botellas. El primer tipo son las botellas de 7 l, que van acopladas al chaleco del buceador. El segundo tipo son las botellas de 18 l que están acopladas a la guindola. Ambas botellas se usarán en caso de emergencia y llevarán en su interior la mezcla de fondo.

Foto botella	 Figura 2-18 Botella 7 l x 2 (autoría propia)	 Figura 2-19 Botella 18 l (autoría propia)
Capacidad	7 l x 2	18 l
Presión de trabajo	232 bar	232 bar
Material	Acero	Acero
Nº Botellas	2	1
Diámetro	171 mm	216 mm

Tabla 2-2 Botellas Armada Española

2.3.5 Casco o escafandra

Para realizar buceo a gran profundidad se pueden utilizar multitud de modelos de escafandra (ver Figura 2-20), pero en la Armada Española se utiliza el Kirby Morgan Super Lite 27. Está fabricado con un armazón de fibra de vidrio con refuerzos de fibra de carbono. Posee un sistema de desempañado y ventilado, una válvula de suministro de emergencia, un soporte metálico superior para facilitar su colocación, un bloqueador nasal para la maniobra de valsalva¹³, sistema de comunicaciones, máscara nasal de silicona y un peso de 12.9 kg [34].



Figura 2-20 Casco Kirby Morgan Super Lite 27 [34]

¹³ Maniobra de valsalva: Maniobra utilizada en las inmersiones para equilibrar la presión que produce la columna de agua en los oídos.

2.3.6 *Cable umbilical*

Cuando la inmersión se realiza con suministro de superficie, existe un cable umbilical para cada buceador, como se puede ver en la figura Figura 3-1. Los utilizados en la Armada Española, están formados por cuatro mangueras entrelazadas entre si y de una longitud de 120 m. En estas mangueras se proporciona la mezcla de gas respirable, agua caliente, electricidad, comunicaciones y video.

3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA GUINDOLA UTILIZADA POR LA ARMADA ESPAÑOLA

3.1 Generalidades de la guindola

La capacidad de la guindola utilizada actualmente es de dos buzos, los cuales deben estar posicionados de manera que sean capaces de poder tener en visual a su binomio (ver Figura 3-1) con la intención de observar si hay algún problema durante la inmersión. Existen casos extraordinarios en los que se puede aumentar la capacidad hasta un máximo de tres buceadores [10].

En cubierta, está preparado un buceador que en caso de emergencia realizaría la inmersión para poder solventar los problemas que estén aconteciendo. La guindola también es utilizada en operaciones de salvamento y rescate, en las cuales, si se encontrase un cuerpo, este sería depositado en la base.

La guindola de la Armada Española es de fabricación artesanal con un diseño adaptado a las diferentes necesidades de los buceadores. Cabe destacar que no existe ninguna normativa respecto a la construcción de este tipo de guindolas y que, en este caso, no se han realizado estudios para tener en cuenta los requerimientos físicos a los que esta estará sometida. Teniendo en cuenta esto, las partes sensibles que están sometidas a esfuerzos mayores se sobredimensionaron para poder tener un coeficiente de seguridad mucho mayor [1].

Está construida con acero, debido a que este material es económico, es resistente y proporciona un peso adecuado para que sea estable bajo el agua. El aluminio es un material que no se considera válido para la construcción de guindolas debido a su poca densidad, ya que por ello es más susceptible de ser arrastrado por la corriente. Además, por experiencia en el “BSR Neptuno”, se descarta el uso de aluminio para la construcción de guindolas, ya que en las maniobras de izado y arriado se pueden producir abolladuras por el choque de la guindola con el casco del buque.

La mezcla de gases es suministrada por medio del cable umbilical, pero en caso de emergencia cada buceador lleva dos botellas de 7 l en el chaleco y una botella de 18 l (ver punto 0) que proporcionan el tiempo necesario para poder volver a superficie [36].



Figura 3-1 Binomio Buceadores "BSR Neptuno" [35]

3.2 Análisis y descripción de los elementos principales

En este apartado se realizará un análisis y descripción de las piezas que conforman la guindola mediante el uso de material fotográfico para mejorar la comprensión de las características y funciones de las piezas.

3.2.1 Base

La base de la guindola de 18 l (ver Figura 3-2), está formada por un conjunto de tubos paralelos soldados a una estructura rectangular de cuatro láminas de acero. Para obtener una mayor resistencia se han colocado dos nervios transversales que unen los tubos. En ella también se han soldado unas láminas de acero con la forma de la bota del buceador para evitar que este pierda la estabilidad. Algunas de estas láminas tienen forma curvada debido a que antiguamente las botellas de seguridad estaban posadas sobre la base [1]. También, la caja de herramientas está posada sobre la base, estando soldada a los tubos verticales que conforman la estructura.

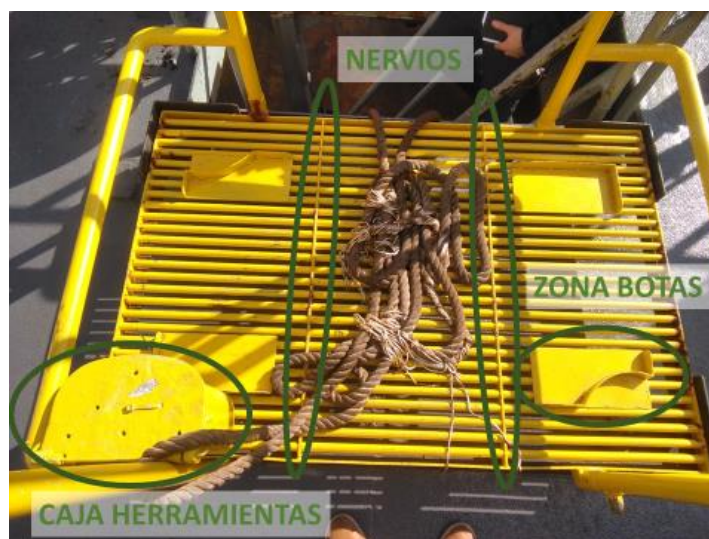


Figura 3-2 Base de la Guindola

3.2.2 Tubo apoyo del buceador

La guindola dispone de dos tubos horizontales que se encargan de proporcionar resistencia y permiten que el buceador pueda descansar apoyándose sobre esta. También, en el caso de que lo necesitase, hay cuatro agarres para las manos que dan mayor seguridad al buzo si hubiese movimientos bruscos durante la maniobra (ver Figura 3-3).



Figura 3-3 Barra horizontal y agarre para manos

3.2.3 Zona colocación botellas de emergencia y argollas guía para contrapesos

La botella de emergencia (ver Figura 3-4) irá colocada en el extremo de la guindola, siendo fijada a las dos barras que hay por cada vértice mediante abrazaderas metálicas. Las argollas¹⁴ (ver Figura 3-5) sirven como guía de las estachas¹⁵ que tienen el contrapeso para evitar que la corriente mueva la guindola (explicado en apartado 3.3). Las argollas tienen un pasador pudiendo moverse para la colocación de las estachas de los contrapesos.



Figura 3-4 Botella de emergencia y argollas contrapeso [29]

¹⁴ Argolla: Aro grueso, generalmente metálico, que sirve de amarre.

¹⁵ Estacha: Cuerda o cabo grueso utilizado con fines náuticos.



Figura 3-5 Detalle de las argollas de contrapeso

3.2.4 Zona contacto cable umbilical con la guindola

La guindola posee en la parte superior un tubo de plástico giratorio que reduce el rozamiento entre el cable umbilical y la estructura de la guindola (ver Figura 3-6), y también, reduce el desgaste que se pueda ocasionar con el roce del umbilical con esta.

El cable umbilical es arriado verticalmente desde el buque. Al estar conectado con los buceadores, cuando estos salgan de la guindola en la zona de inmersión, el umbilical estará en contacto con el plástico giratorio y de esta manera minimizará el rozamiento entre los dos.

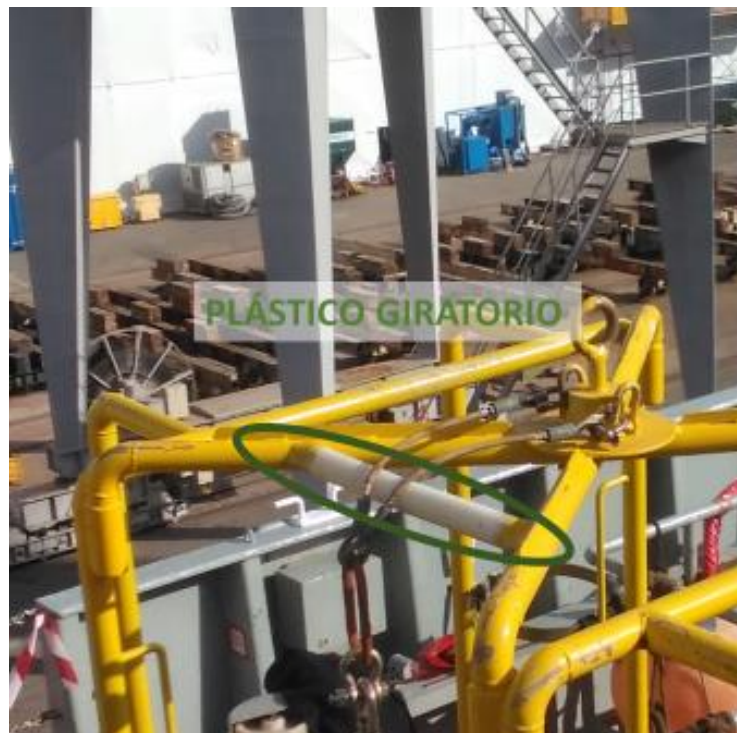


Figura 3-6 Plástico giratorio

3.2.5 Argollas

La parte superior está formada por tres argollas de dos tipos. La argolla principal es la que se encarga de soportar todo el peso de la guindola en las inmersiones y en ella se hace firme un grillete giratorio (ver Figura 3-13).

Las otras dos argollas forman parte de la maniobra de la estacha de seguridad que se explica con más detalle en el apartado 3.4.3.



Figura 3-7 Argollas de la parte superior de la guindola

3.3 Sistema de izado y arriado

La guindola normalmente se encuentra arranchada¹⁶ en la cubierta 01 (ver Figura 3-8), una cubierta por encima de la principal, en la cual está el pescante. Esta cubierta es la zona donde se realizan los preparativos para el arriado de la guindola, se engancha el cable del pescante (ver apartado 3.4.2), las estachas de seguridad (ver apartado 3.4.3) y se colocan las botellas de emergencia (ver apartado 3.2.3).

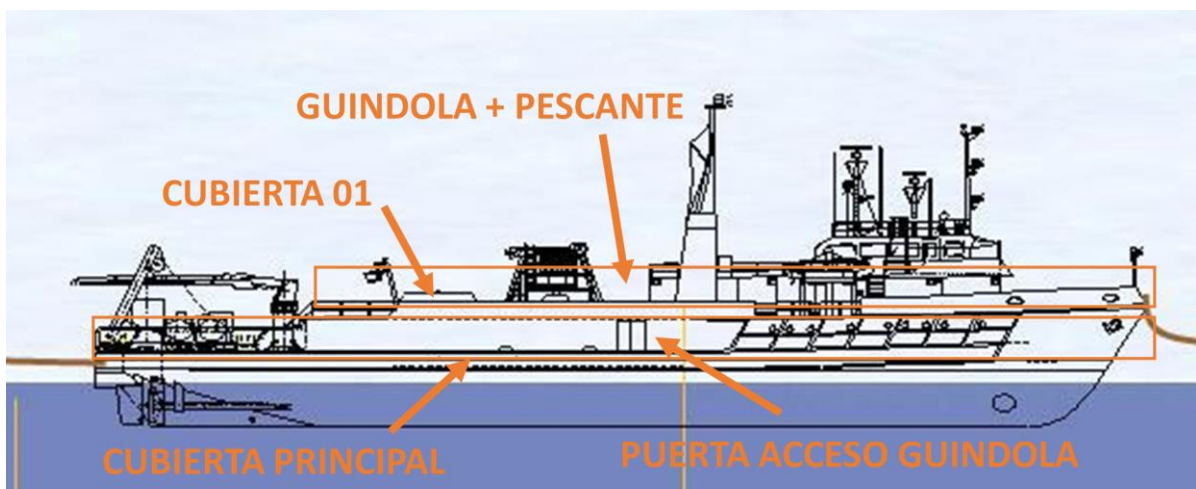


Figura 3-8 Esquema cubiertas [39]

¹⁶ Arranchar: Acción de ordenar o acomodar cosas a bordo.

Para poder arriar la guindola, y que esta quede posicionada correctamente, el buque debe estar fondeado mediante diferentes anclas para que su posición sea la misma durante todo el periodo de la inmersión. Además, las hélices no pueden estar en movimiento cuando se encuentran los buceadores en el agua y el buque debe tener la zona de trabajo por su través de estribor (ver Figura 3-9) ya que el pescante se encuentra en el costado de estribor [10].

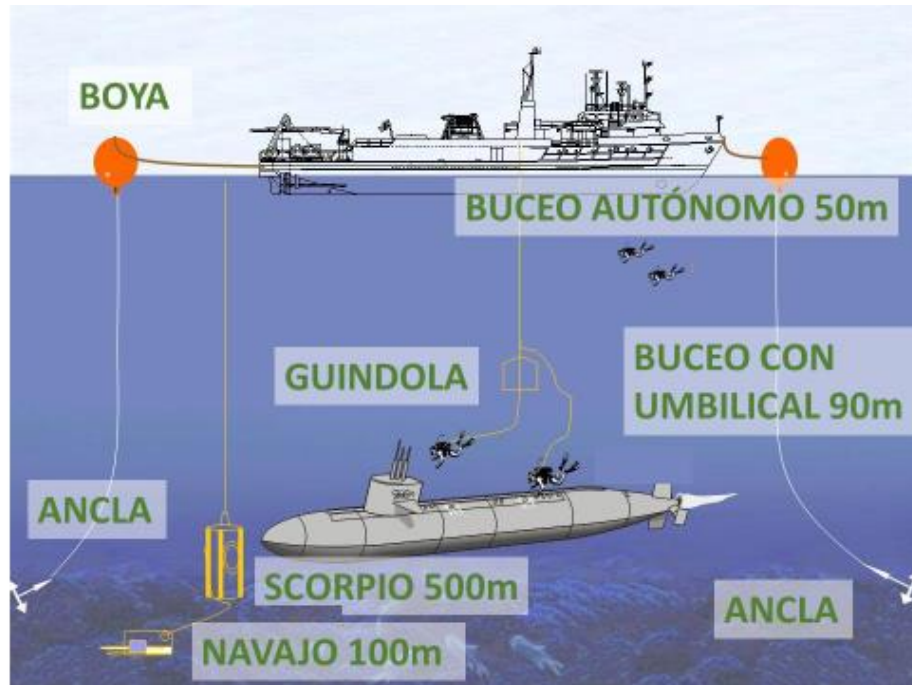


Figura 3-9 Esquema buceo gran profundidad [39]

A continuación, la guindola es arriada por el costado de estribor posicionándola a la altura de la cubierta principal donde hay un orificio por el cual acceden los buceadores a la guindola (ver Figura 3-10). La guindola posee dos zonas, que funcionan tanto como entrada como de salida, y es importante que los buceadores una vez estén en la profundidad de trabajo, salgan de esta en el mismo sentido en el que han accedido (si han accedido por la primera entrada, en la profundidad de trabajo saldrán siguiendo la misma dirección por la segunda entrada). Esto hace que la maniobra entre los elementos de la guindola y los cables umbilicales permanezca clara, y en caso de tener un buzo desorientado, este solo deberá seguir el cable umbilical y llegará a la guindola, ya que estos pasan por su interior [1].

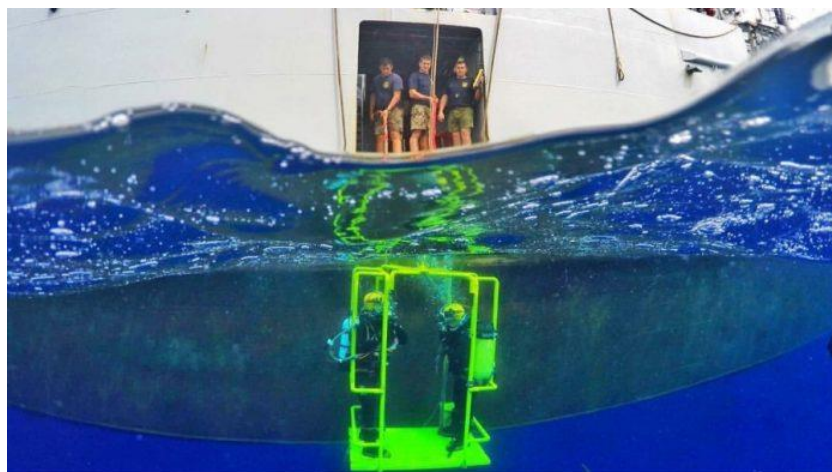


Figura 3-10 Zona entrada y salida de la guindola [40]

Para evitar que la corriente arrastre la guindola, esta debe tener un peso que le ayude a mantener la posición para que en la maniobra de arriado la guindola alcance la posición adecuada en la inmersión. El propio peso de la guindola no es suficiente y para ello se arrían dos estachas con pesos mediante el procedimiento explicado a continuación.

Antes de la entrada de los buceadores a la guindola, de forma manual, se arrían dos cabos desde la cubierta 01 sin uso de otro medio aparte del personal de la dotación (ver Figura 3-11). A cada cabo se le hará firme en su chicote¹⁷ una pieza metálica que puede pesar 20 o 50 kg. Para profundidades menores de 50 metros se emplean piezas 20 kg, y para profundidades mayores de 50 m piezas de 50 kg. También, se puede utilizar una sola pieza que esté hecha firme en sus extremos por las dos estachas, pero la suma de pesos resultante teniendo en cuenta la profundidad debe ser en su conjunto la misma que lo explicado anteriormente. La determinación de los pesos necesarios, y las profundidades para el uso de este procedimiento no está basada en ninguna doctrina, si no en la experiencia acumulada en el “BSR Neptuno” [41].



Figura 3-11 Estacha contrapeso y botella de emergencia [37]

Los pesos son sumergidos progresivamente antes del arriado de la guindola hasta la profundidad de trabajo. Cuando la pieza se encuentre cerca de la profundidad adecuada, cuidadosamente se arriará hasta alcanzar el fondo, procurando levantar el suelo marino lo mínimamente posible para poder tener una visibilidad adecuada. Una vez alcanzado el fondo, la pieza se iza aproximadamente unos 30 cm y se debe intentar que las dos piezas estén a la misma altura. Cuando estén en su posición, cada estacha se hace pasar por dentro de unas argollas (ver Figura 3-5 Detalle de las argollas de contrapeso) que tiene la guindola. Estas argollas guían a la guindola para que en la inmersión esta no de vueltas sobre sí misma y junto al peso de la propia guindola evita que la corriente la desplace haciendo que la estabilidad sea la correcta [36].

Al tener las piezas en la posición correcta, los buceadores acceden a la guindola y esta se arria. Los pesos permiten que la guindola no se pose en el fondo, evitando así que no se empeore la visibilidad.

¹⁷ Chicote: Extremo de un cabo.

Hay que tener en cuenta que la función de los cabos con peso no es aguantar la guindola, sino que esto lo hace el cable de acero.

Una vez terminado el trabajo, en primer lugar, se izará la guindola, permaneciendo las estachas de los pesos en el agua. Una vez la guindola está arranchada, se procederá a retirar los pesos del agua y levantar el fondeo.

3.4 Elementos para maniobra izado y arriado

3.4.1 Pescante

El buque “BSR Neptuno” posee un pescante (ver Figura 3-12), mediante el cual se iza y se arria la guindola. Para que esta pueda operar se le realizan dos pruebas. La primera consiste en mantener una carga estática con el uso del freno durante 10 min. En la segunda se iza y se arria un peso durante 5 min. Actualmente está certificado con las capacidades que aparecen en la Tabla 3-1:

Tipo de carga	Carga nominal	Carga nominal x Factor de seguridad	Carga de prueba	Tiempo
Carga estática frenado	519 kg	1.5	779 kg	10 min
Carga dinámica	519 kg	1.1	571 kg	5 min

Tabla 3-1 Prueba de carga pescante [42]



Figura 3-12 Pescante

3.4.2 Cable

El cable es de acero galvanizado de 10 mm de diámetro, soporta una carga máxima de 1180 kg y tiene una longitud de 150 m. El cable se une a la guindola mediante un grillete giratorio (ver Figura 3-13) de acero galvanizado de 10 mm [43] y se hace firme a la argolla principal que se encuentra en la zona superior.



Figura 3-13 Grillete giratorio

3.4.3 Maniobra de la estacha de seguridad

Es la encargada de soportar el peso de la guindola y los buceadores en caso de haber problemas con el cable del pescante. La estacha de seguridad es capaz de aguantar una carga máxima de 1500kg. Esta estacha es un elemento de seguridad por lo tanto no laborea¹⁸ a no ser que sea en caso de emergencia.

De cada argolla de seguridad “A”, mediante un grillete se hace firme¹⁹ un cable a cada argolla “B”. Los dos cables se unen a un grillete giratorio “C”, de iguales características al anterior, y la estacha de seguridad se hace firme al grillete giratorio (ver Figura 3-14).



Figura 3-14 Maniobra estacha seguridad

¹⁸ Laborear: Dicho de un cabo que está sometido a algún esfuerzo.

¹⁹ Hacer firme: Acción de amarrar o fijar algo mediante un cabo o estacha.

3.5 Conclusiones sobre el diseño de la guindola actual de la Armada Española

En cuanto al diseño actual se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Posee una estructura rígida la cual no se puede desmontar. Esto implica que en los periodos en los cuales no se vayan a realizar inmersiones, no se pueda almacenar en una zona del buque para que no ocupe espacio en la cubierta 01.
- La caja de herramientas está soldada a la base. En el caso de realizar una inmersión en la cual no se requiera el uso de herramientas, la caja de herramientas estaría ocupando espacio en el interior y no se puede retirar.
- En cuanto a la colocación de las botellas de emergencia, están en una zona accesible a los buceadores para que puedan operar con ella. Pero al estar en esta posición, puede reducir la movilidad del buceador en su interior.
- Los tubos de la zona superior no tienen forma arqueada. Con esta forma se reduce el espacio ocupado por la guindola y se puede utilizar para hacer que los brazos del buceador estén en una posición más cómoda.
- La zona que está en contacto con el plástico giratorio no opera adecuadamente ya que no gira solidariamente sobre el tubo que está en su interior, y el rozamiento entre el cable umbilical y la guindola no se ve reducido.

4 DISEÑO PROPUESTO Y ANÁLISIS

4.1 Requisitos generales del diseño

Con el análisis realizado en el “BSR Neptuno” y de otras guindolas, se obtuvieron los requisitos que debe incorporar el diseño de la guindola. Para ello esta debe ser capaz de plegarse o desmontarse con la intención de reducir el espacio de almacenamiento. Además, se pretende que esta sea fácilmente operable por la dotación del buque haciendo que sea más segura. En cuanto a los buceadores, el diseño debe estar adaptado a estos haciendo que estén en una posición cómoda durante la inmersión. Otros requerimientos son, la necesidad de reducir la fuerza de rozamiento entre el cable umbilical y la guindola, que esta disponga de elementos de seguridad, como las botellas y las argollas de emergencia y sea capaz de resistir estructuralmente.

4.2 Descripción general

En la Figura 4-1 se puede observar los elementos más importantes de la guindola propuesta. Esta tiene la capacidad de poder plegarse o desmontarse. Para ello por cada uno de los cuatro tubos de cada esquina de la base se han colocado tres articulaciones. En cuanto al tubo de apoyo y al tubo con plástico giratorio, estos se pueden desmontar de la guindola para que se pueda plegar. También, se mantiene el uso de las dos botellas de emergencia, pero ahora están colocadas en la base y el sistema de contrapesos para que la corriente no mueva la guindola se mantiene.

La disposición de los buceadores en la guindola permite que estos puedan tener el uno al otro en visual, tal y como se requiere en la Armada Española. Estos pueden descansar el peso de las dos botellas de 7 l en el tubo de apoyo. Además, en el tubo arqueado de la zona superior que proporciona mayor resistencia, tienen un agarre por tubo para evitar que puedan perder el equilibrio, haciendo que la inmersión sea menos exigente.

A diferencia de la guindola actual que está construida con acero convencional, la guindola propuesta está construida con acero inoxidable 316 [42], que se caracteriza por su gran resistencia ante esfuerzos y corrosión. El acero 316 es el especificado para ambientes marinos y es el más utilizado en los arsenales de la Armada Española. También se ha conseguido reducir el peso de la guindola de 200 kg a 130 kg (un 35 %) haciendo que esta sea más fácil de manejar y por lo tanto más segura.

El espacio de almacenamiento también se ha reducido siendo actualmente de 2.2 x 1.5x 1 m a ocupar estando plegada 0.95 x 1.5 x 1 m y reduciéndose al mínimo si se desmonta por piezas.

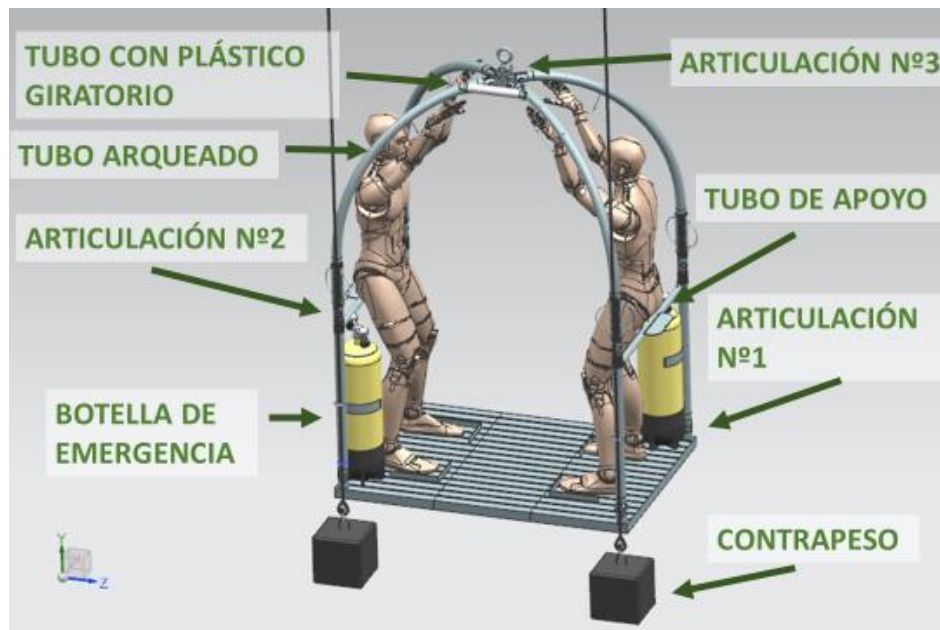


Figura 4-1 Vista general de la guindola

4.3 Análisis de las piezas

A continuación, se realizará un análisis sobre el diseño propuesto. En el Anexo I: Planos se puede ver en detalle las piezas del diseño propuesto.

4.3.1 Base

La base posee similares características a la actual. Se conservan las ranuras para poder colocar los pies de los buceadores, evitando así que estos puedan resbalarse. Para realizar la base, se han utilizado láminas de acero con la separación adecuada entre cada una de ellas, para que en el arriado e izado pueda circular el agua de forma rápida sin que la guindola sea inestable (ver Figura 4-2). Como refuerzo a estas láminas, se han colocado dos nervios en la parte inferior que proporcionan mayor resistencia a las láminas de conforman el suelo de la base (ver Figura 4-3).

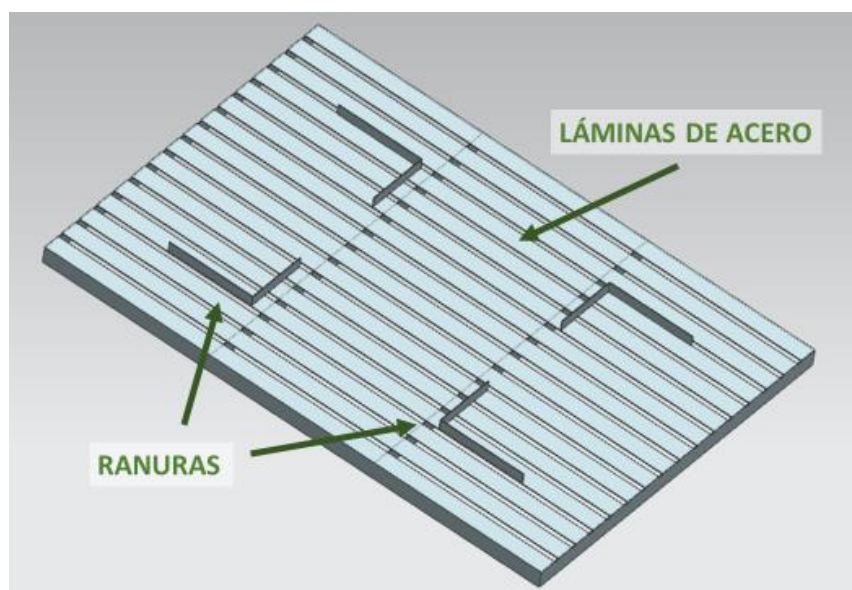


Figura 4-2 Base de la guindola

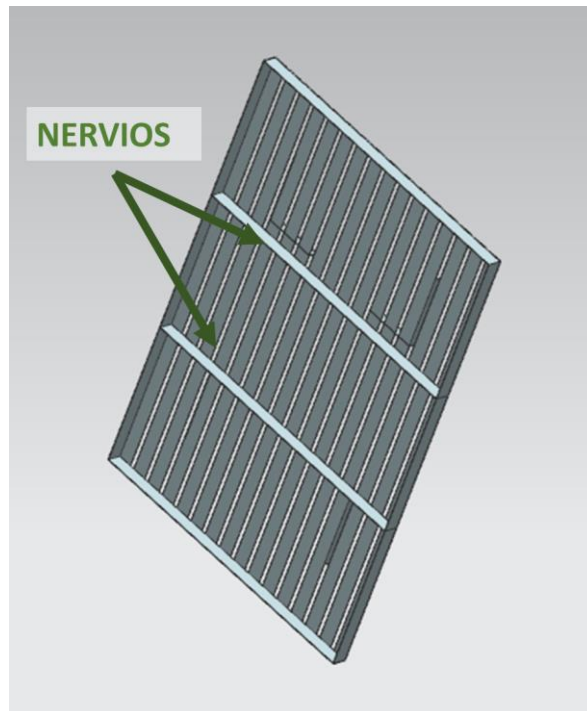


Figura 4-3 Nervios de la Base

4.3.2 Articulación N°1

Con el objetivo de poder desmontar la guindola parcial o totalmente para poder tener más espacio a bordo del buque, se necesitan articulaciones.

En el caso de la articulación N°1, está formada por una parte superior e inferior, un perno y un pasador. Estos componentes son macizos para tener una mayor resistencia (ver Figura 4-4).

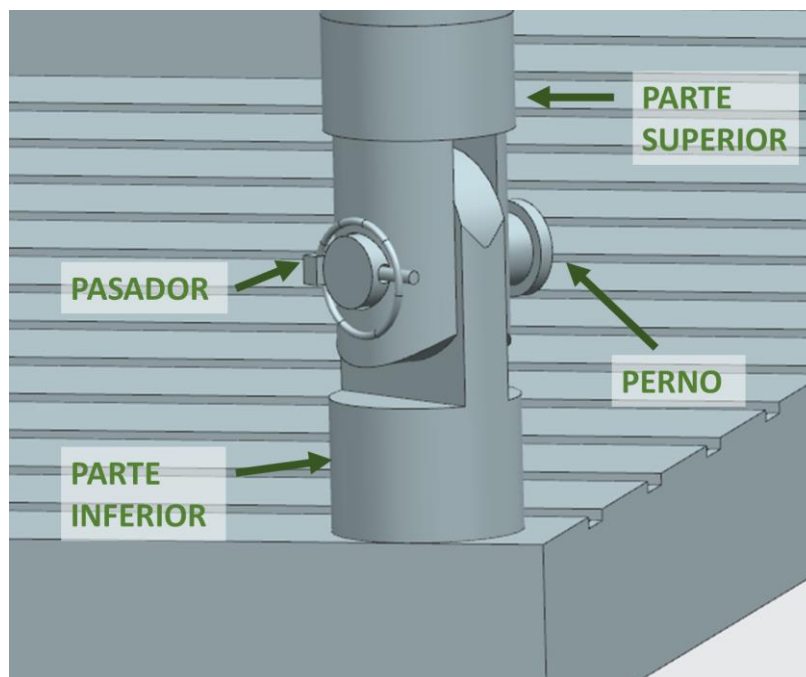


Figura 4-4 Articulación de la base

La parte inferior va soldada a la base. El borde redondeado facilita el movimiento de la articulación para poder girar un ángulo mayor sin tocar con la parte superior (ver Figura 4-5).

La parte superior, también tiene un borde redondeado como el de la pieza explicada anteriormente y cumple la misma función (ver Figura 4-5). Para su correcta utilización, la parte inferior debe colocarse dentro de la superior y quedan unidas mediante un perno (ver Figura 4-6).

Para que el perno no salga de la articulación, se ha colocado un pasador redondo (ver Figura 4-6).

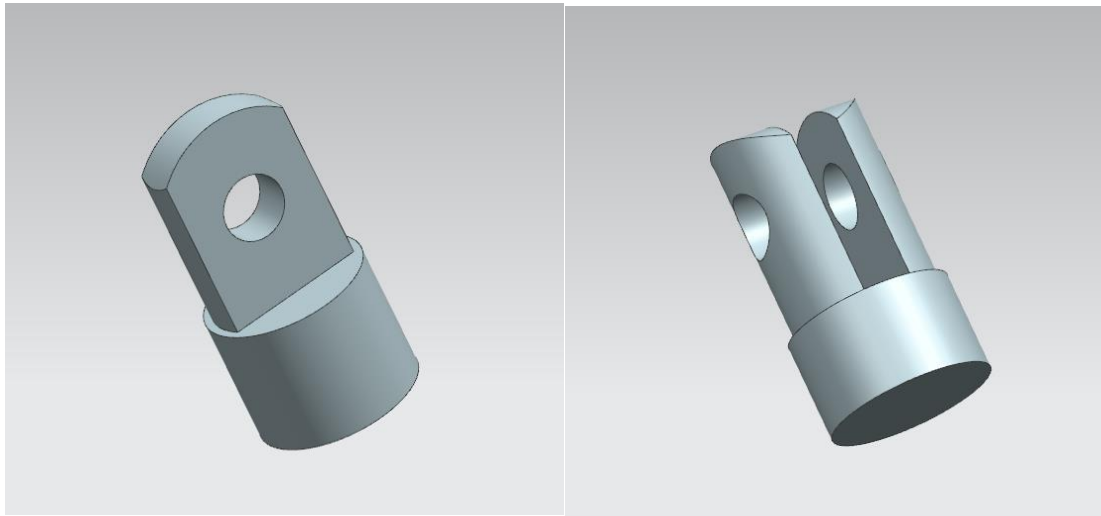


Figura 4-5 Parte inferior y parte superior de la articulación N°1

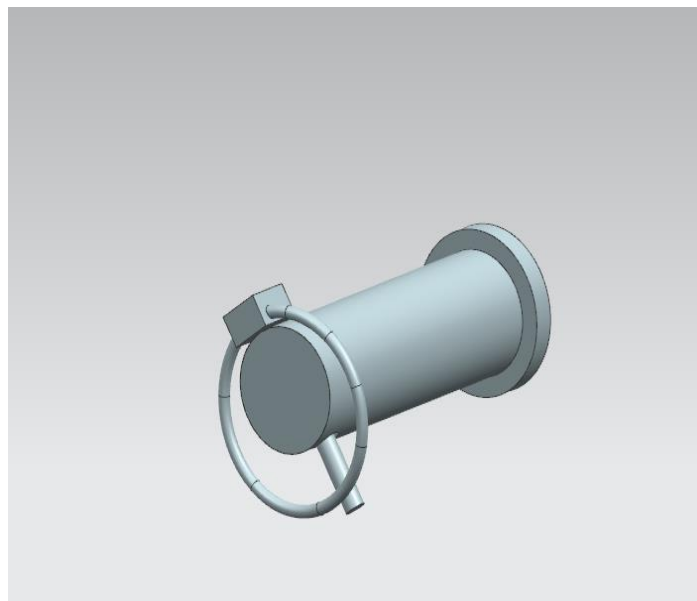


Figura 4-6 Perno de la base y pasador de la articulación N°1

4.3.3 Tubo

El tubo diseñado tiene un diámetro de 50 mm y 3 mm de espesor. En este están soldadas la Articulación N°1 y la Articulación N°2 (ver Figura 4-7). También, tiene soldada la argolla de los contrapesos (ver Figura 4-8).



Figura 4-7 Tubo

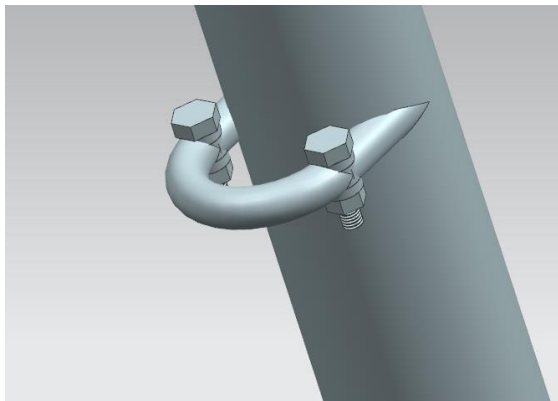


Figura 4-8 Visión general de la argolla de los contrapesos

La argolla de los contrapesos está formada por dos barras soldadas al tubo, que tienen dos agujeros mediante los cuales se coloca una argolla con dos tornillos y dos tuercas (ver Figura 4-9). Se diferencia con la actual en que el diámetro de la argolla es mayor.

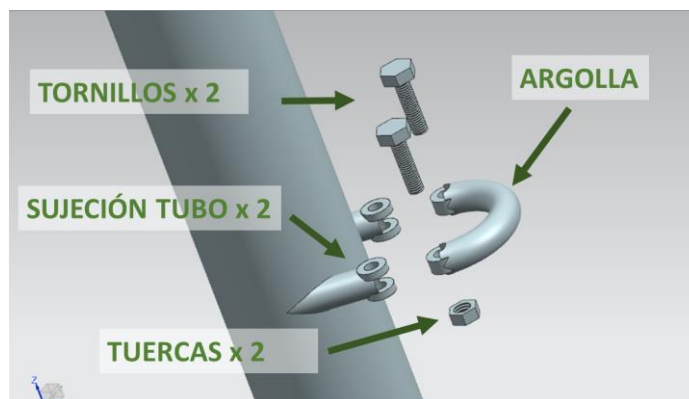


Figura 4-9 Despiece de la argolla de los contrapesos

4.3.4 Articulación N°2

Está compuesta por tres elementos principales de acero macizo de similares características a la articulación de la base. Estas son, un cilindro con roscado interior y dos piezas roscadas (ver Figura 4-10).

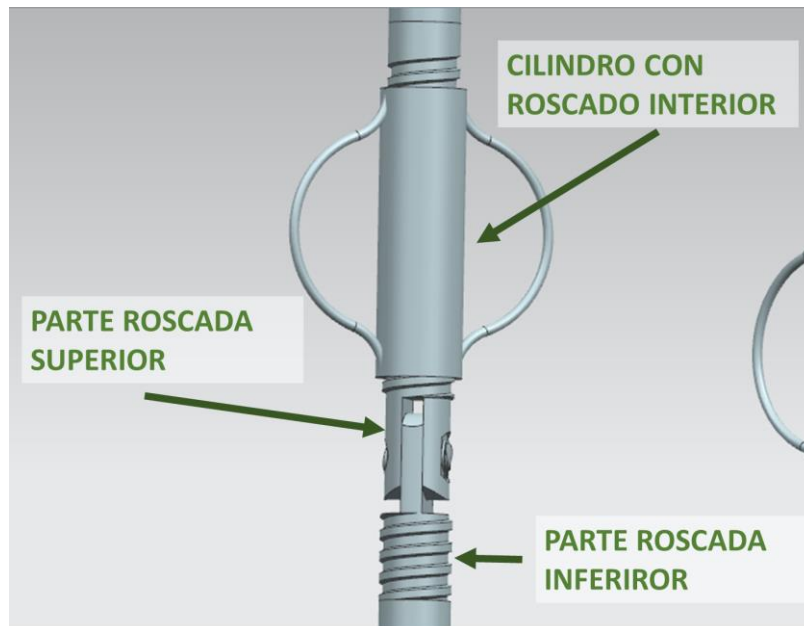


Figura 4-10 Vista general de la articulación roscada

La parte roscada superior e inferior (ver Figura 4-11) tienen un redondeo en la zona superior para que la articulación tenga mayor ángulo de giro. Ambas son macizas, tienen un roscado interior y se unen mediante un perno.

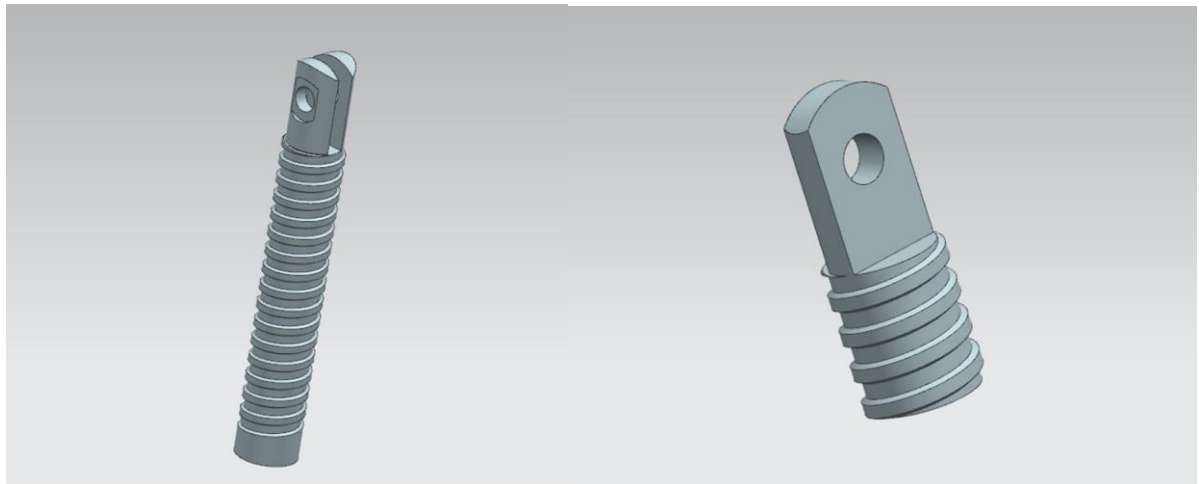


Figura 4-11 Parte roscada superior e inferior de la articulación N°2

Para poder restringir el grado de libertad de la articulación N°2, cuando esté en uso la guindola ,se hace uso de un cilindro con roscado interior (ver Figura 4-10). El roscado interior tiene los mismos diámetros, exterior e interior, y mismo paso que el de las parte superior e inferior roscada. De esta forma el cilindro puede desplazarse por estos girando el tubo mediante el uso de las asas laterales.

La parte superior roscada tiene una longitud de roscado mucho mayor. Esto es debido a que, antes de utilizar la guindola, el tubo roscado estará colocado en la roscado de la parte superior. Cuando se quiera restringir el grado de libertad de la articulación, girando el cilindro, se hace bajar hasta el final del recorrido (ver Figura 4-12 Tubo con roscado interior en la posición inferior).

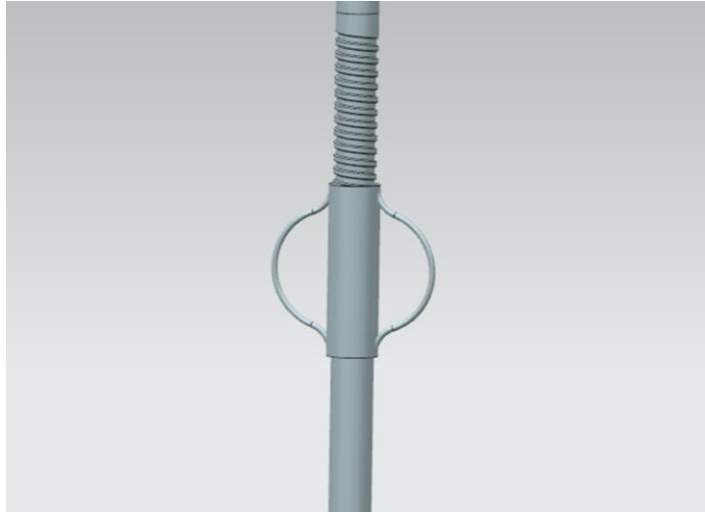


Figura 4-12 Tubo con roscado interior en la posición inferior

Para unir la articulación se ha usado un perno y un seeger (ver Figura 4-13). El perno tiene en ambos extremos forma redondeada, que se adapta a la parte exterior roscada, permitiendo que el tubo pueda bajar. Para que el perno no pueda salir de la articulación, se utiliza un seeger exterior, que también permite que pueda bajar el tubo (ver Figura 4-14).

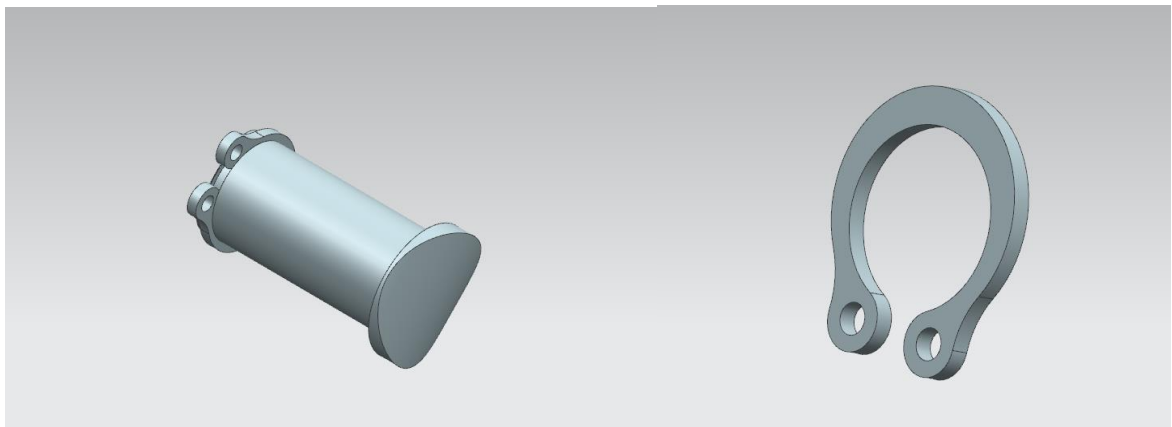


Figura 4-13 Perno de la articulación N°2 y el seeger

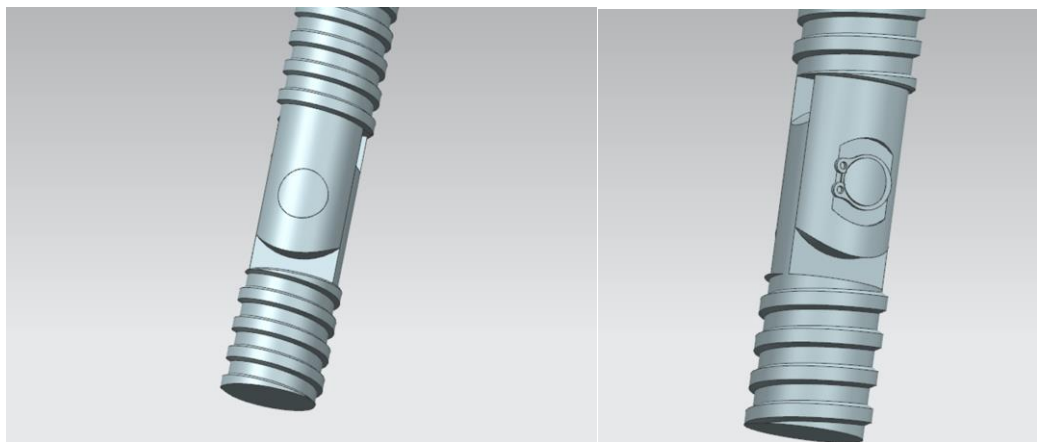


Figura 4-14 Vista de la articulación N°2 con el perno y el seeger

4.3.5 Tubo curvado

Tomando como base las guindolas de otras armadas, se ha diseñado una zona superior mediante tubos curvados la cual permite reducir el espacio ocupado por la guindola (ver Figura 4-15). Este tubo tiene 50 mm de diámetro y 3 mm de espesor. En la zona superior se le ha incorporado un agarre que los buceadores pueden utilizar para no perder el equilibrio.

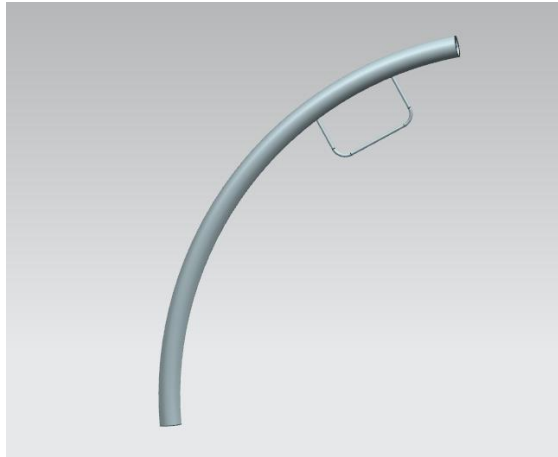


Figura 4-15 Tubo curvado

4.3.6 Articulación N°3

Formada por una articulación que esta soldada a cada tubo arqueado y se une al soporte de las argollas mediante un perno (ver Figura 4-16). Estas piezas son mazizas excepto los tubos arqueados.

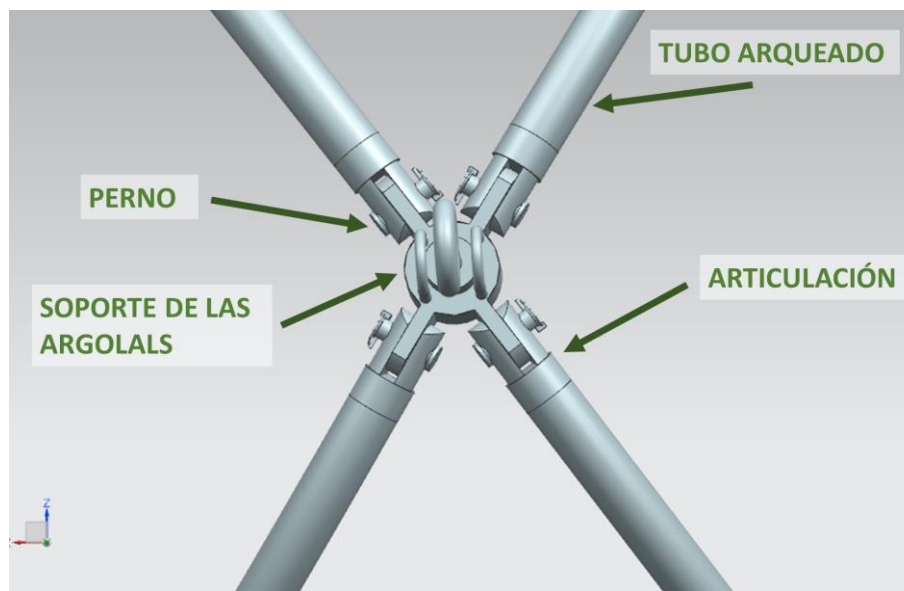


Figura 4-16 Articulación superior

El soporte de las argollas (ver Figura 4-17), soporta todo el peso de la guindola. De similares características a la utilizada en la actualidad, se mantiene una argolla principal con sus dos argollas de emergencia y se incorporan cuatro elementos salientes con agujeros que forman parte de la articulación superior.

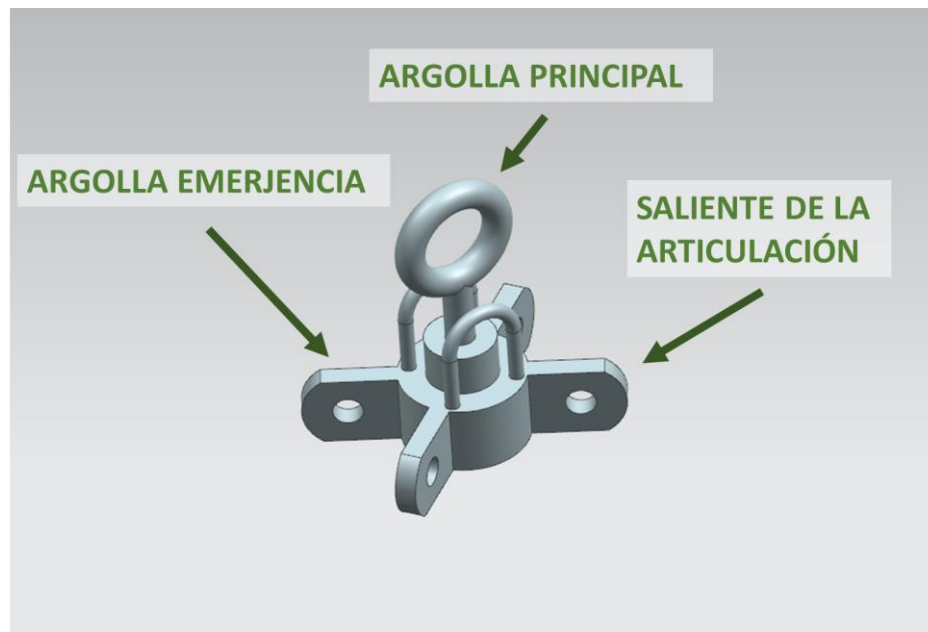


Figura 4-17 Soporte de las argollas

4.3.7 Tubo horizontal de apoyo a los buceadores

Esta barra está situada perpendicularmente a los dos tubos de sus extremos (ver Figura 4-18). Esta proporciona apoyo al buceador en los periodos de arriado e izado. Debido a los largos periodos de inmersión, los buceadores se apoyan en esta. Como mejora, se ha incorporado una pequeña chapa, la cual permite al buceador descansar el peso de las dos botellas que lleva en su espalda, haciendo que esté más cómodo. Para que sea capaz de soportar el peso, se ha soldado un nervio para que la chapa no se deforme (ver Figura 4-19).

El tubo horizontal posee dos agujeros en sus extremos en los cuales se encastran unos salientes que van soldados a los tubos, que mediante dos pasadores redondos queda fijo a la guindola. En el caso de querer desmontar la guindola, hay que retirar esta barra horizontal.

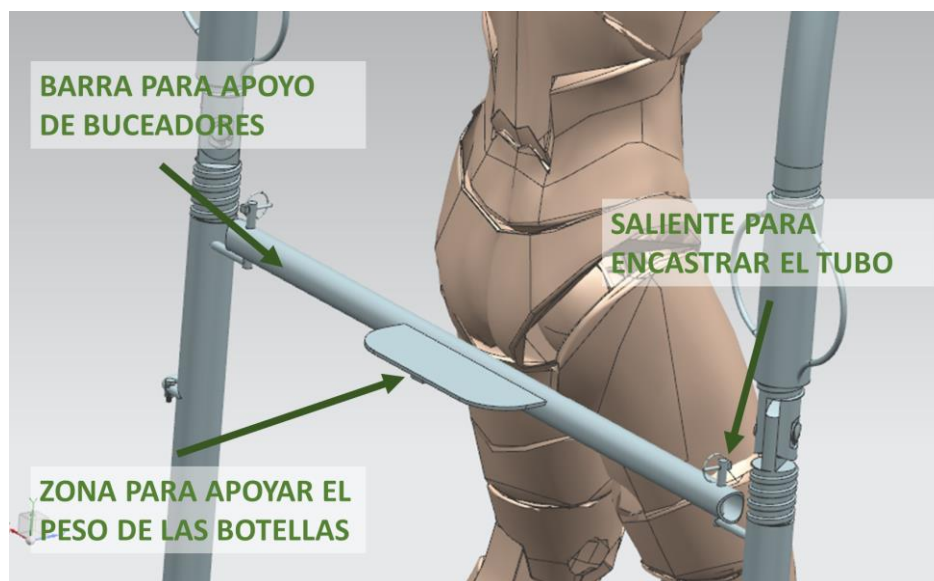


Figura 4-18 Tubo horizontal de apoyo

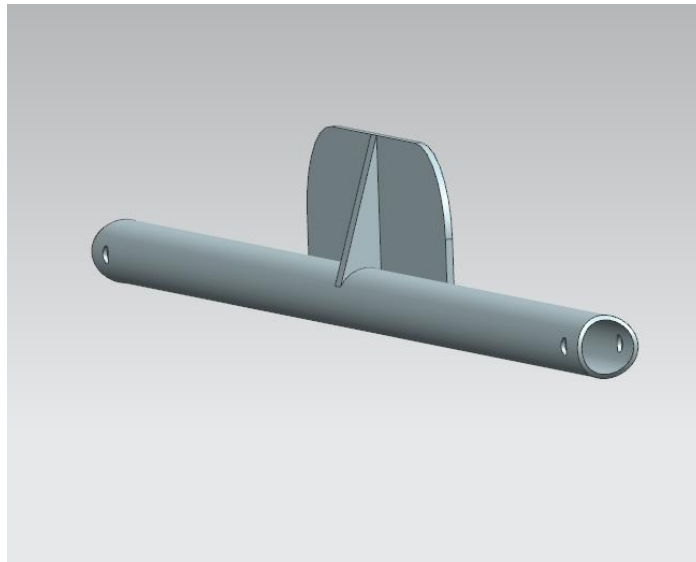


Figura 4-19 Nervio del tubo horizontal de apoyo

4.3.8 Caja de herramientas

Para ahorrar espacio en el interior de la guindola, la caja de herramientas se sustituirá por una bolsa como la de la Figura 2-4. De esta forma si es necesario almacenar material, la bolsa se puede hacer firme mediante un cabo al tubo horizontal de apoyo a los buceadores.

4.3.9 Zona contacto cable umbilical con guindola

Para reducir el rozamiento que pueda haber entre la guindola y el cable umbilical, se ha colocado un tubo soportado mediante dos salientes soldados a los tubos arqueados. Este tubo (ver Figura 4-20) tiene en su exterior un plástico que tiene un diámetro mayor que el del tubo permitiendo que gire libremente.

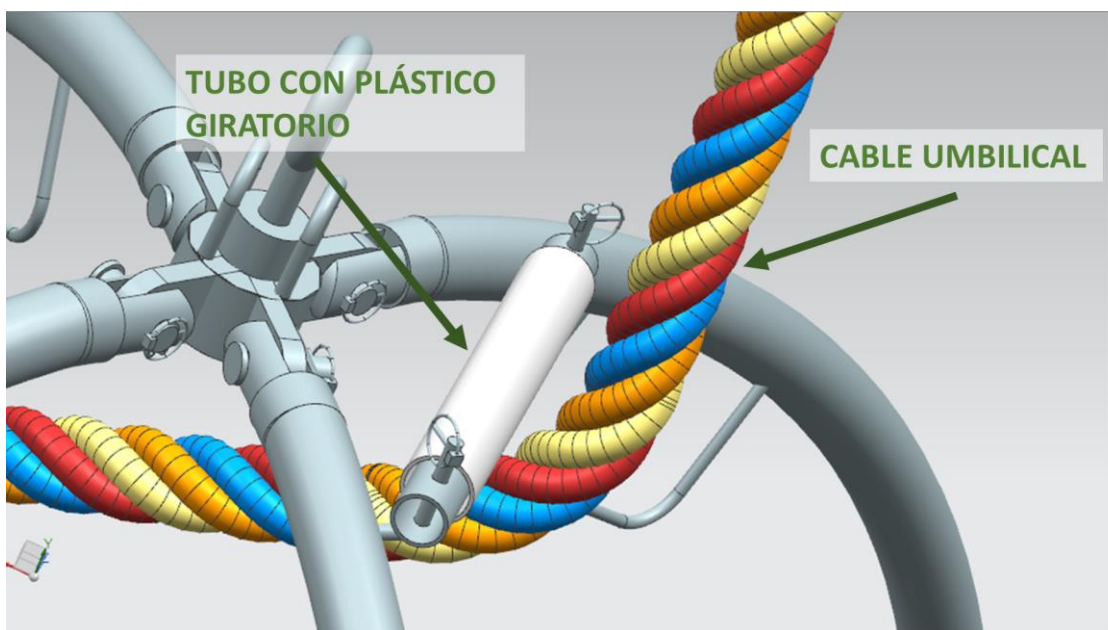


Figura 4-20 Tubo con plástico giratorio

4.3.10 Botellas de emergencia

La guindola posee dos botellas de emergencia de 18 l que están situadas en los extremos de la base (ver Figura 4-21). Hay un soporte en el cual se colocan las botellas (ver Figura 4-22) y mediante una hebilla como las utilizadas en los chalecos, queda firme a la estructura de la guindola (ver Figura 4-23).



Figura 4-21 Disposición de las botellas de emergencia

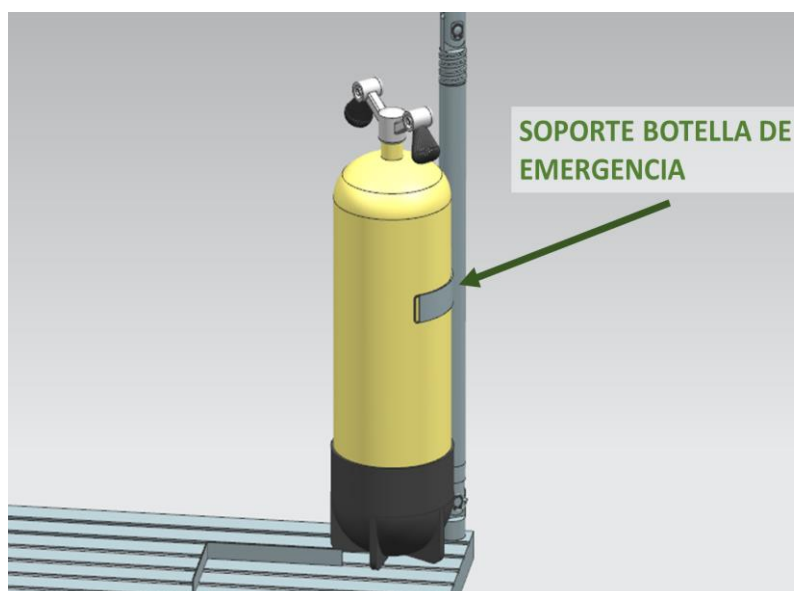


Figura 4-22 Soporte de las botellas emergencia



Figura 4-23 Hebilla para las botellas de emergencia

4.4 Mecanismo de Plegado

La guindola se puede plegar para que ocupe menos espacio en el buque, como se puede ver en la Figura 4-24. De esta forma la guindola reduce verticalmente su altura de los 2.15 m a los 95 cm. Para poder plegar la guindola se deben seguir los siguientes pasos:

- Quitar de la estructura el tubo con el plástico giratorio (ver Figura 4-20).
- Quitar las dos barras de apoyo horizontales de apoyo para los buceadores (ver Figura 4-18).
- Colocar los cuatro cilindros roscados en la parte roscada superior, como se puede ver en la Figura 4-10.

En el caso de que no se utilice la guindola durante un tiempo, se puede reducir el espacio de almacenamiento al mínimo quitando los pernos de cada articulación y desmontado todos los componentes.

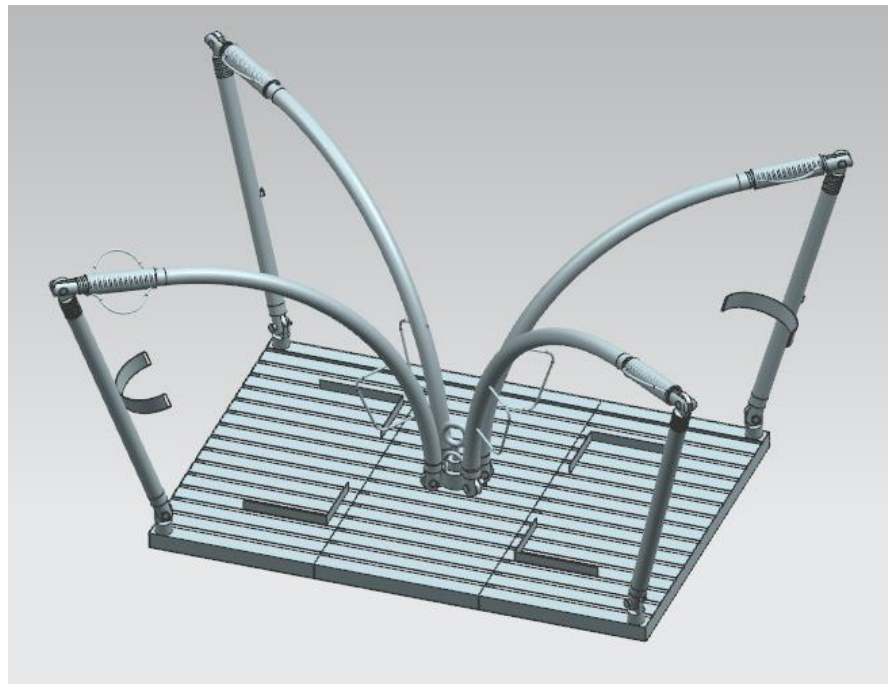


Figura 4-24 Guindola plegada

4.5 Recomendaciones de mantenimiento

Para poder hacer un uso correcto de la guindola y maximizar su vida operativa, deben realizarse los mantenimientos pertinentes:

- Al finalizar la inmersión, la guindola debe ser endulzada²⁰ con agua dulce, con especial cuidado en las articulaciones.
- Colocar regularmente en las articulaciones y zonas roscadas grasa mineral resistente al agua de mar. Esta grasa es utilizada en la Armada Española [42], en el Ejército de Tierra [43] y está recomendada por el Sargento Primero Dieguez Loureiro. Se caracteriza por su gran resistencia en ambientes marinos, adherencia y durabilidad en la superficie aplicada y no gotea, haciendo que no exista peligro de resbalar a causa de posibles manchas de grasa en la base.
- En los periodos que la guindola no va a ser utilizada, se debe almacenar en pañoles evitando que esta esté expuesta a las condiciones atmosféricas.

²⁰ Endulzar: En la práctica del buceo, quitar la sal que ha quedado adherida a un cuerpo mediante el uso de agua dulce.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Como conclusión principal, destacar que se han conseguido los objetivos marcados al principio del trabajo. A continuación, se explican las conclusiones más destacadas obtenidas:

- Se obtuvo un análisis de requerimientos para el nuevo diseño de la guindola satisfactorio. En el análisis realizado con la ayuda del personal de la dotación del “BSR Neptuno” y las fuentes bibliográficas utilizadas, han permitido comprender las nuevas necesidades y capacidades operativas que debe tener una guindola moderna y que cambios poder realizar en el diseño.
- Con la implementación de un tubo de plástico en la zona de contacto del cable umbilical con la guindola, se reduce en gran medida el rozamiento entre estos dos cuerpos. Para ello el tubo de plástico posee un diámetro mayor que el tubo de acero que está en su interior permitiendo que el tubo de plástico pueda girar libremente.
- Con el uso de articulaciones y el cilindro con roscado interior, se ha desarrollado un diseño de guindola que, en caso de querer reducir el espacio de almacenamiento, es capaz de plegarse o desmontarse por piezas reduciéndose considerablemente el volumen ocupado.
- Tras valorar la necesidad del uso de una caja de herramientas que esté soldada a la estructura de la guindola, se ha llegado a la conclusión de que esta no es necesaria. En todas las inmersiones no es necesario llevar la caja de herramientas y esta ocupa un espacio vital en el interior de la guindola. Por ello, se ha optado por hacer firme una bolsa a la guindola mediante un cabo, en la cual se depositarán las herramientas necesarias.
- El diseño ha sido optimizado teniendo en cuenta que la comodidad del buceador en los periodos de inmersión es primordial. Con esto, en la barra horizontal de apoyo a los buceadores se ha colocado una plancha de acero para que el buzo pueda descansar el peso de las dos botellas de 7 l sobre esta. También, se ha mejorado la posición de los agarres de las manos haciendo que estos sean accesibles y permitan tener una posición corporal confortable.
- Debido a la reducción de peso de 200 kg de la guindola actual a los 130 kg de la guindola propuesta, sería más fácil de operar por parte de la dotación haciendo que sea más segura.

En caso de tener condiciones meteorológicas adversas, un peso que oscila sobre un pescante puede ser muy peligroso pudiendo causar un accidente.

Finalmente, se pretende que este trabajo sirva como punto de partida para la construcción de una guindola que esté adaptada para operar en un futuro en buque de la Armada Española.

5.2 Líneas futuras

Como posible continuación y mejora de este proyecto se contemplan las siguientes posibilidades:

- Realizar un estudio para comprobar la resistencia de la guindola mediante el uso de un software informático que sea capaz de realizar un análisis por elementos finitos.
- Obtener un modelo en impresión 3D para comprobar que el diseño se puede plegar y desmontar Confirmando los resultados obtenidos en el software 3D.
- Estudiar la implementación de pintura foto luminiscente en las partes más importantes de la guindola mejorando la visibilidad y de esta forma incrementa la seguridad durante los periodos de inmersión.
- Realizar un estudio de los contrapesos necesarios dependiendo de las profundidades en la que se vayan a realizar las inmersiones.
- Desarrollar un nuevo sistema para arriar los contrapesos.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Molines Sifre, *Entrevista TN Rua Peñate y BG Nogueira*, Cartagena, 2018.
- [2] «flickr,» Armada Española, 8 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.flickr.com/photos/armadamde/39975894024/in/photostream/>. [Último acceso: 31 Enero 2019].
- [3] A. Española, «D-BC-01 (Doctrina de buceo en la Armada Española),» 2012.
- [4] «Centro de Buceo de la Armada,» Armada Española, 1996/2017. [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/conocenosorganizacion/prefLang-es/03Flota--03Flota-Fuerza-Accion-Maritima--05CentroBuceoArmada--00bienvenida-es>. [Último acceso: 31 Enero 2019].
- [5] «BSR Neptuno,» Armada Española, 1996/2017. [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquessuperficie/prefLang-en/11buques-auxiliares--01buque-de-salvamento-neptuno-a-20#Welcoming>. [Último acceso: 31 Enero 2019].
- [6] «Cooperación CBA Organismos Civiles,» Armada Española, 1996/2017. [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/conocenosorganizacion/prefLang-es/03Flota--03Flota-Fuerza-Accion-Maritima--05CentroBuceoArmada--04cooperacion-es>. [Último acceso: 31 Enero 2019].
- [7] «Escuela de Buceo de la Armada,» Armada Española, 1996/2017. [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/personalescuelas/prefLang-es/13cba--01bienvenida-es>. [Último acceso: 31 Enero 2019].
- [8] «Noticias de la Armada,» Armada Española, 30 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/conocenosnoticias/prefLang-es/00noticias--2016--09--NT-174-NEPTUNO-es;jsessionid=3DmVhFjcTH3JWhc2LQMpJGZHxYpTRDTCM59PhWRcvl549MVEnv>

- 42!1562788199?_selectedNodeID=2757085&_pageAction=selectIt. [Último acceso: 31 Enero 2019].
- [9] «HELIX ENERGY SOLUTIONS,» HELIX, [En línea]. Available: <http://www.helixesg.com/httphelixesgcomsubsea-contractingcanyon-offshore/rov-trenching-systems/scorpion/>. [Último acceso: 31 Enero 2019].
 - [10] «sub-Atlantic,» 12 Mayo 2008. [En línea]. Available: https://www.f-e-t.com/images/uploads/data-sheets/1_ROV_Navajo_180908rev2.pdf. [Último acceso: 12 Febrero 2019].
 - [11] «Pinterest,» [En línea]. Available: <https://www.pinterest.ca/pin/541346817692711556/>. [Último acceso: 27 12 2018].
 - [12] A. Española, «Sistemas de Buceo,» Cartagena, 2000.
 - [13] J. Molines Sifre, *Visita "BSR Neptuno"*, Cartagena, 2018.
 - [14] T. J. Rua Peñate, *Correo N°2 TN Rua Peñate*, Cartagena, 2019.
 - [15] «Modern Diving Bells and Chambers,» [En línea]. Available: <http://www.divingheritage.com/bells.htm>. [Último acceso: 31 Enero 2019].
 - [16] J. Peñuelas, «Revista Naval,» 17 Noviembre 2011. [En línea]. Available: <http://www.revistanaval.com/galeria/4-2006-12-02-cartago-06>. [Último acceso: 2019 Enero 2].
 - [17] IHC, «IHC,» [En línea]. Available: https://www.royalihc.com/-/media/royalihc/about-us/business-units/ihc-hytech/02_Datasheets/08_Handling_Systems/Wet%20bell%20%20diver%20handling%20syste. [Último acceso: 28 12 2018].
 - [18] SMP, «SMP LTD Comercial Diving Equipment,» [En línea]. Available: <http://www.smp-ltd.com/product/productid/1973/productname/Wet-Bell-LARS-With-Control-Cabin-and-Mixed-Gas-Panel/>. [Último acceso: 20 Enero 2019].
 - [19] «AMERICA'S NAVY FORGED BY THE SEA,» US NAVY, 30 Agosto 2015. [En línea]. Available: https://www.navy.mil/view_image.asp?id=203446. [Último acceso: 22 Enero 2019].
 - [20] «AMERICA'S NAVY FORGED BY THE SEA,» US Navy, 28 Marzo 2017. [En línea]. Available: https://www.navy.mil/view_image.asp?id=234299. [Último acceso: 10 Febrero 2019].
 - [21] «AMERICA'S NAVY,» US NAVY, 24 Enero 2018. [En línea]. Available: https://www.navy.mil/view_image.asp?id=254946. [Último acceso: 10 Febrero 2019].
 - [22] «AMERICA'S NAVY FORGED BY THE SEA,» US NAVY, 18 Julio 2018. [En línea]. Available: https://www.navy.mil/view_image.asp?id=264474. [Último acceso: 10 Febrero 2019].
 - [23] «AMERICA'S NAVY FORGED BY SEA,» US NAVY, 18 Julio 2018. [En línea]. Available: https://www.navy.mil/view_image.asp?id=264639. [Último acceso: 11 Febrero 2019].

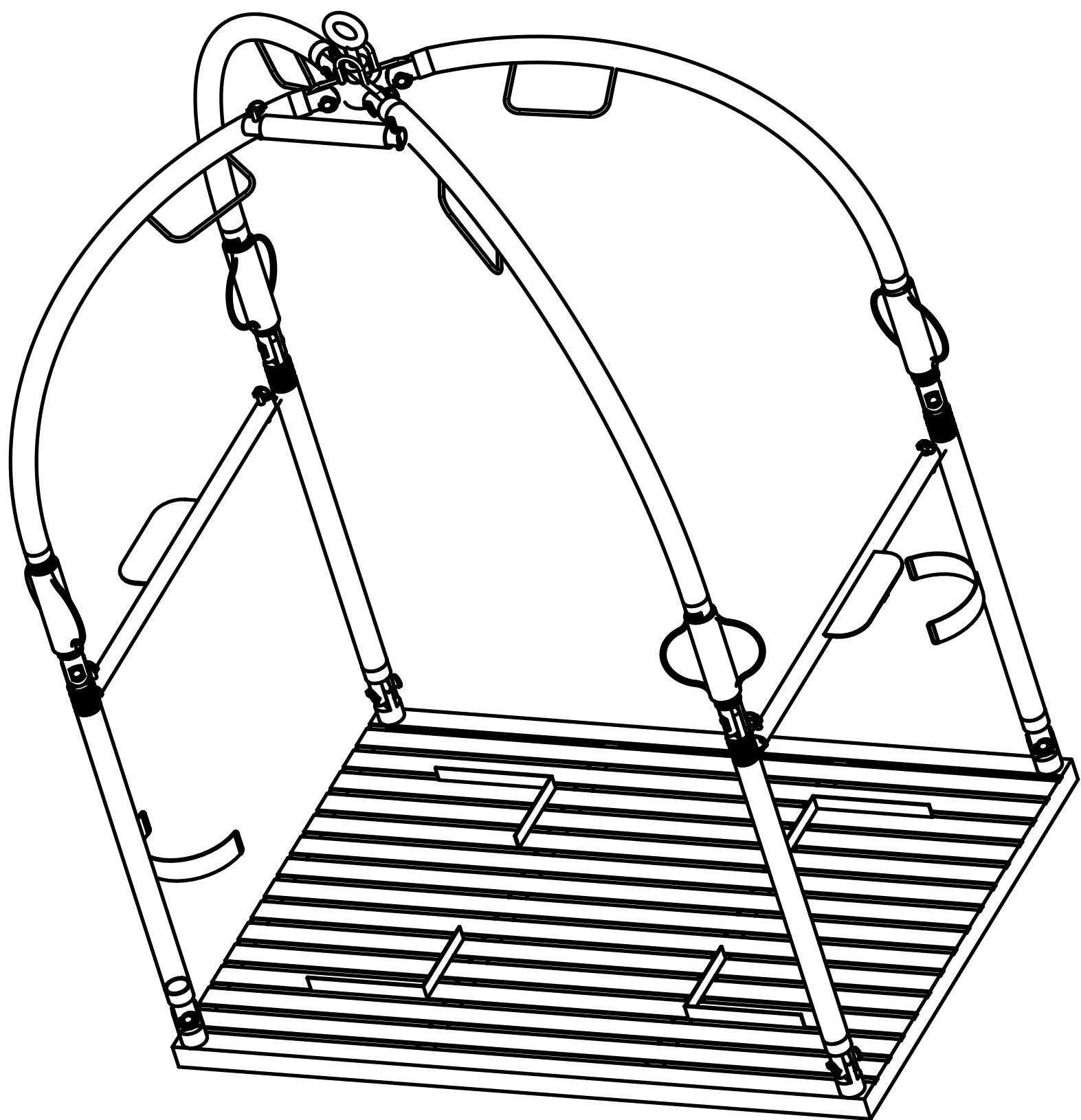
- [24] A. Fiaschetti, DIFENSA ONLINE, 17 Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://en.difesaonline.it/evidenza/approfondimenti/palombari-e-incursori-gli-operativi-di-comsubin>. [Último acceso: 12 Febrero 2019].
- [25] «Marinha,» Marina Portuguesa, [En línea]. Available: https://www.marinha.pt/pt/os_meios/mergulhadores. [Último acceso: 12 Febrero 2019].
- [26] «Wikipedia,» US NAVY, 22 Julio 2010. [En línea]. Available: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:US_Navy_100722-N-2831C-005_Navy_Diver_2nd_Class_Matthew_Wilson,_assigned_to_Company_2-6_of_Mobile_Diving_and_Salvage_Unit_\(MDSU\)_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:US_Navy_100722-N-2831C-005_Navy_Diver_2nd_Class_Matthew_Wilson,_assigned_to_Company_2-6_of_Mobile_Diving_and_Salvage_Unit_(MDSU)_2.jpg). [Último acceso: 28 12 2018].
- [27] «Apdiving,» Apdiving, [En línea]. Available: <https://www.apdiving.com/fr/bcds/militarycommercial/>. [Último acceso: 12 Febrero 2019].
- [28] «Ansell,» VIKINGS DIVE, [En línea]. Available: <http://protective.ansell.com/en/Products/Viking/Hot-Water-Suits/Viking-HWS-MK-2/>. [Último acceso: 22 Enero 2019].
- [29] VIKING, «ANSELL,» [En línea]. Available: http://protective.ansell.com/Global/Protective-Products/Viking/Viking%20Suit%20Charts/Suit_Chart_Viking_Trilaminate_drysuits_1804_ENG.pdf. [Último acceso: 22 Enero 2019].
- [30] VIKING, «ANSELL,» [En línea]. Available: http://protective.ansell.com/Global/Protective-Products/Viking/Manuals/Dry%20Suit%20Owners%20Manual/Viking_manual_ENG_1504-2_LOW.pdf. [Último acceso: 15 ENE 2019].
- [31] VIKING, «Ansell,» [En línea]. Available: http://protective.ansell.com/Global/Protective-Products/Viking/Product%20Sheets/Product_Sheet_Viking_Footwear_1807_LOW.pdf. [Último acceso: 22 Enero 2019].
- [32] «DEBUCEO,» [En línea]. Available: <https://debuceo.org/chalecos/>. [Último acceso: 22 Enero 2019].
- [33] «Marine VIsion,» [En línea]. Available: http://www.marinevision.es/es/diving-pro/kirby/helmet_sl27.html. [Último acceso: 21 Enero 2019].
- [34] J. Molines Sifre, *Correo electrónico TN Rua Peña*, Marín, 2019.
- [35] A. Española, «Armada Española,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/multimedialgaleria/prefLang-en/14unidadesdebuceo>. [Último acceso: 10 Enero 2019].
- [36] A. Española, «Armada Española,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/ShowBinaryServlet?nodePath=/BEA%20Repository/Desktops/Portal/ArmadaEspañola/Pages/buquessuperficie/11buques-auxiliares/01buque-de-salvamento-neptuno-a-20/01buque-de-salvament-neptuno-a-20-en/img05neptu//imagen&scale=>. [Último acceso: 24 Enero 2019].
- [37] A. Española, «Cronica Balear,» [En línea]. Available: https://www.google.com/search?q=buque+neptuno&rlz=1C1CHBH_esES718ES718&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjP4--

VoYbgAhWSERQKHV77A1gQ_AUIDigB&biw=1366&bih=657#imgsrc=eHxHHoM_cKrN9M:.. [Último acceso: 24 Enero 2019].

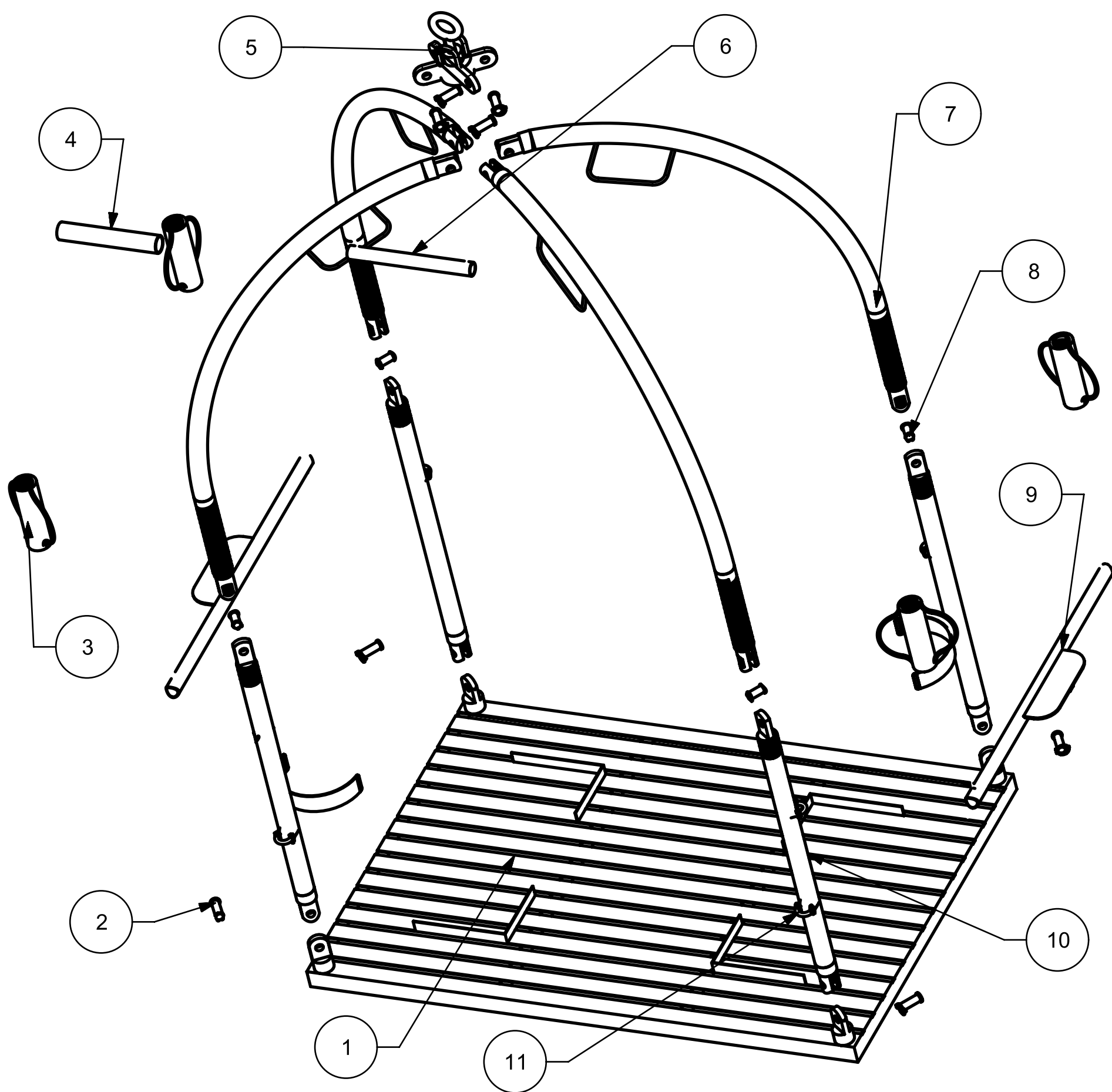
- [38] J. Molines Sifre, *Correo electrónico BG Nogueira*, Marín, 2019.
- [39] E. Nogueira, *Estachas contrapeso y botella de emergencia*, Cartagena, 2018.
- [40] A. D. A. L. D. CARTAGENA, «Certificado de Pruebas de Carga,» Cartagena, 2017.
- [41] C. y. eslingas, Chiclana, 2016.
- [42] «NKS,» NKS, 2017. [En línea]. Available: <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-316/>. [Último acceso: 30 Febrero 2019].
- [43] A. León Manero, «Pliego de prescripciones para la adquisición de aceites, lubricates y productos especiales para la Armada,» Armada Española, Madrid, 2014.
- [44] J. M. López López, «Pliego de prescripciones técnicas,» Ejercito de Tierra, Córdoba, 2018.

ANEXO I: PLANOS

En el siguiente anexo se adjuntan los planos correspondientes al diseño de guindola propuesto.



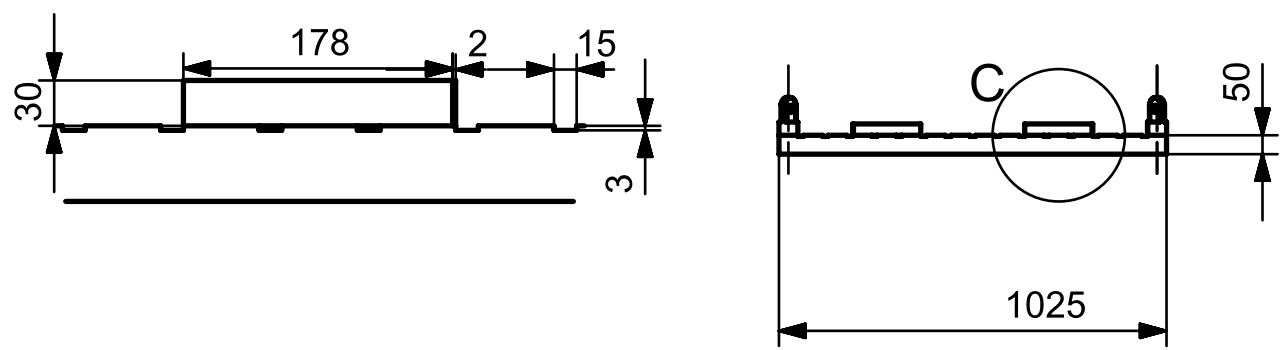
Dibujado	José Molines Sifre		Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes			
Escala: 1:10	Formato: A3	Nº Lámina: 1	Título: Croquis	 



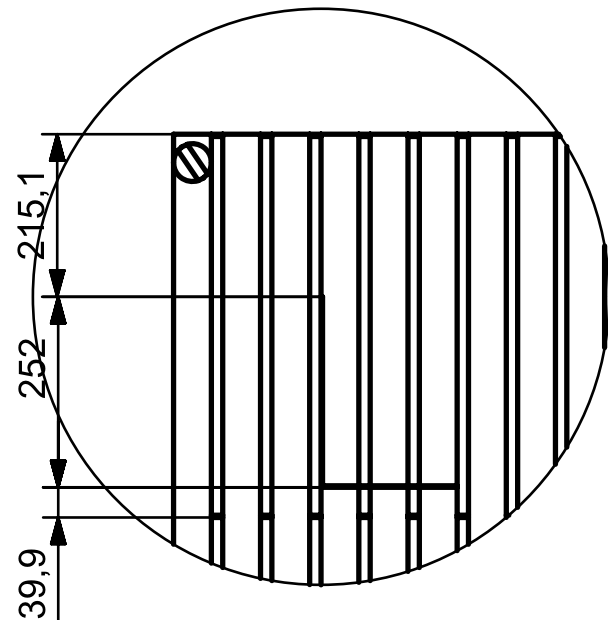
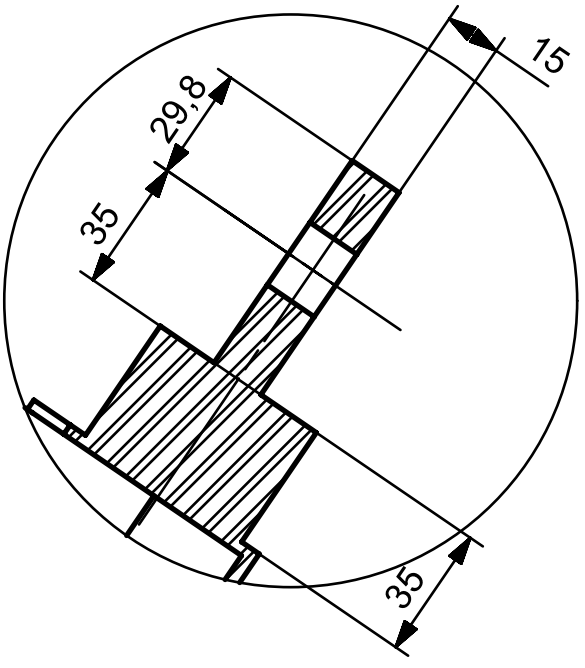
Número	Pieza	Cantidad
1	Base	1
2	Perno de la base	8
3	Tubo con roscado interior	4
4	Tubo de plástico	1
5	Soporte superior	1
6	Tubo de contacto con el cable umbilical	1
7	Tubo arqueado	4
8	Seeger	4
9	Tubo de apoyo para los buceadores	2
10	Tubo recto	4
11	Argolla del contrapeso	4

Dibujado	José Molines Sifre		Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes			
Escala: 1:10	Formato: A3	Nº Lámina: 2	Título: Explosionado	 

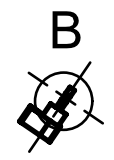
DETALLE C
ESCALA 1:5



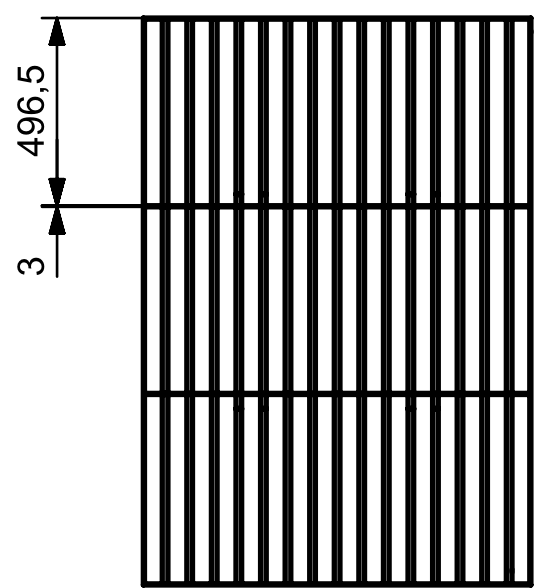
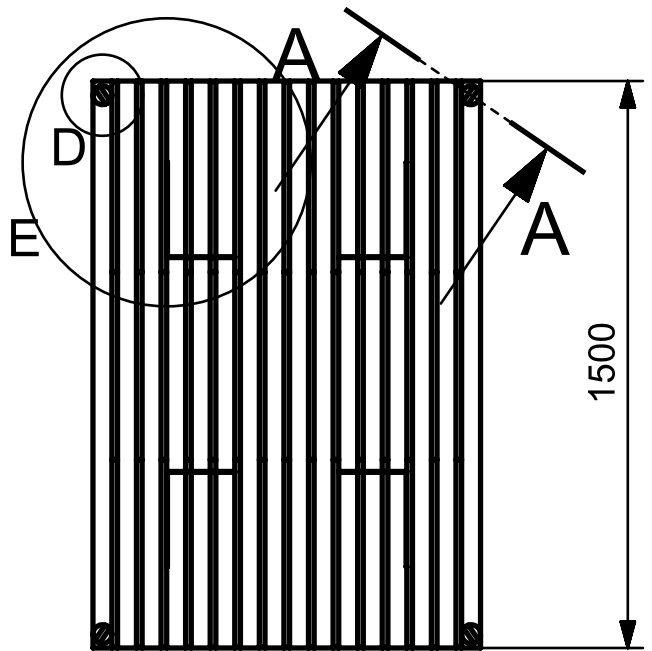
DETALLE B
ESCALA 1:2



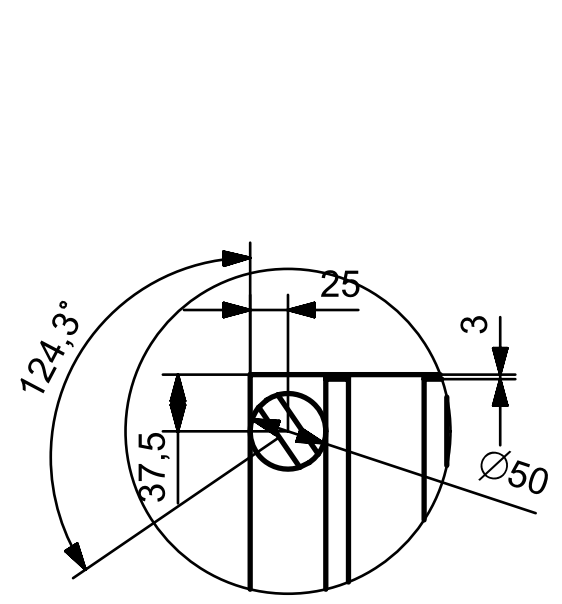
DETALLE E
ESCALA 1:10

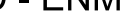


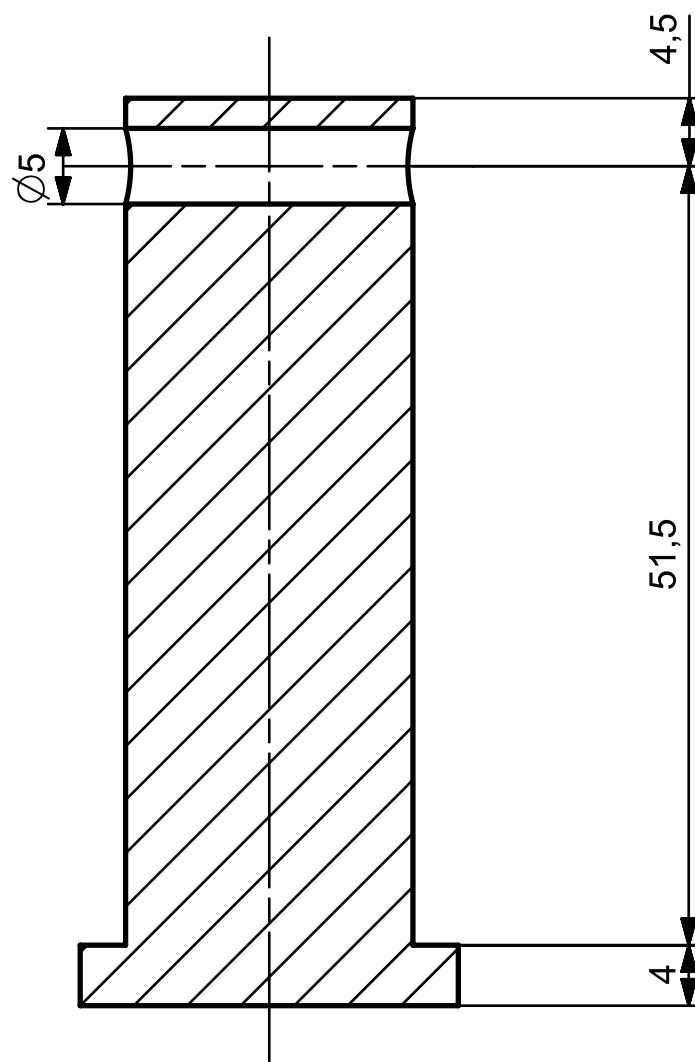
SECCIÓN A-A



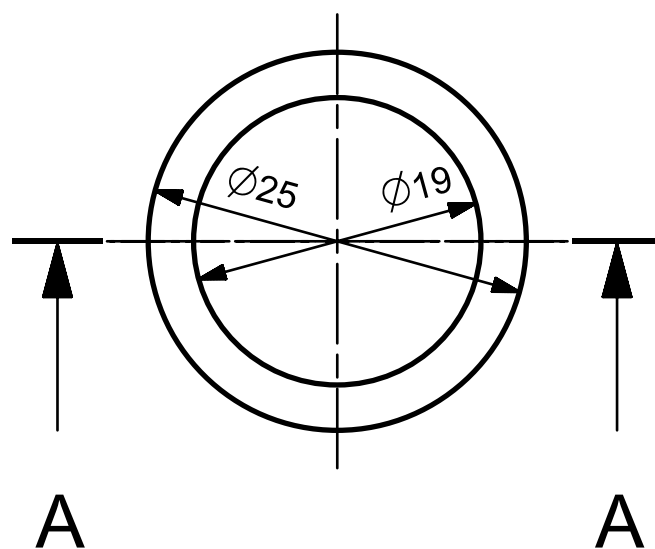
DETALLE D
ESCALA 1:5



Dibujado	José Molines Sifre		Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes			
Escala: 1:20	Formato: A3	Nº Lámina: 3	Título: Base	 

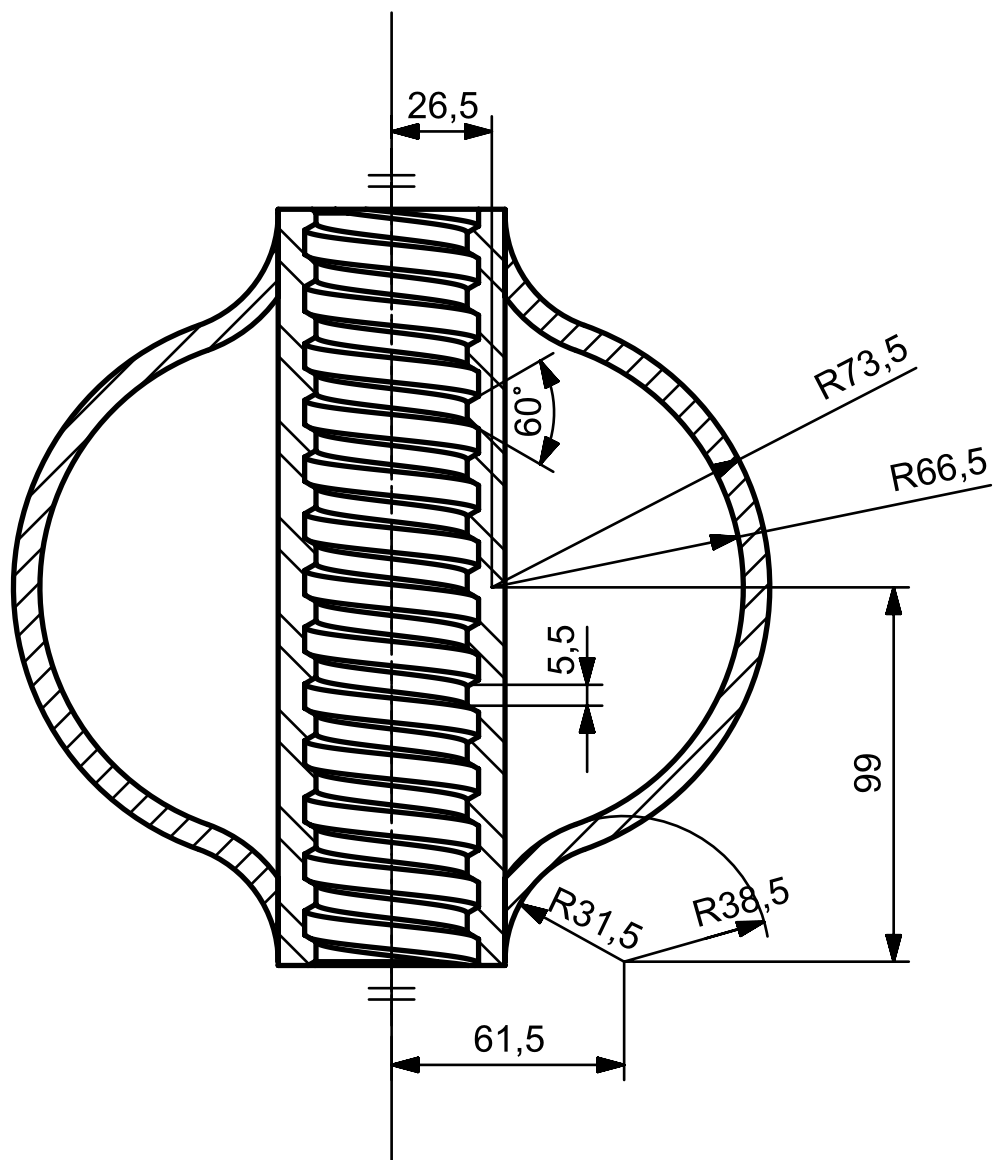


SECCIÓN A-A

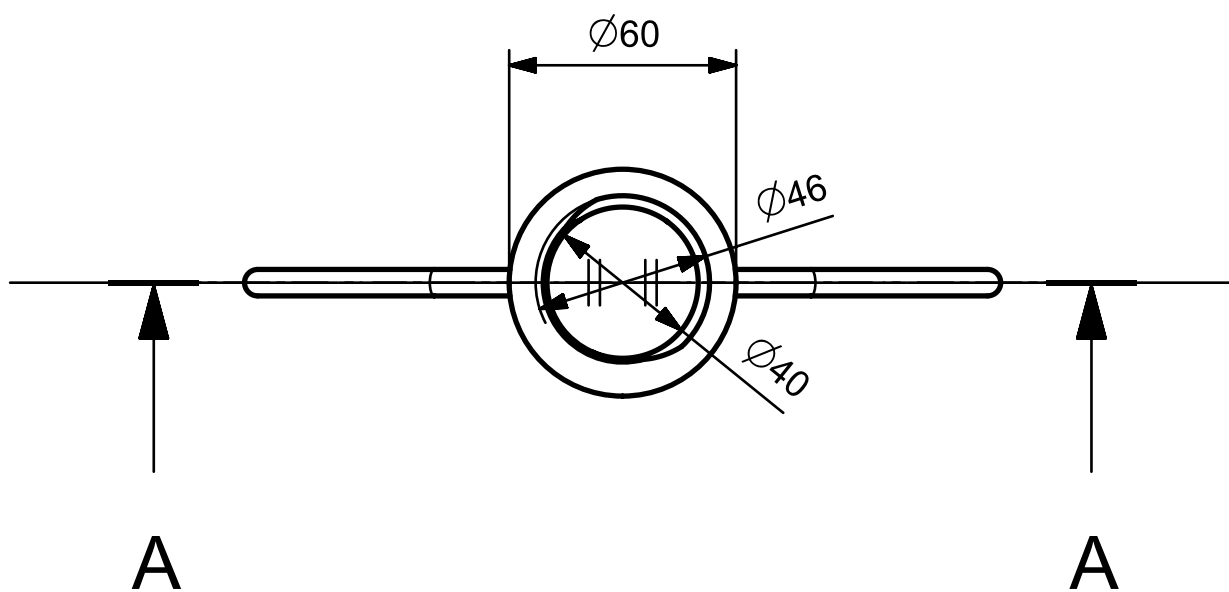


Dibujado	José Molines Sifre	Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes		
Escala: 2:1	Formato: A4	Nº Lámina: 4	Título: Perno de la base





SECCIÓN A-A

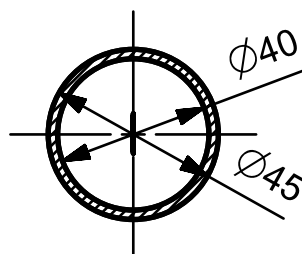
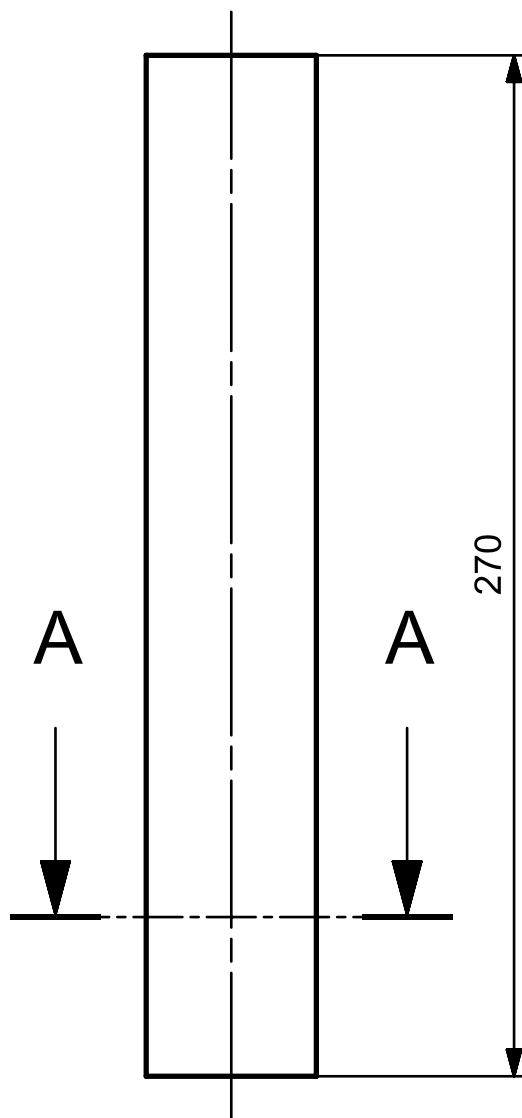


A

A

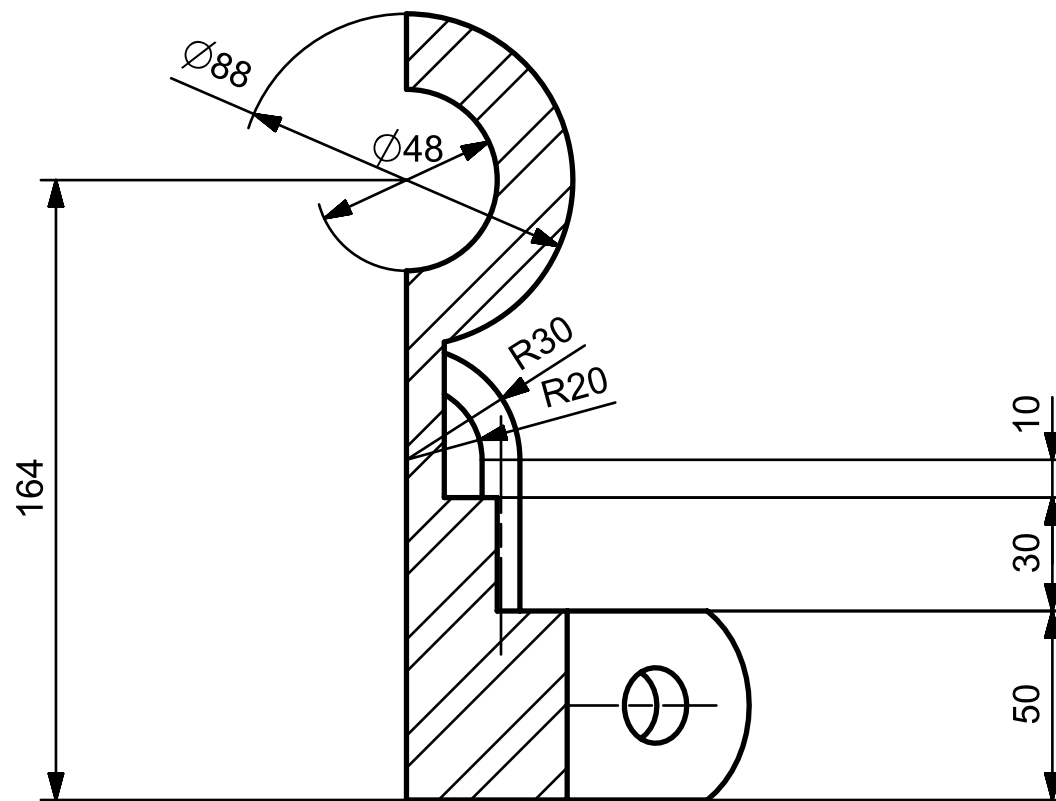
Dibujado	José Molines Sifre	Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes		
Escala: 1:2	Formato: A4	Nº Lámina: 5	Título: Cilindro con roscado interior



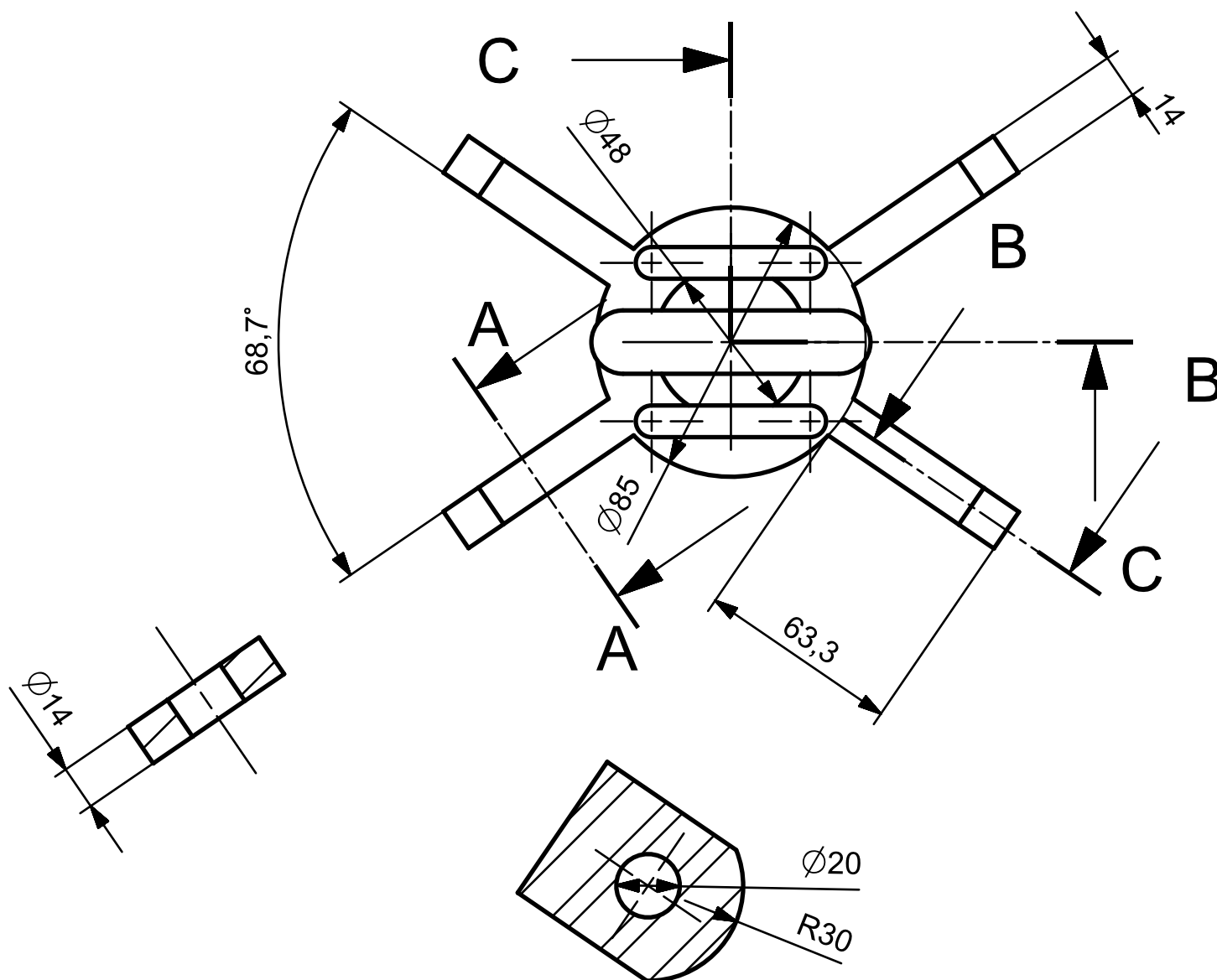


SECCIÓN A-A

Dibujado	José Molines Sifre	Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes		
Escala: 1:2	Formato: A4	Nº Lámina: 6	Título: Tubo de plástico
			



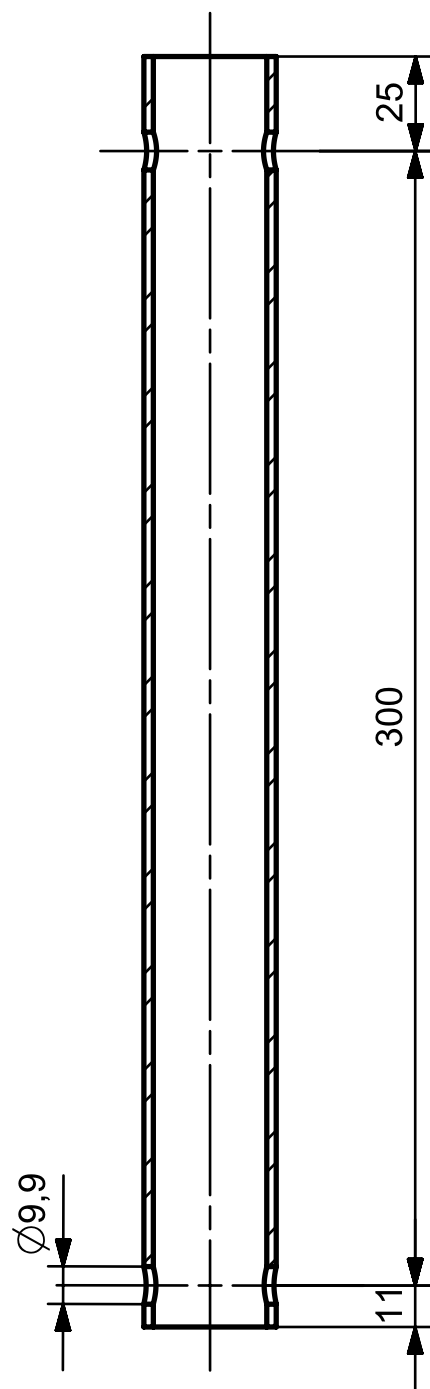
SECCIÓN C-C



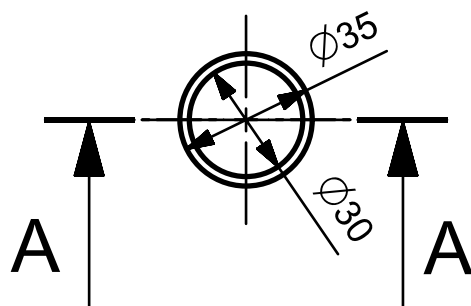
SECCIÓN A-A

SECCIÓN B-B

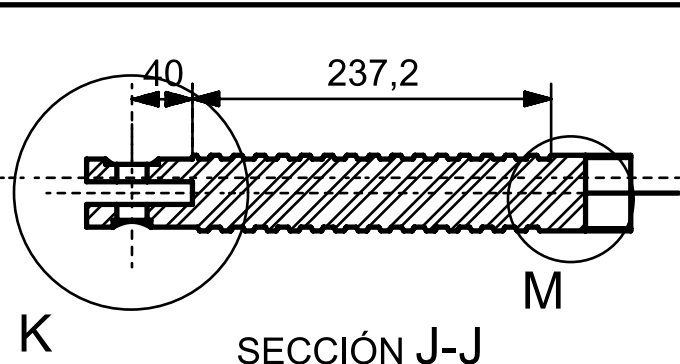
Dibujado	José Molines Sifre	Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes		
Escala: 1:2	Formato: A3	Nº Lámina: 7	Título: Soporte superior
		 	



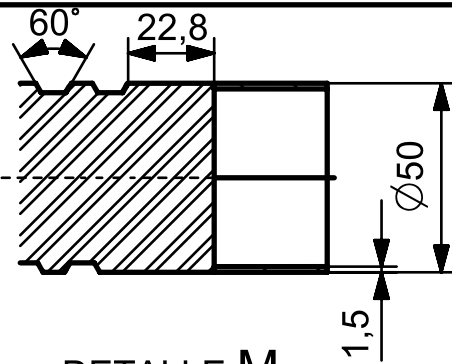
SECCIÓN A-A



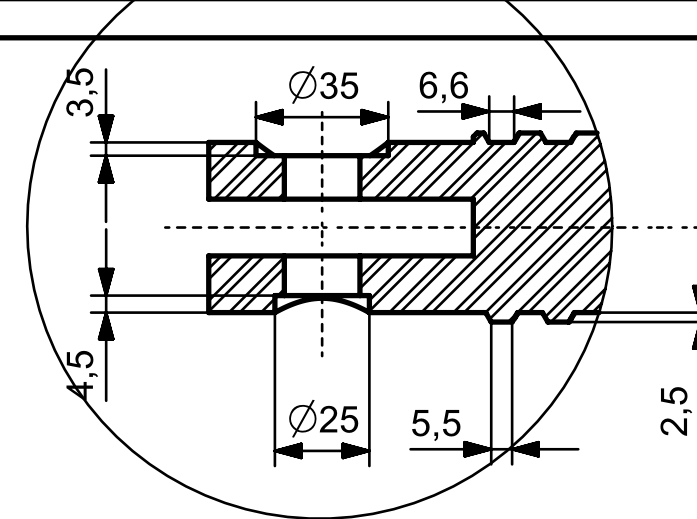
Dibujado	José Molines Sifre	Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes		
Escala: 1:2	Formato: A4	Nº Lámina: 8	Título: Tubo de plástico giratorio
			



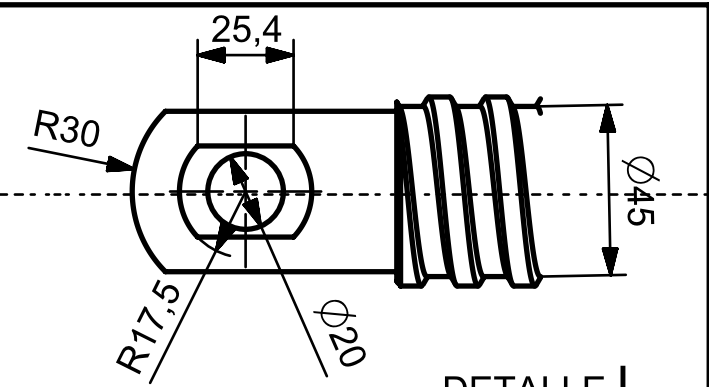
SECCIÓN J-J



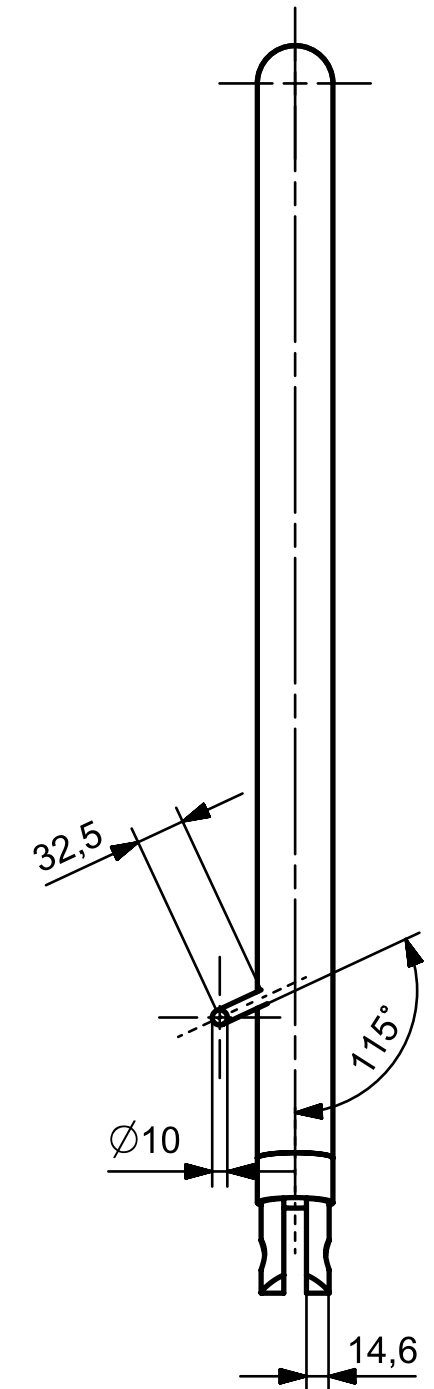
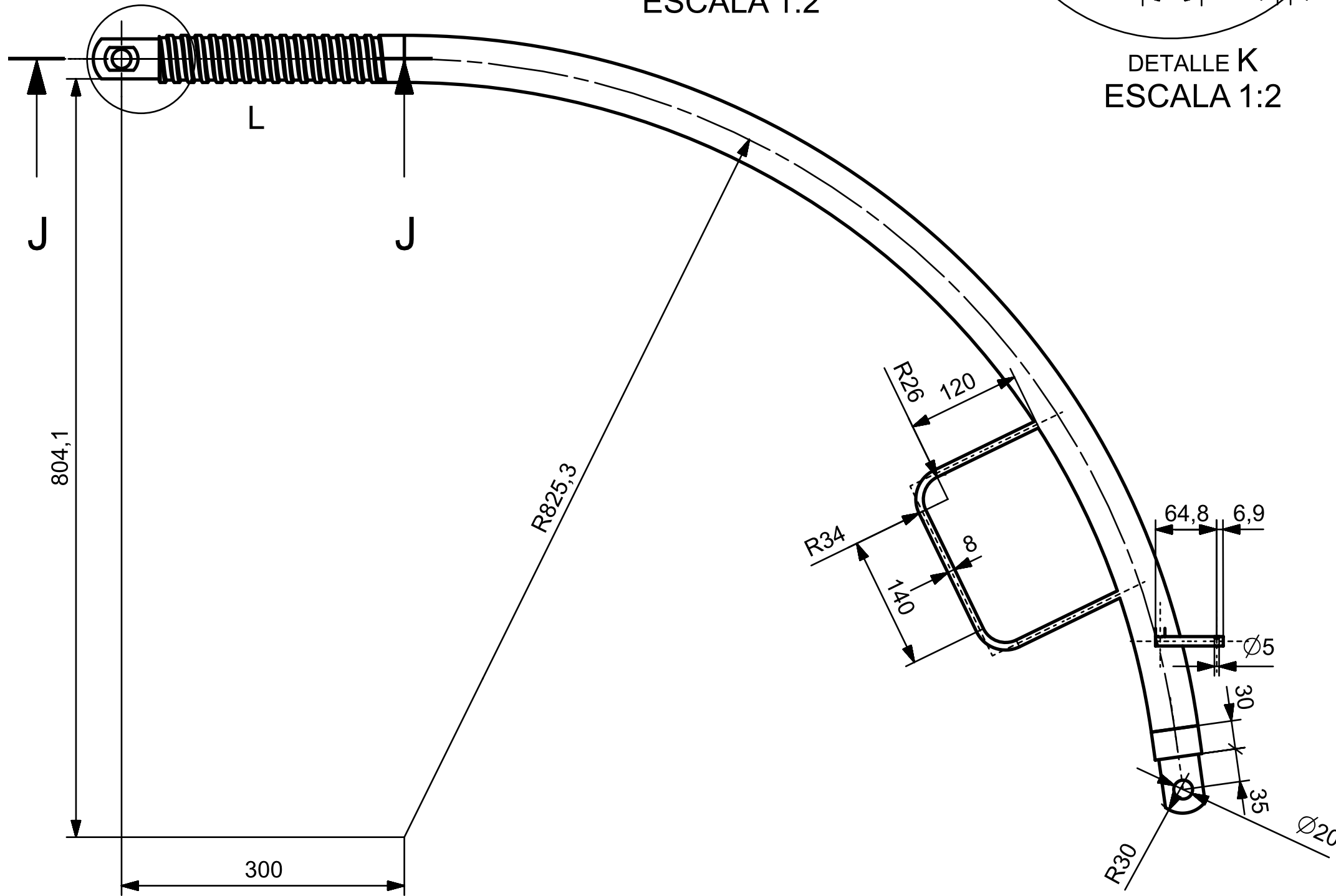
DETALLE M
ESCALA 1:2



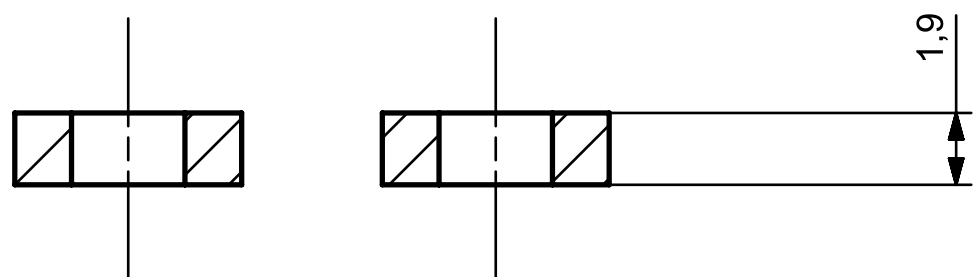
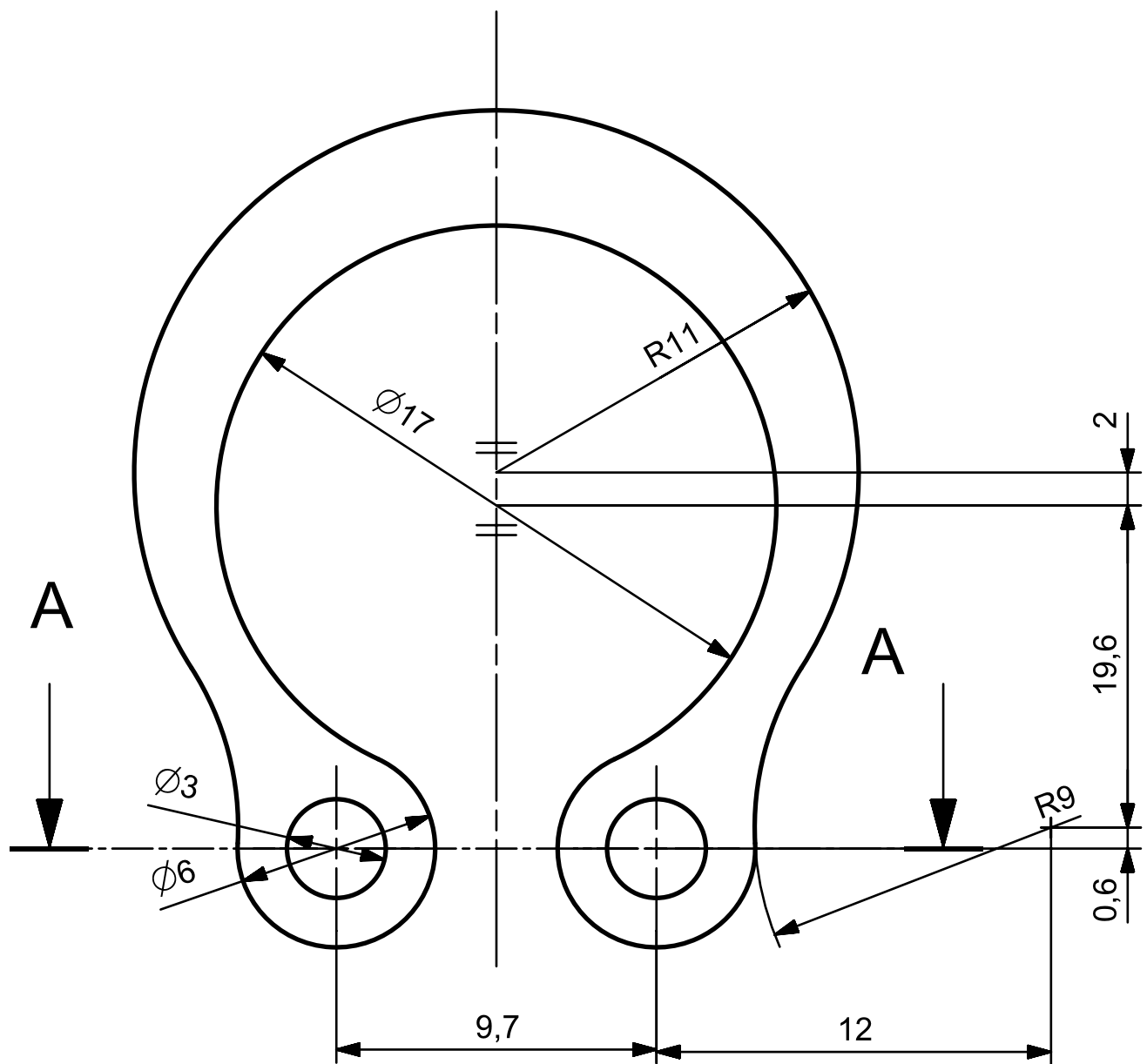
DETALLE K
ESCALA 1:2



DETALLE L
ESCALA 1:2

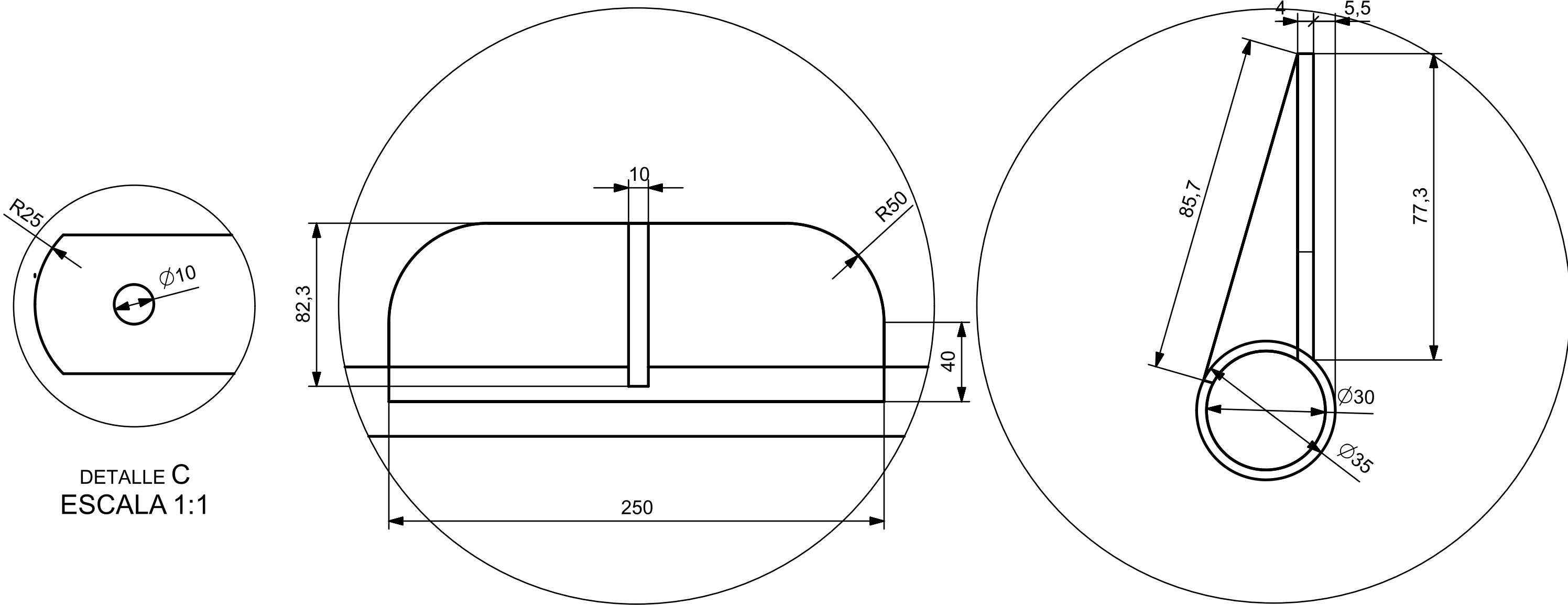


Dibujado	José Molines Sifre		Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes			
Escala: 1:5	Formato: A3	Nº Lámina: 9	Título: Tubo curvado	 



SECCIÓN A-A

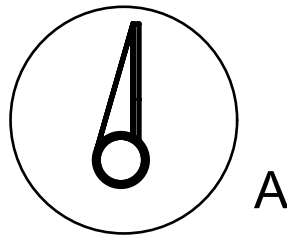
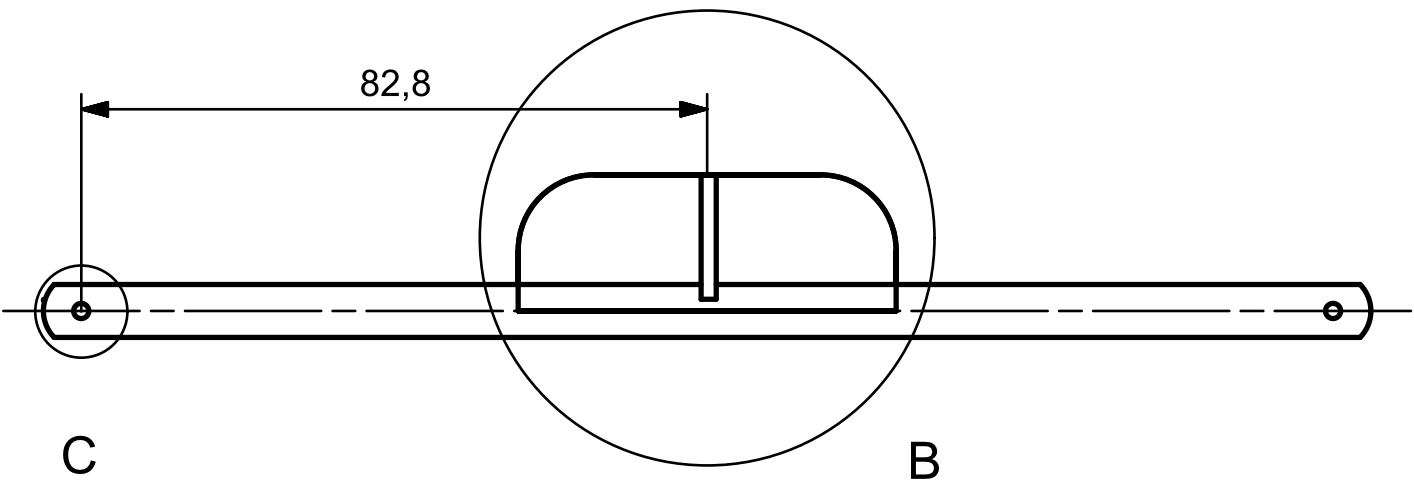
Dibujado	José Molines Sifre	Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes		
Escala: 5:1	Formato: A4	Nº Lámina: 10	Título: Seeger
			



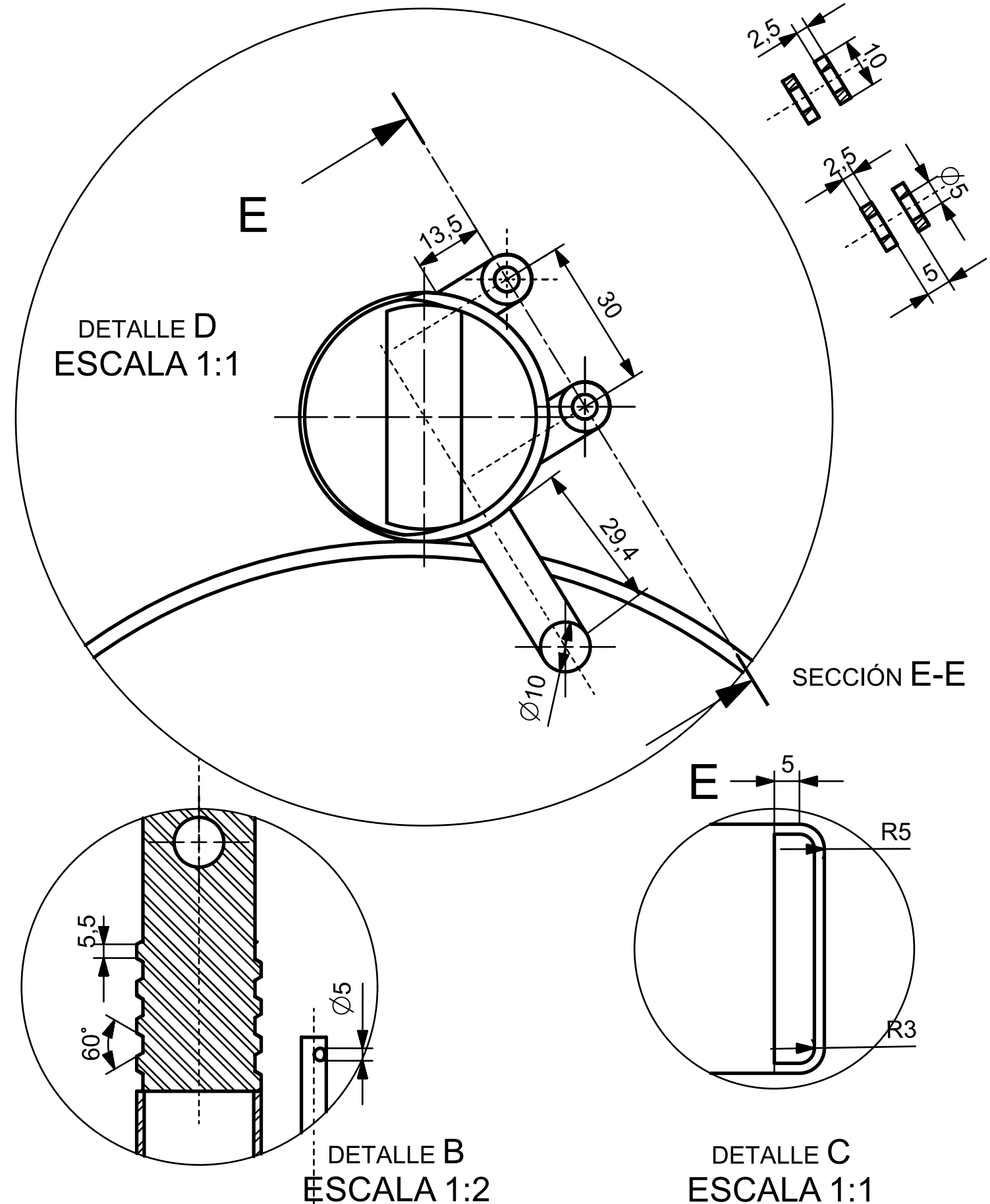
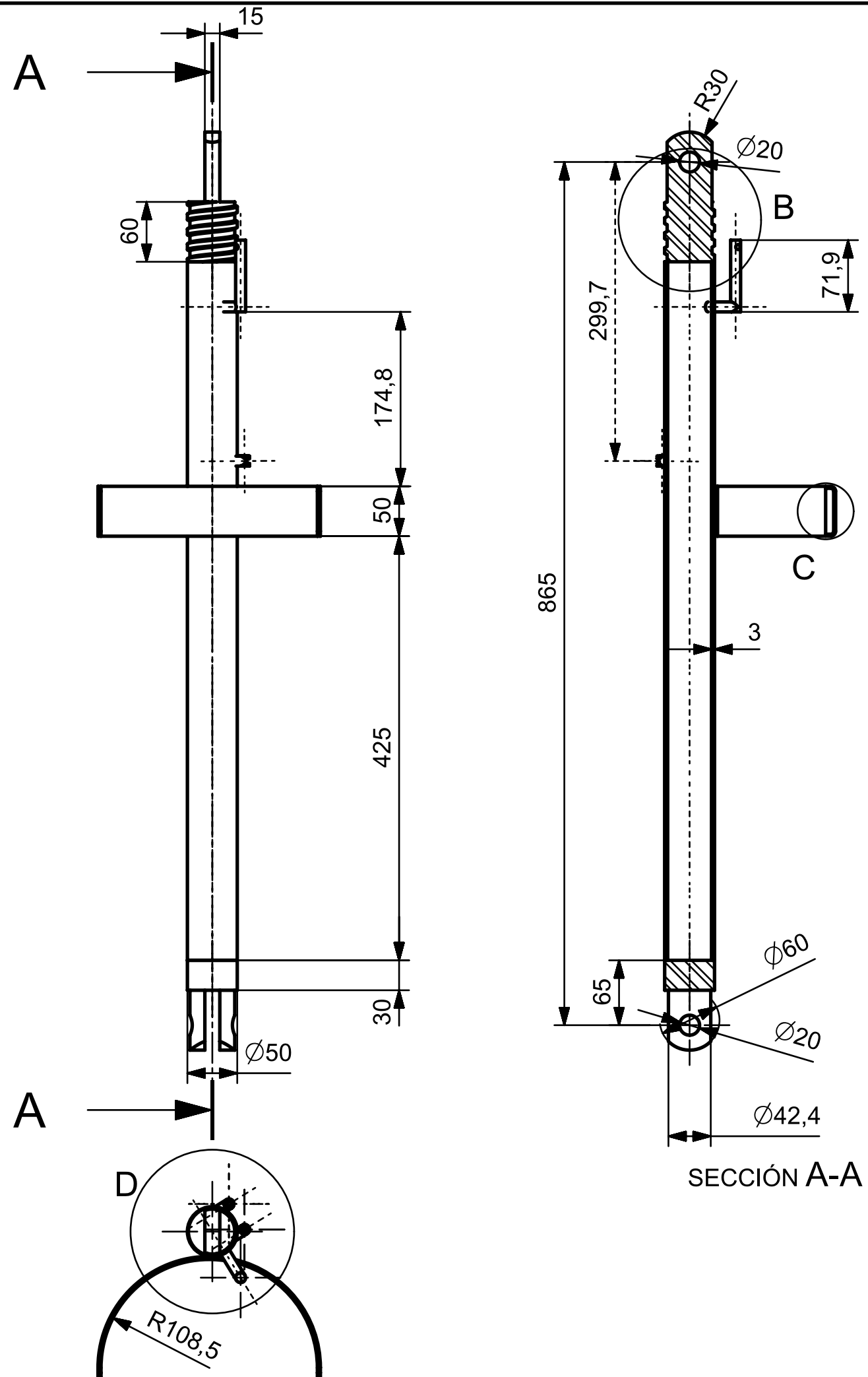
DETALLE C
ESCALA 1:1

DETALLE B
ESCALA 1:2

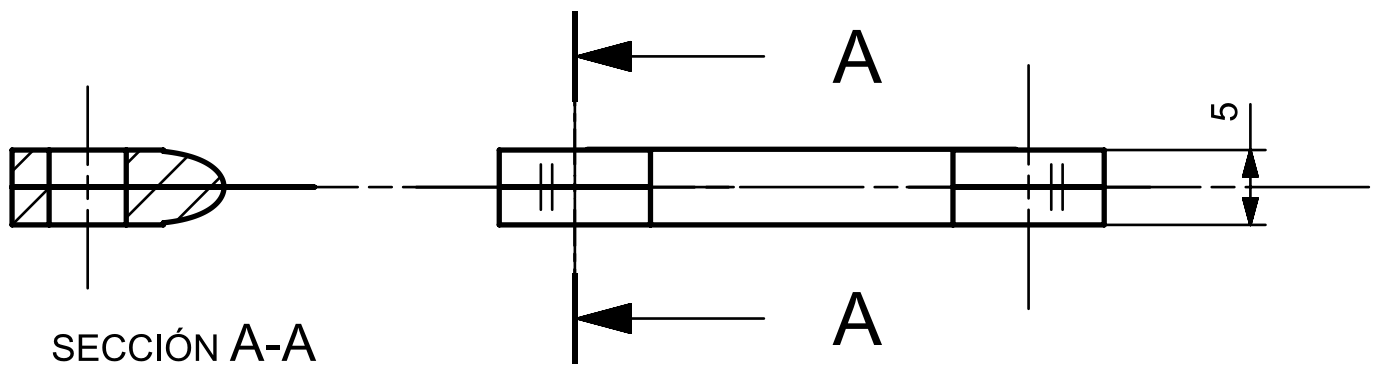
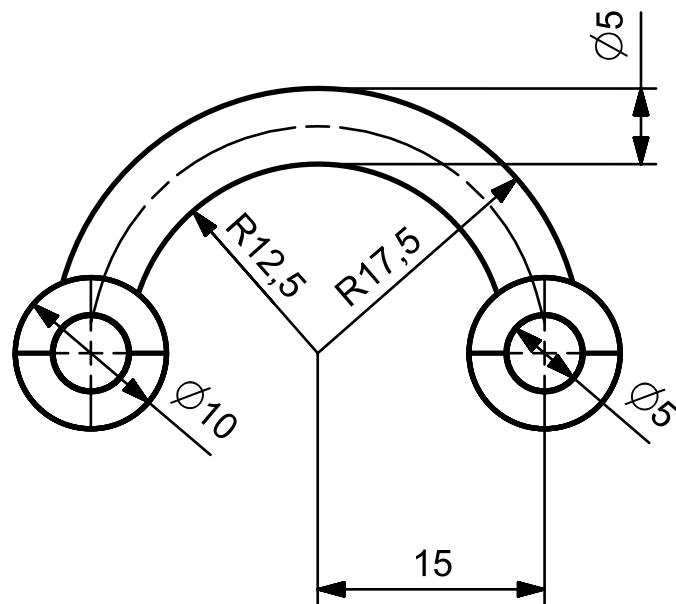
DETALLE A
ESCALA 1:1



Dibujado	José Molines Sifre	Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes		
Escala: 2:1	Formato: A3	Nº Lámina: 11	Título: Tubo de apoyo para los buceadores
			 



Dibujado	José Molines Sifre		Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes			
Escala: 1:5	Formato: A4	Nº Lámina: 12	Título: Tubo recto	 



Dibujado	José Molines Sifre	Fecha: 01/03/2019	CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos Reyes		
Escala: 5:1	Formato: A4	Nº Lámina: 13	Título: Argolla del contrapeso

