



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



## **TRABAJO FIN DE GRADO**

# ESTUDIO Y DISEÑO DE UN CILINDRO HIDRÁULICO PARA USO NAVAL

Autor: Adolfo Maldonado Montañez

Tutor: Miguel Ángel Contreras López

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del producto

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Enero 2023

---



## Resumen

El movimiento, la fuerza y la productividad de gran mayoría de equipos o máquinas se les debe al accionamiento de cilindros hidráulicos. Son componentes oleomecánicos implantados en todos los ámbitos del sector industrial, con la función de desplazar una carga linealmente en un recorrido gracias al poder de la energía hidráulica.

En este Trabajo Fin de Grado, se desea estudiar y diseñar estos componentes para un uso particular y poco conocido de estos productos: el sector naval. Durante este trabajo se va a mostrar que características y especificaciones deben de poseer los cilindros para enfrentarse a un ambiente tan exigente como es el marino y las soluciones encontradas para ofrecer las mejores prestaciones. Igualmente, a partir de un caso práctico, se va a diseñar un cilindro con las modificaciones necesarias para tal fin.

Dicho estudio y diseño, se presenta a partir de una memoria, descriptiva y constructiva; unos planos de fabricación, un pliego de condiciones, el presupuesto y las referencias bibliográficas.

## Abstract

The movement, power and productivity of the vast majority of equipment or machines are due to the use of hydraulic cylinders. They are oilmechanical parts used in all areas of the industrial sector, with the function of moving a load linearly along a path thanks to the power of hydraulic energy.

In this Final Degree Project, the aim is to study and design these components for a particular and little known use of these products: the naval sector. During this work, it will be shown which characteristics and specifications the cylinders must have to face such a demanding environment as the marine one and the solutions found to offer the best performance. Likewise, based on a practical case, a cylinder will be designed with the necessary modifications for this purpose.

This study and design is presented on the basis of a descriptive and constructive report, manufacturing plans, specifications, budget and bibliographical references.



**Palabras clave:** Cilindro, hidráulico, actuador, naval, marino, camisa, vástago, pistón, junta.



## Contenido

Resumen .....	2
Resumen .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1. Introducción .....	4
1.1. Contextualización del proyecto .....	4
1.2. Justificación de tema elegido .....	4
1.3. Contexto donde se interviene.....	6
2. Memoria.....	8
2.1. Memoria descriptiva .....	8
2.1.1. Objeto.....	8
2.1.2. Motivación .....	9
2.1.3. Alcance.....	9
2.1.4. Funcionamiento general de los cilindros hidráulicos .....	10
2.1.5. Descripción del trabajo a realizar .....	25
2.2. Memoria constructiva .....	31
2.2.1. Análisis y requisitos de diseño .....	31
2.2.2. Propuesta de solución .....	42
2.2.3. Estudio y dimensionado .....	52
2.3. Normativas y referencias utilizadas.....	84
3. Anexos .....	85
Anexo 1: Plantilla de requerimientos técnicos previos. ....	86
Anexo 2: Cálculos. ....	88
Anexo 3: Plantilla para trazabilidad de la materia prima.....	92
Anexo 4: Plantilla del test de presión: .....	93



4. Planos .....	94
5. Pliego de condiciones.....	104
5.1. Generalidades.....	104
5.1.1. Objeto del pliego de condiciones.....	104
5.1.2. Agentes implicados en el proyecto.....	104
5.1.3. Documentación para la contratación del trabajo .....	105
5.1.4. Alcance y limitaciones del trabajo .....	106
5.1.5. Criterios para modificaciones del proyecto.....	107
5.2. Obligaciones y responsabilidades legales de las partes .....	108
5.2.1. Obligaciones y responsabilidades de la dirección técnica	108
5.2.2. Obligaciones y responsabilidades del fabricante.....	109
5.2.3. Obligaciones y responsabilidades de proveedores .....	111
5.2.3.1. Suministros.....	111
5.2.4. Obligaciones y responsabilidades del contratante .....	111
5.3. Criterios administrativos .....	112
5.3.1. Generalidades .....	112
5.3.2. Criterios de valoración.....	113
5.4. Condiciones técnicas .....	114
5.4.1. Descripción del producto .....	114
5.4.2. Garantía .....	115
5.4.3. Ejecución del proyecto .....	116
5.4.4. Certificaciones.....	116
5.4.5. Documentación a entregar .....	117
5.5. Disposiciones finales.....	119



6. Presupuesto .....	120
6.1.    Mano de obra .....	120
Personal oficial administrativo.....	121
6.2.    Materiales.....	122
6.3.    Cuadro de precios.....	125
6.4.    Presupuesto final .....	126
7. Recursos bibliográficos .....	128
7.1.    Literatura científica.....	128
7.2.    Webgrafía.....	128
7.3.    Normativa.....	129



## Índice de tablas

Tabla 1. Materias y asignaturas .....	6
Tabla 2. Fórmulas de fuerza y velocidad .....	24
Tabla 3. Fórmulas de fuerza y velocidad de desplazamiento .....	24
Tabla 4. Datos preliminares proyecto .....	30
Tabla 5. Normas relativas a la funcionalidad del cilindro .....	32
Tabla 6. Normativa sobre seguridad .....	33
Tabla 7. Envase y embalaje.....	38
Tabla 8. Normativa de los materiales a utilizar .....	39
Tabla 9. Propuesta de puntos de inspección .....	52
Tabla 10. Importancia de las especificaciones del producto .....	56
Tabla 11. Datos de partida cálculos.....	66
Tabla 12. Detalles camisa.....	78
Tabla 13. Detalle vástago .....	79
Tabla 14. Detalles del pistón.....	80
Tabla 15. Detalles cabeza .....	81
Tabla 16. Detaller orejeta delantera.....	82
Tabla 17. Detalles tuerca del pistón.....	83
Tabla 18. Documentación a entregar.....	118
Tabla 19. Categorías profesionales .....	121
Tabla 20. Precio - hora por departamentos .....	122
Tabla 21. Cuadro de mediciones .....	124
Tabla 22. Cuadros de precio.....	125
Tabla 23. Presupuesto final .....	126



## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de subcontratación .....	7
Figura 2. Experimento del barril de Pascal .....	11
Figura 3. Formula de Pascal .....	12
Figura 4. Ecuación de Bernoulli .....	13
Figura 5. Movimiento cilindro hidráulico.....	13
Figura 6. Conexiones hidráulicas – Movimiento .....	14
Figura 7. Partes principales de un cilindro hidráulico.....	15
Figura 8. Cilindros con brida rectangular o circular delantera.....	17
Figura 9. Cilindros con brida rectangular o circular trasera.....	17
Figura 10. Cilindros con orejeta macho .....	18
Figura 11. Cilindros con orejeta con rótula .....	19
Figura 12. Cilindros con fijación por patas .....	19
Figura 13. Cilindros con fijación por muñón.....	20
Figura 14. Cilindro de simple efecto .....	20
Figura 15. Cilindro de doble efecto .....	21
Figura 16. Cilindro buzo.....	21
Figura 17. Cilindro telescópico.....	22
Figura 18. Cilindro de doble vástago .....	22
Figura 19. Cámaras presurizadas.....	23
Figura 20. Longitudes del cilindro .....	35
Figura 21. Soldadura de conexiones hidráulicas .....	36
Figura 22. Propuesta cilindro hidráulico.....	43
Figura 23. Charnelas (orejetas) .....	43





Figura 24. Propuesta de camisa .....	44
Figura 25. Propuesta de tubo y tapa trasera.....	45
Figura 26. Charnelas (orejetas) .....	45
Figura 27. Propuestas de conexiones hidráulicas .....	46
Figura 28. Propuesta de soporte NS .....	46
Figura 29. Propuesta de purgadores .....	47
Figura 30. Propuesta de vástago, pistón y tuerca de pistón .....	48
Figura 31. Propuesta de cabeza de cierre .....	49
Figura 32. Propuesta de orejeta delantera.....	50
Figura 33. Propuesta de cáncamos de elevación .....	51
Figura 34. Croquis diseño conceptual 1.....	57
Figura 35. Croquis diseño conceptual 2.....	58
Figura 36. Croquis de diseños conceptual 3.....	59
Figura 37. Croquis de diseños conceptual 4.....	59
Figura 38. Croquis de diseños conceptuales 5 .....	59
Figura 39. Croquis de diseños conceptuales 6 .....	60
Figura 40. Croquis de diseño conceptual 7.....	60
Figura 41. Ejemplos de diseños existentes.....	62
Figura 42. Características cilindros Glual .....	63
Figura 43. Ejemplo de pandeo.....	64
Figura 44. Gráfica de pandeo de Euler .....	65
Figura 45. Gráfica de pandeo de Euler con coef. de seguridad.....	68
Figura 46. Componente de la camisa .....	72
Figura 47. Diseño preliminar vástago .....	73



Figura 48. Diseño preliminar pistón .....	75
Figura 49. Diseño preliminar cabeza .....	76



## **1. Introducción**

### **1.1. Contextualización del proyecto**

El objetivo de la realización de este Trabajo fin de Grado, es estudiar y diseñar un cilindro o actuador hidráulico para uso naval, con el fin de la superación académica de los créditos requeridos en los estudios universitarios en el Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto. Se aporta en este trabajo el máximo de los conocimientos adquiridos durante esta formación universitaria además de cierta experiencia laboral en el diseño de maquinaria industrial y en el sector naval.

Además del estudio y el diseño, es objeto de este trabajo, la realización de un pliego de condiciones y de un presupuesto, con la normativa y situación económico-social del momento de la realización del presente proyecto.

### **1.2. Justificación de tema elegido**

El sector naval es un punto de unión estratégico para el desarrollo de los países. Dicha industria contribuye de forma directa a la economía y el desarrollo de diferentes actividades como el transporte de mercancías, transporte de pasajeros, aprovechamiento de recursos marítimos como la pesca o aprovechamiento de energías, ... Es por ello donde este sector agrupa actividades de fabricación, transformación y mantenimientos de buques, como de la maquinaria y componentes requeridos en los mismos.

Este tipo de trabajos especializados, requieren de la tecnología adecuada donde la ingeniería, y más concretamente, el diseño y desarrollo de productos tienen gran nicho de mercado.

El estudio y diseño de un cilindro hidráulico adaptado para el sector naval, constituye un reto en que además de los conocimientos adquiridos en los estudios universitarios, es necesaria una mínima cultura industrial y naval para afrontar este tipo de trabajo.

---

En la elaboración de este TFG debe de quedar reflejado las aptitudes y competencias adquiridas en los estudios de este Grado Universitario, poniendo de manifiesto el aprendizaje de las diferentes materias y asignaturas cursadas, siendo las más relevantes:

<b>Materias</b>	<b>Asignaturas</b>
Matemáticas	Cálculo
Física	Física 1 Física 2
Informática	Fundamentos de informática
Expresión gráfica	Expresión gráfica en la ingeniería
Ciencia e Ingeniería de los Materiales	Ciencia de los Materiales
Procesos Industriales	Procesos Industriales
Ingeniería Energética, Transmisión de Calor y Fluidos	Ingeniería Energética y Fluido mecánica
Resistencia de Materiales y Estructura del Producto	Resistencia de Materiales
Mecanismos y Elementos de Máquinas del Producto	Sistemas Mecánicos
Dibujo Técnico	Dibujo Técnico
Proyectos de Ingeniería del Producto	Proyectos de Diseño
Metodología del Diseño	Metodología del Diseño
Diseño y Producto	Envase y Embalaje
Diseño Asistido por Ordenador	Diseño Asistido por Ordenador
Ingeniería Gráfica del Producto	Ingeniería Gráfica del Producto
Expresión Artística	Fundamentos del Diseño

Fabricación	Metrología
	Diseño para Fabricación
Materiales	Tecnología de Materiales
	Comportamiento y Selección de Materiales
Expresión Gráfica y Diseño	Proyectos de Diseño Industrial

*Tabla 1. Materias y asignaturas*  
Fuente: elaboración propia

### 1.3. Contexto donde se interviene

Para comprender el cometido y la concepción de este TFG, es importante que se contextualice la labor y el alcance del proyecto a realizar. La labor de este trabajo corresponde únicamente al estudio y diseño de un cilindro hidráulico para uso naval como órgano independiente y específico en creación de este tipo de productos, es decir, se va a desarrollar el trabajo que realizaría una empresa de ingeniería si interviene como subcontrata en la fabricación (estudio y diseño) de cilindros hidráulicos, la cual podría subcontratar la fabricación del cilindro hidráulico a cualquier taller industrial o naval de fabricación y montaje especializado en este tipo de productos. Lo que implica que, en este trabajo, el objetivo a desarrollar es una cuasimáquina perteneciente a una máquina principal o conjunto de máquinas, donde solicitan el montaje de un cilindro hidráulico que se tiene que adaptar a unas exigencias técnicas y de diseño superiores. Para este cometido, la parte subcontratante tiene que aportar unos datos técnicos de entrada como requerimiento básico para comenzar con el estudio del proyecto.

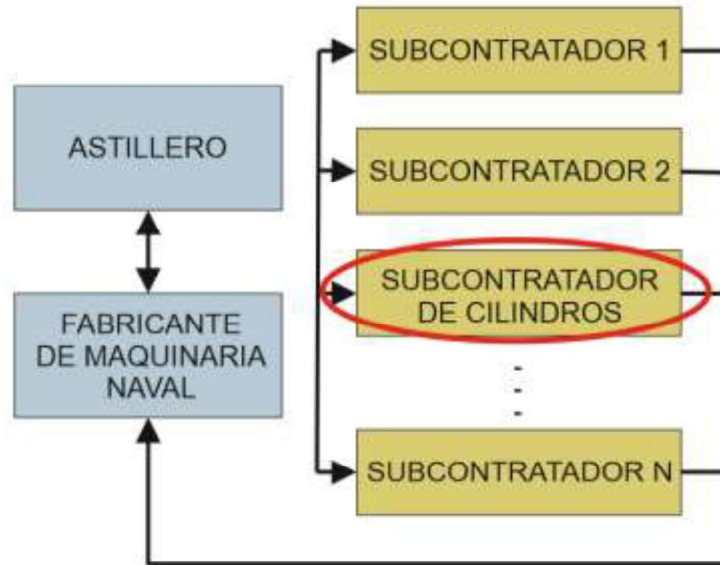


Figura 1. Diagrama de subcontratación  
Fuente: Elaboración propia

## 2. Memoria

### 2.1. Memoria descriptiva

#### 2.1.1. Objeto

El objetivo de la realización de esta memoria del Trabajo fin de Grado, es exponer el estudio y diseño un cilindro o actuador hidráulico para uso naval, siendo un producto ampliamente utilizado en el sector industrial.

La utilización de cilindros hidráulicos en el sector naval, sean puertos, buques, plataformas o cualquier servicio offshore; incluye conocer no solo las necesidades que requiere el propio servicio o fin deseado por el producto, sino que se necesita conocer cierta normativa específica para la construcción de elementos navales y el código de utilización.

Llevar a estudiar este tipo de productos en el sector naval, significa una adaptación a un sector, el cual precisa de este tipo de elementos, en diferentes ámbitos: personalización con el estudio y diseño de un producto a medida según las especificaciones generales del cliente, adecuación al medio ambiente marino, integración de este producto al funcionamiento de maquinarias navales, adaptación a la normativa de fabricación marítima y dotar de los grados de seguridad particulares y requeridos del sector naval.

Es también objeto del presente trabajo la posibilidad de innovación técnica en la concepción de las diferentes piezas del ensamblaje: por un diseño innovador, elección de materiales, elección de recubrimientos, documentación aportada, facilidad en los mantenimientos, o mejora en los controles de calidad.

Además del estudio y el diseño por medio de la presente memoria, es objeto de este trabajo, la realización de un pliego de condiciones y de un presupuesto, con la normativa y situación económico-social del momento de la realización del presente proyecto.

Este trabajo no tiene como objeto ni la fabricación, ni el prototipado del producto elegido, aunque se aporte toda la información y material técnico para su realización en cualquier momento.

### **2.1.2. Motivación**

Son causas múltiples las que motivan al autor de este Trabajo Fin de Grado al estudio y diseño de un cilindro hidráulico para el uso naval. En primer lugar, los actuadores lineales, ya sean neumáticos, eléctricos o hidráulicos, son ampliamente utilizados en el sector industrial, pero en la vertiente naval se realizan continuamente este tipo de productos a medida, ya sea por su utilización, tipo de carga a desplazar, o incluso por el tipo de ubicación. También la realización de productos para el sector marino, requieren un grado de durabilidad y resistencia de alto nivel, aplicándoles un gran grado de seguridad. Esto implica una motivación especial en diseñar un producto que, aunque la funcionalidad es totalmente conocida, la utilización en este tipo de ambientes es totalmente específica y de diseño muy particular.

### **2.1.3. Alcance**

Para determinar el alcance de este trabajo, se analiza la necesidad de uso que requiere el solicitante del proyecto. Las soluciones técnicas para su uso marino pasan por realizar un estudio global de los requisitos técnicos de diseño aplicables según la normativa vigente, los cálculos necesarios a nivel estructural y de recipientes sometidos a presión, materiales, planos descriptivos para la fabricación y ensamblaje de todas las piezas, seguimiento técnico, pliego de condiciones y presupuesto final. Se tendrá siempre en cuenta la optimización de los recursos productivos, para una buena competitividad de mercado; la facilidad en el montaje y el mantenimiento; y la ergonomía y versatilidad de uso del producto.





Este TFG requiere unos datos básicos de entrada, que deben venir cumplimentados y aclarados por el solicitante del trabajo. Estos datos preliminares de requisitos mínimos son fundamentales para el estudio de dicho trabajo.

Una vez obtenidos los datos preliminares, el alcance de este TFG contempla:

- Estudio global del proyecto aplicando normativa vigente.
  - Estudio
  - Normativa aplicable
  - Cálculos
  - Soluciones propuestas
- Realización de planos descriptivos para la fabricación del producto.
- Realización del pliego de condiciones aplicables.
- Presupuesto del proyecto.
- Seguimiento de fabricación con controles parciales.

Este TFG no tiene como objeto ni alcance, el diseño general de la máquina donde va colocada este cilindro, ni los anclajes y pernos de dicha máquina donde va a ir anclado este producto. Tampoco tiene alcance en el montaje mecánico e hidráulico del cilindro en la maquinaria final.

#### **2.1.4. Funcionamiento general de los cilindros hidráulicos**

Se va a tratar de exponer el funcionamiento básico y los componentes principales de los cilindros hidráulicos, mencionando con una breve reseña histórica el inicio y la evolución de estos productos, y el principio físico por el cual se rige el funcionamiento.

#### 2.1.4.1. Antecedentes e historia

Aunque el campo de la hidráulica se remonta su estudio hace miles de años con los griegos y romanos hacen rodar ruedas aprovechando el poder del fluido para producir movimiento (rueda, palancas y engranajes), es en 1648, cuando un físico y matemático llamado Blaise Pascal, analiza que los fluidos contenidos en un recipiente y sometidos a una cierta presión, ejercen una fuerza igual en todas las direcciones. Basándose en estos estudios se postula la Ley de Pascal: “La presión ejercida sobre un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido”.

El experimento que realiza Pascal, consiste en llenar un tonel a través de un tubo delgado de poco diámetro y de mucha altura, el cual debe estar perfectamente ajustado a la boca de llenado del tonel.



Figura 2. Experimento del barril de Pascal  
Fuente: [www.lifeder.com/tonel-de-pascal](http://www.lifeder.com/tonel-de-pascal)

Cuando el líquido llega a una altura aproximada de 10 metros (una altura que equivalente a 7 barriles) el barril colapsa y se rompe por la presión ejercida por el líquido que está en el estrecho tubo.

Con ello demuestra que la presión es uniforme en el líquido, y al realizar una diferencia de superficie, la fuerza que el fluido ejerce, es proporcional a la variación de este área.

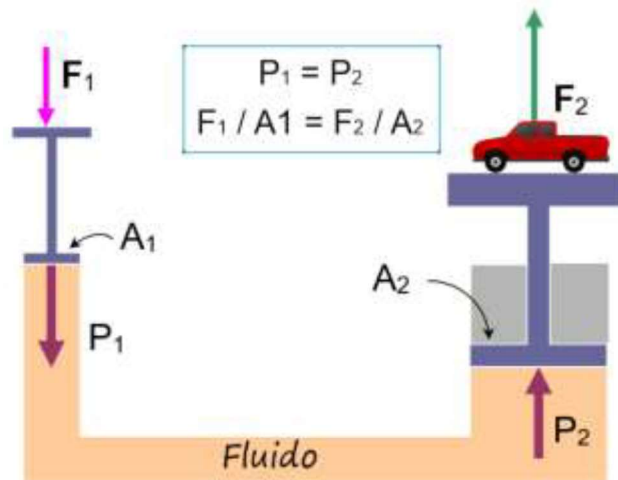


Figura 3. Formula de Pascal  
Elaboración propia

En 1738 y basado en el principio de la Ley de Pascal, Daniel Bernoulli lleva a la práctica diferentes experimentos presurizando agua a través de bombas manuales y molinos, denominando estos estudios como Principio de Bernoulli, y publicándolos en su libro "Hydrodynamica". El principio establece que la velocidad del fluido está inversamente relacionada con la presión estática (o disminución de la energía potencial) del fluido. Bernoulli explica como la presión del fluido disminuye al aumentar la velocidad de flujo del mismo. Aunque en 1752 Leonhard Euler es quien deriva la ecuación de Euler a su forma actual, puntualizando que únicamente es aplicables para flujos isentrópicos, es decir, procesos irreversibles y no adiabáticos, como turbulencias o transferencias térmicas son despreciables.

Con esto hay diferentes formas de la ecuación de Bernoulli dependiendo del tipo de flujo hidráulico, aunque para el uso hidráulico en cilindros, este principio es perfectamente válido ya que el líquido a utilizar será incompresible, sin efectos de turbulencias, ni transferencias de calor.

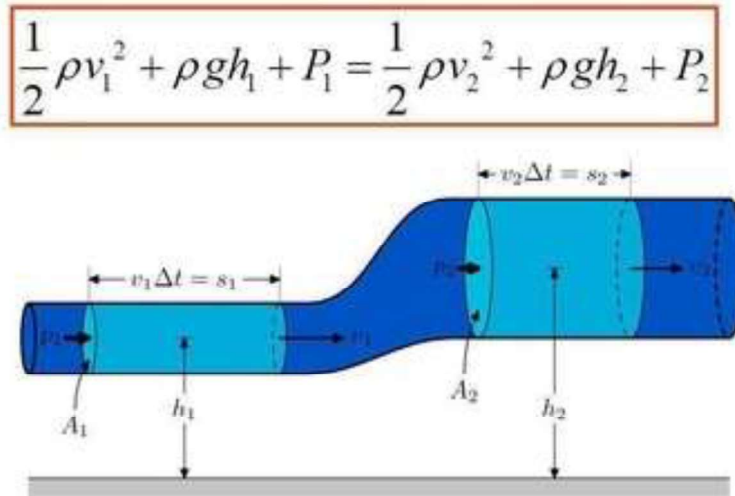


Figura 4. Ecuación de Bernoulli  
Fuente: López D. Física de Fluidos

#### 2.1.4.2. Funcionamiento básico de un cilindro hidráulico

Los cilindros hidráulicos, también llamados actuadores hidráulicos o motores hidráulicos lineales, son unas cuasimáquinas<sup>1</sup> hidro-mecánicas de transmisión de potencia, usadas para transmitir fuerza linealmente a través de un recorrido.

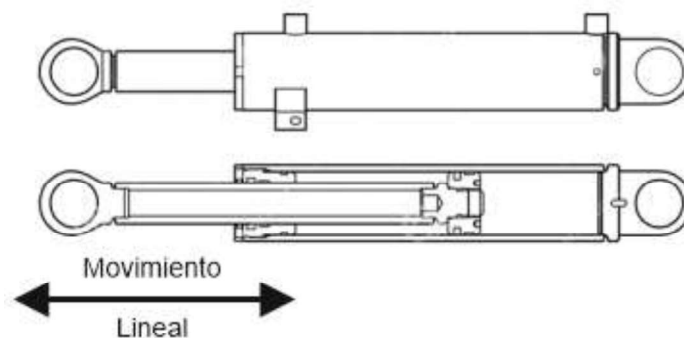


Figura 5. Movimiento cilindro hidráulico  
Fuente: elaboración propia

<sup>1</sup> Cuasimáquina: Término usado en la [Directiva Europea sobre Máquinas 2006/42/CE](#) para referirse a "un conjunto que constituye casi una máquina pero que no puede realizar por sí solo una aplicación determinada".

El principio de funcionamiento es el de utilizar la energía de un fluido presurizado, normalmente aceites de tipo mineral, y la propiedad de la escasa compresibilidad del mismo, para transmitir presión hidráulica aplicada al fluido y generada por una bomba externa, a diferentes componentes mecánicos dentro de recipiente.

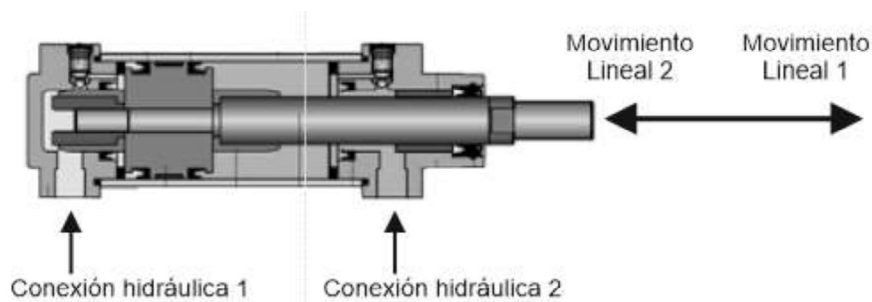


Figura 6. Conexiones hidráulicas – Movimiento  
Fuente: Elaboración propia

Si se aplica presión hidráulica por la conexión 1, se obtendrá movimiento lineal en el sentido 1, ya que el fluido empujará los dispositivos mecánicos (pistón y vástago) hacia el sentido 1; y si la presión hidráulica se aplica en la conexión 2, se obtendrá movimiento lineal en sentido 2 (sentido contrario al 1), será movimiento opuesto al anterior.

Ambas conexiones deberán ir colocadas a un sistema de válvulas para que elija en que conexión se debe aplicar la presión hidráulica y elegir el movimiento deseado. Nunca se deberá aplicar presión hidráulica en ambas tomas a la vez ya que podría colapsar el sistema.

### 2.1.4.3. Partes principales de un cilindro hidráulico

Las piezas principales de las que se compone todo cilindro hidráulico son:

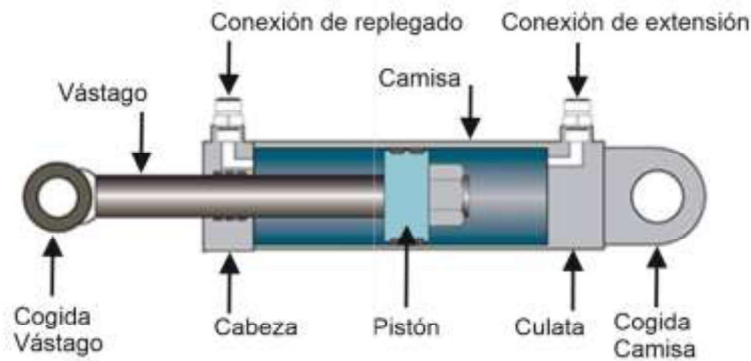


Figura 7. Partes principales de un cilindro hidráulico  
Fuente: Elaboración propia

- **Camisa:** Es la pieza hueca o perforada de forma cilíndrica por la que se desliza el pistón o embolo. Sus paredes internas son lisas (algunas veces cromadas), con un bajo índice de rugosidad para facilitar el deslizamiento del pistón.
- **Pistón:** Embolo cilíndrico que se desplaza por el interior de la camisa, dentro de la cámara de presión, por el efecto del líquido presurizado.  
Normalmente el pistón lleva incorporado unas juntas hidráulicas que adaptan esta pieza al diámetro interior de la camisa.
- **Vástago:** Es una barra, normalmente tratada químicamente con cromo, unida al pistón la cual transmite la fuerza que genera la presión hidráulica en el pistón generando movimiento. Este movimiento puede ser de extensión, saliendo de la camisa; o de replegado, entrando en la camisa; dependiendo de la conexión hidráulica por la que entre el líquido presurizado.
- **Cabeza:** Tapa o cierre de la cámara de presión del cilindro por donde sale el vástago.

Entre la cabeza y el vástago se colocan distintas juntas hidráulicas.

A esta tapa se le considera cierre frontal o delantero.

- Culata o tapa trasera: Tapa o cierre de la camisa del lado opuesto al que sale el vástago.

Como ya hemos denotado en el nombre, a esta tapa se le considera como el cierre trasero del cilindro.

- Conexiones hidráulicas: Orificio realizado en la camisa o en alguna de las tapas laterales del cilindro (en la cabeza o culata), por el cual entra y sale del cilindro el fluido que empuja al pistón y genera el movimiento.

Las conexiones hidráulicas poseen algún tipo de fijación del elemento portador del fluido, normalmente latiguillo hidráulico o válvula, como alguna rosca o brida de sujeción.

- Juntas hidráulicas: Son todas aquellas que sirven de sello para mantener la estanqueidad del cilindro hidráulico. Las principales suelen ser de pistón o de vástago:
  - Juntas hidráulicas de pistón: Estos sellos o juntas se colocan entre el pistón y la camisa, estableciendo hermeticidad entre ambos elementos, haciendo efectivo que el líquido presurizado empuje al pistón sin que existan fugas de líquido o pérdida de presión entre este y la camisa.
  - Juntas hidráulicas de vástago: Sellos o juntas que se colocan en la cabeza de cierre del cilindro en la zona de deslizamiento del vástago para que no haya fugas hidráulicas, ni pérdidas de presión del interior del cilindro.
- Cogidas o soportes: Son los medios de suportación y sujeción de los cilindros hidráulicos al resto de la máquina donde se incorpora dicho cilindro. Los hay de diferentes tipos y formas, donde se puede destacar:

- Cilindros con brida rectangular o circular delantera: El medio de sujeción es una placa, normalmente metálica, situada en la posición delantera del cilindro.

El vástago puede llevar cualquier medio de sujeción.



Figura 8. Cilindros con brida rectangular o circular delantera  
Fuente: [www.esperia.es](http://www.esperia.es)

- Cilindros con brida rectangular o circular trasera: El medio de fijación es una placa, situada en la posición trasera del cilindro, pudiendo hacer función de tapa trasera.

El vástago puede llevar cualquier medio de sujeción.

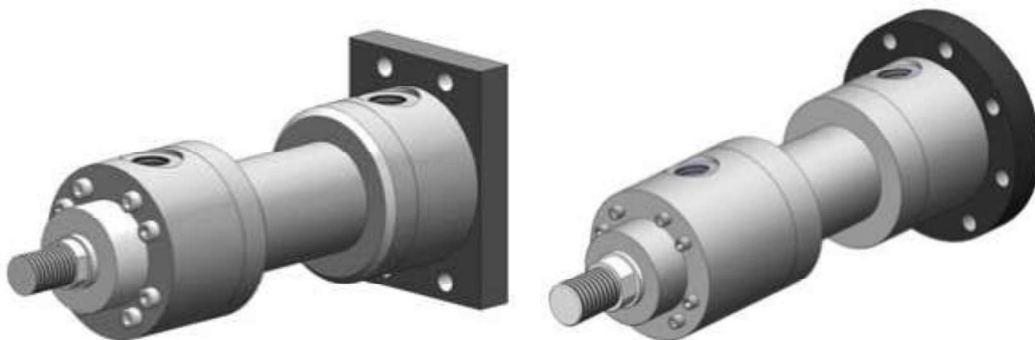


Figura 9. Cilindros con brida rectangular o circular trasera  
Fuente: [www.esperia.es](http://www.esperia.es)



- Cilindros con charnela trasera (orejeta macho o horquilla): La fijación se establece charnela – pasador. La charnela puede venir en forma de orejeta o de horquilla.

Es típico en este tipo de cilindros colocar otra orejeta u horquilla roscada al vástago.



Figura 10. Cilindros con orejeta macho

Fuente: [www.esperia.es](http://www.esperia.es)

- Cilindros con charnela con rótula trasera (orejeta con rótula): La fijación se establece igual que en caso anterior, pero la orejeta lleva una rótula. La charnela en este caso solo tiene forma de orejeta.

En este tipo de cilindros, también es típico colocar otra orejeta con rótula u horquilla roscada al vástago (parte delantera).



Figura 11. Cilindros con orejeta con rótula  
Fuente: [www.esperia.es](http://www.esperia.es)

- Cilindros con fijación por patas: este tipo de fijación se utiliza para acoplar el cilindro a una superficie plana por medio normalmente de pernos.

El vástago puede llevar cualquier medio de sujeción.



Figura 12. Cilindros con fijación por patas  
Fuente: [www.esperia.es](http://www.esperia.es)

- Cilindros fijados mediante muñón: es un tipo de fijación móvil, al igual que la charnela. El muñón puede ir en cualquier parte de la camisa, delante, en posición central o detrás, dependiendo de las necesidades del producto.

El vástago puede llevar cualquier medio de sujeción, aunque se suele utilizar en este tipo amarres una fijación de pasador, mediante orejeta y rótula.



Figura 13. Cilindros con fijación por muñón

Fuente: [www.esperia.es](http://www.esperia.es)

#### 2.1.4.4. Tipos de cilindros hidráulicos

En función al tipo de movimiento y funcionalidad del mismo, se puede establecer la siguiente clasificación:

- Cilindro de simple efecto: es un tipo de cilindro que realiza su movimiento de trabajo (a través de presión hidráulica) solo en un sentido, y el retroceso o sentido opuesto lo realiza por algún medio mecánico (muelle, gravedad, carga, ...). Este tipo de actuadores se pueden identificar por tener solo una conexión hidráulica.

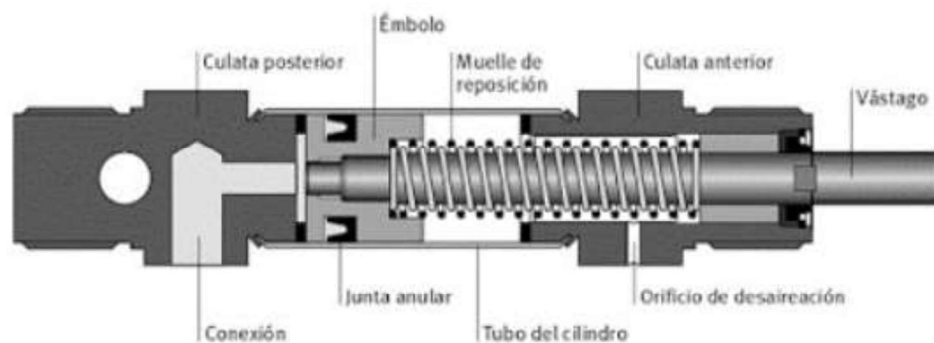


Figura 14. Cilindro de simple efecto

Fuente: [structuralia.com](http://structuralia.com)

- Cilindro de doble efecto: tipo de cilindro que puede generar movimiento en los dos sentidos. Tienen dos conexiones hidráulicas las cuales deben de funcionar alternativamente para elegir el movimiento deseado

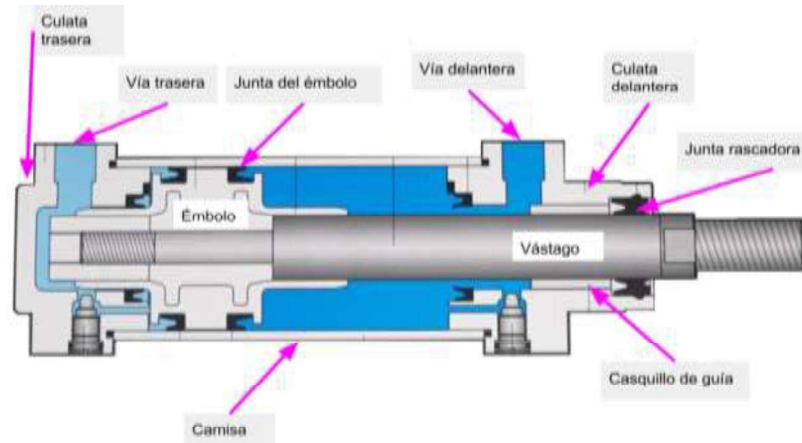


Figura 15. Cilindro de doble efecto  
Fuente: automatismoindustrial.com

- Cilindro buzo: es un tipo de cilindro hidráulico particular ya que solo tiene una cámara. Funciona como uno de simple efecto sobre algún elemento mecánico.

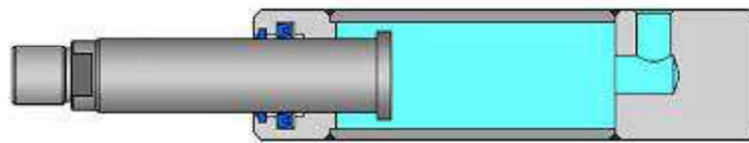
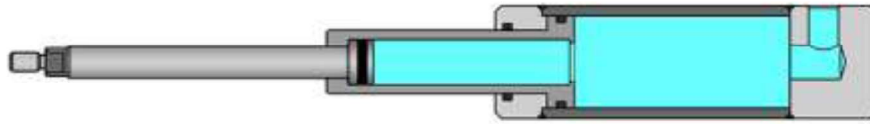


Figura 16. Cilindro buzo  
Fuente: www.hydraulic-calculation.com

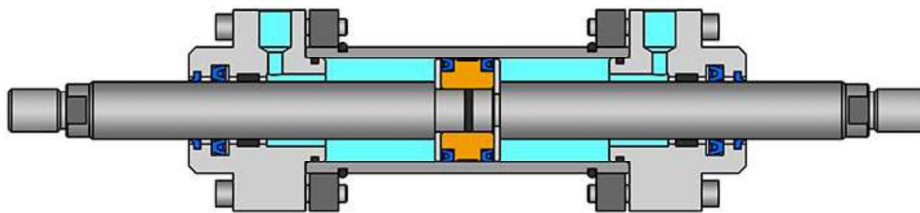
- Cilindro telescópico: los cilindros hidráulicos telescópicos, los cuales pueden ser de simple o doble efecto, su principal característica es que se expanden y repliegan por medio de vástagos, situados uno dentro de otros, formando tramos en su trabajo. Suelen ser útiles en trabajos o

funciones que se necesita gran recorrido de vástago, o carrera, en comparación del tamaño del cilindro.



*Figura 17. Cilindro telescópico*  
Fuente: [www.hydraulic-calculation.com](http://www.hydraulic-calculation.com)

- Cilindro de doble vástago: en este caso, el pistón lleva incorporado 2 vástagos, uno en cada sentido de movimiento. Además, se sustituye la tapa trasera o culata por una cabeza trasera de cierre, con sus correspondientes juntas para que salga el nuevo vástago.



*Figura 18. Cilindro de doble vástago*  
Fuente: [www.hydraulic-calculation.com](http://www.hydraulic-calculation.com)

#### **2.1.4.5. Trabajo de un cilindro hidráulico: Compresión - tracción**

Una vez explicado el funcionamiento básico y las partes principales de los cilindros hidráulicos, se discurre que la cámara presurizada se divide en 2 partes, divididas por el pistón; el cual se moverá por medio de la presión hidráulica en uno u otro sentido.

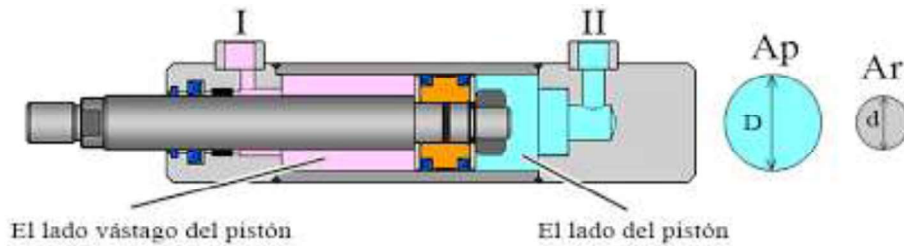


Figura 19. Cámaras presurizadas  
Fuente: [www.hydrauliccalculation.com](http://www.hydrauliccalculation.com)

Donde:

- I : Entrada y Salida hidráulica lado vástago
- II : Entrada y Salida hidráulica lado pistón
- $A_p$  (D): Área del pistón
- $A_r$  (d): Área del vástago

Si la presión se efectúa en el lado del pistón, el vástago saldrá de la cámara del cilindro con un movimiento de extensión. Se dirá que el cilindro trabaja a compresión, ya que es el esfuerzo al que se someterá la cuasimáquina. Por el contrario, si la presión se efectúa en el lado del vástago, el movimiento será de replegado (vástago entrando en el cilindro). En este caso, se dirá que el cilindro trabaja a tracción.

Los cilindros de simple efecto, trabajarán a tracción o compresión, siendo este último el más habitual.

#### 2.1.4.6. Fuerza y velocidad de trabajo

Tal y como ya se ha comentado, al aplicar un fluido presurizado a la cámara de presión del cilindro da como resultado un movimiento lineal del vástago. Se va exponer el cálculo de la fuerza y la velocidad de este desplazamiento.

Fuerza	Velocidad
$F = P * A$	$V = Q / A$
Donde:	
F: Fuerza del desplazamiento	Kp o KgF
P: Presión del fluido	Bar o $Kp/cm^2$
A: Área o sección	$mm^2$ o $cm^2$
V: Velocidad del desplazamiento	$mm/sg$
Q: Caudal	$mm^3/sg$

Tabla 2. Fórmulas de fuerza y velocidad  
Fuente: Elaboración propia

Se va a distinguir concretamente y en cada caso, las dos formas de trabajar que tienen los cilindros hidráulicos: a compresión y tracción, ya que los resultados van a ser diferentes en cada caso.

	Compresión	Tracción
Fuerza	$F = P \times \pi D^2 / 4$	$F = P \times \pi (D^2 - d^2) / 4$
Velocidad	$V = 4Q / (\pi D^2)$	$V = 4Q / (\pi (D^2 - d^2))$

Donde:

F: Fuerza del desplazamiento	Kp o KgF
P: Presión del fluido	Bar o $Kp/cm^2$
D: Diámetro del pistón	mm o cm
d: Diámetro del vástago	mm o cm
V: Velocidad del desplazamiento	$mm/sg$
Q: Caudal	$mm^3/sg$

Tabla 3. Fórmulas de fuerza y velocidad de desplazamiento  
Fuente: Elaboración propia

### 2.1.5. Descripción del trabajo a realizar

En el sector naval, las series de producción de cualquier máquina o cuasimáquina son cortas, muy cortas o unitarias, es decir, se producen multitud de productos a medida. Esto está justificado por las series de producción en astilleros de buques o cualquier tipo transporte marino, el cual es unitario o de cortas series. Esto conlleva que las subcontrataciones de fabricación de maquinaria naval sean en gran medida productos a medida, y requieran un estudio y diseño particular en cada caso.

En este caso particular, la necesidad de uso de los cilindros hidráulicos puede ser múltiple razones, por ejemplo: la fabricación de una grúa pluma específica, uso de servotimones<sup>2</sup>, grúas pórticos, cilindros de tensión de amantillos<sup>3</sup>, abatimientos de crucetas<sup>4</sup>, accionamientos de puertas, pines de bloqueo, o estiba y desestiba de botes salvavidas, entre otros usos.

#### 2.1.5.1. Descripción de los datos preliminares

Aunque saber el uso al que se destina el cilindro hidráulico en cuestión, no es objeto, ni alcance de este trabajo, se requiere una información técnica inicial para iniciar el estudio y diseño de producto requerido.

Los datos de entrada necesarios se exponen a continuación:

- Tipo de ambiente marino al que va a estar expuestos: Tipo de localización donde se va a situar, es decir, si se va a colocar en un puerto, en un

---

<sup>2</sup> Servotimón: Timón de un barco, normalmente de gran dimensión, con un sistema de giro con accionamiento hidráulico.

<sup>3</sup> Amantillo: Cable o cabo de un barco sujeto por un extremo en el mástil y el otro en el peñol de una verga horizontal, sirve para mantener dicha verga en esa posición, y soportar el peso de la tripulación cuando se aferra o se toman rizos a la vela.

<sup>4</sup> Elemento con forma de cruz situado en el mástil los cuales desvían el recorrido de los obenques, lo que permite limitar o eliminar la flexión lateral del mástil.



buque, si va a ser offshore<sup>5</sup>, en contacto con agua marina, u otra ubicación diferente. Este dato va a influir en la elección de materiales y el tipo de recubrimiento y protección de los mismos.

- Si va sometido a temperaturas extremas. Esta cuestión puede influir en la elección de materiales y especificaciones de uso.
- Si es simple efecto, doble efecto, buzo, telescópico u otro.
- Carga a tracción y compresión que debe de desplazar. También se puede facilitar la gráfica de tensiones que se demanda. En este punto de debe de indicar si la carga es dinámica y en qué grado. Este dato va a determinar los diámetros del pistón y del vástago.
- Presión de diseño, trabajo y prueba del sistema (mínimo la presión de diseño), o rango estimativo de estas presiones. Va a influir en el diseño total del cilindro.
- Carrera deseada: el contratante debe de determinar no solo la carga, sino qué distancia la desea desplazar.
- Distancia entre centros: Si hay algún requerimiento de medidas del cilindro en reposo.
- Tipo de suportación que requiere. Se debe de determinar cómo va a ir instalado en el destino final, como las dimensiones de las fijaciones, como pasadores, placas de anclajes o cualquier tipo de suportación. En este punto es interesante realizar un croquis aclaratorio.
- Si debe de llevar algún tipo de homologación o clasificación marina por alguna Compañía IACS<sup>6</sup>. Informar de las homologaciones requeridas, así como de la compañía IACS que inspecciona el proyecto. Es importante

---

<sup>5</sup> Offshore: Situado en alta mar

<sup>6</sup> Compañía IACS: La Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación es una organización no gubernamental de base técnica que actualmente consta de once sociedades de clasificación marina.

este punto, ya que este tipo de empresas inspectoras poseen y requieren la aplicación de sus reglamentos particulares. Este punto puede influir notablemente en el presupuesto.

- Requisitos de uso de algún material particular, tanto en materia prima como en algún componente que el cliente desee en el producto.
- Tipos de controles de calidad específicos. Va a influir en el presupuesto.
- Idioma en el que se debe realizar la documentación del producto. Al ser un sector tan globalizado, es determinante saber que idiomas van a hablar los posibles usuarios de este producto
- Si se desea algún tipo de embalaje y embalaje atípico.
- Cualquier otro requerimiento particular necesario.

#### **2.1.5.2. Requisitos técnicos del contratante**

La información requerida para la realización del trabajo y expuesta en el apartado anterior, se puede aportar de diversas formas. Para este TFG se va a exponer en la siguiente tabla unos datos que sirven como ejemplo y base real, para la realización del estudio y diseño de este cilindro hidráulico. Los datos que se exponen a continuación han sido facilitados por Industrias Ferri S.A., situado en Polígono Industrial A Pasaxe, en Vigo, Pontevedra. Esta empresa es fabricante de maquinaria naval y cede esta información como ejemplo lógico, aunque no especifica de la fabricación concreta de un producto, de un cilindro hidráulico para la tensión del amantillo de un buque. Dichos datos se exponen a continuación:



---

PROYECTO: Buque XXX

---

OBRA: Subcontratación de cilindro Amantillo

---

UBICACIÓN / USO:

Portuaria       A bordo       Offshore       Subacuático

Otro: \_\_\_\_\_

---

EFEECTO:

Simple       Doble       Buzo       Telescópico

Otro: \_\_\_\_\_

---

CARGAS:

Carga compresión: 300 KN      Carga máx. compresión (estática): 928 KN

Carga tracción: 55 KN

**Nota:** La carga máxima en compresión en el caso excepcional es una carga que el cilindro debe ser capaz de aguantar totalmente cerrado. En ningún caso se pretende que el cilindro sea capaz de realizar una fuerza de compresión de 93 toneladas. Sólo debe aguantarlas estáticamente.

---

PRESIONES:

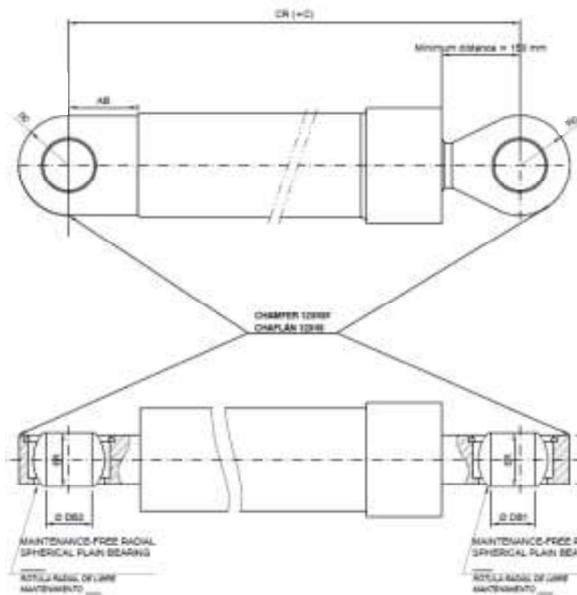
Presión de diseño: 250 bares

Presión de trabajo: 200 bares

Presión de prueba: según requisitos DNV-GL

---

DETALLES DIMENSIONALES Y TÉCNICOS:

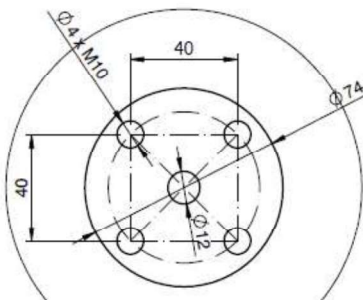


TECHNICAL SPECIFICATIONS / ESPEC. TÉCNICAS	
USE / USO	marine environment
PISTON / PISTÓN (D)	Ø TBD mm
RDD / VÁSTAGO (Ø)	Ø TBD mm
RETRACTED / CILINDRO RECOGIDO (CR)	1330 mm
STROKE / CARRERA (C)	854 mm
WORKING PRESSURE / PRESIÓN TRABAJO	TBD bar
TEST PRESSURE / PRESIÓN PRUEBAS	as per DNV-GL
MAX. OIL FLOW / CAUDAL MÁX.	TBD
HYDRAULIC OIL / ACEITE HIDRÁULICO	ISO VG 46
MASS / PESO	[Kg] <small>confirm to supplier / a confirmar proveedor</small>
SAFETY FACTOR / COEF. SEG.	ANNEX I

Otros datos:

- Los pasadores serán de Ø100 mm
- Rótulas de libre mantenimiento.
- Realizar orificios para cáncamo de elevación.
- Realizar suportación para cogidas NS de tubería.

Tomas hidráulicas según croquis:



PROTECCIÓN:

- Pintura marina a todas las partes en acero al carbono exteriores del cilindro.
- Vástago: Aplicación de recubrimiento químico adecuado para trabajos offshore.

## CONTROLES DE CALIDAD:

- Trazabilidad de materiales. Certificados 3.1 / 3.2 según requisitos IACS
- Preparación de bordes para soldaduras
- Inspección visual y ensayos END de soldaduras:

Alcance	Tipo de inspección
En todas las soldaduras	Inspección visual
En soldaduras de responsabilidad CON penetración total	Ultrasonidos + Partículas Magnéticas
En soldaduras de responsabilidad SIN penetración total	Partículas Magnéticas
En soldaduras de responsabilidad de acero inoxidable CON penetración total	Ultrasonidos + Líquidos Penetrantes
En soldaduras de responsabilidad de acero inoxidable SIN penetración total	Líquidos Penetrantes

Los ensayos serán realizados por inspectores END Nivel 2, según EN-ISO 9712 (certificados por CERTIAEND) y calidad requerida nivel B según EN-5817.

- Control dimensional
- Prueba de presión
- Certificado de pintura
- Certificado de conformidad

---

## NOTAS:

- Nota 1: Cilindro clasificado por entidad DNV-GL según normativa específica "St-0194\_Hydraulic Cylinders".
- Nota 2: Ciclos máximos 5000
- Nota 3: Proponer un envase y embalaje estándar

---

*Tabla 4. Datos preliminares proyecto*  
*Fuente: Documentación suministrada por Industrias Ferri S.A.*

## 2.2. Memoria constructiva

Dentro de este apartado, se van a describir las soluciones adoptadas, justificando el estudio de las diferentes soluciones, y describiendo la mejor solución elegida para el diseño final.

### 2.2.1. Análisis y requisitos de diseño

En este punto se va a tener como objetivo establecer y especificar los datos constructivos, para llevar a cabo el diseño del cilindro hidráulico, con los datos requeridos, debiendo de satisfacer en medida de lo posible los siguientes elementos:

#### 2.2.1.1. Funcionalidad

La correcta funcionabilidad de un producto es el objetivo principal de cualquier diseño mecánico. La funcionabilidad requerida para el cilindro hidráulico del presente trabajo se puede resumir en los siguientes puntos:

- Desempeñar los movimientos adecuados, desplazando la carga requerida, 300 KN en compresión y 55 KN trabajando a tracción, a 200 bares de presión hidráulica.
- Realizar un mínimo de 5000 ciclos antes de su primer mantenimiento.
- Otorgar al producto de grados de libertad, diseñando el sistema con rótulas “uniball” para la fijación a la máquina final.
- Adaptar el diseño a la Normativa IACS del DNVGL: *rule DNVGL-ST-0498* y *guide line DNVGL-CG-0498*.
- Tener la máxima facilidad de montaje, desmontajes y mantenimiento.

El estudio a realizar para la correcta funcionabilidad del producto se va a basar en la normativa que se expone a continuación:

Norma	Título
DNVGL-ST-0498	<i>Hydraulic Cylinders Estándar</i>
DNVGL-CG-0498	<i>Hydraulic Cylinders class guide line</i>
ISO <sup>7</sup> 10474:2013	<i>Steel and steel products — Inspection documents</i>
UNE <sup>8</sup> EN <sup>9</sup> 764-1:2015	Equipos a presión. Parte 1: Vocabulario
UNE EN 764-2:2012	Equipos a presión. Parte 2: Magnitudes, símbolos y unidades.
UNE EN 764-4:2012	Equipos a presión. Parte 4: Establecimiento de las condiciones técnicas de suministro para materiales metálicos.
UNE EN 764-5:2012	Equipos a presión. Parte 5: Documentos de inspección de materiales metálicos y cumplimiento de la especificación del material.
UNE EN 764-7:2003	Equipos a presión. Parte 7: Sistemas de seguridad para equipos a presión no sometidos a la acción de la llama.
UNE EN 13445-1:2021	Recipientes a presión no sometidos a llama. Parte 1: Generalidades
UNE EN 13445-3:2014	Recipientes a presión no sometidos a llama. Parte 3: Diseño

Nota: La normativa se debe aplicar siempre en su última edición. La edición aplicada en este trabajo es la última revisión existente en el momento de la realización del presente proyecto.

*Tabla 5. Normas relativas a la funcionalidad del cilindro*  
*Fuente: Elaboración propia*

<sup>7</sup> Organización de normalización internacional

<sup>8</sup> UNE: Una Norma Española

<sup>9</sup> EN: Norma Europea

### 2.2.1.2. Seguridad

Se debe aplicar al cilindro hidráulico de todos los requisitos de seguridad aplicables en instalaciones hidráulicas, ya sea para el uso de los usuarios, como de los bienes de equipo que dependen de este producto. Estas instrucciones quedan reglamentadas en el Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

Para ello se va a aplicar un coeficiente de seguridad en los cálculos dimensionales de sus componentes. Estos márgenes de seguridad específicos, también vienen detallados en la siguiente normativa:

Norma	Título
RD 809/2021	Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias
DNVGL-ST-0498	<i>Hydraulic Cylinders Estándar</i>
DNVGL-CG-0498	<i>Hydraulic Cylinders class guide line</i>
UNE EN 13445-3:2014	Recipientes a presión no sometidos a llama. Parte 3: Diseño

Nota: La normativa se debe aplicar siempre en su última edición. La edición aplicada en este trabajo es la última revisión existente en el momento de la realización del presente proyecto.

*Tabla 6. Normativa sobre seguridad  
Fuente: Elaboración propia*

La seguridad activa del cilindro, se va a aplicar en el diseño de las diferentes partes del ensamblaje, como en la correcta fabricación de los mismos. El ensamblaje se debe de efectuar por personal cualificado, ya que va a suponer otra parte clave para la seguridad del producto.

Los elementos afectados en su diseño por la seguridad del producto son:



- Camisa: Espesor de paredes de la cámara de presión; diseño y calidad de las soldaduras y el correcto dimensionado de las roscas de elementos sometidos a presión hidráulica.

Para calcular el espesor correcto de las paredes de la camisa se va a aplicar la norma DIN 2413

- Juntas y sellos hidráulicos: Se van a utilizar juntas adecuadas para la presión de trabajo, diseño y de prueba del producto. Estos sellos deben de admitir una presión superior a 375 bares.
- Vástago: Se debe de calcular un vástago libre de pandeo y resistente a la tensión de tracción. Otro elemento importante en el vástago, es el correcto dimensionado de las uniones a elementos adyacentes, como el pistón o la orejeta delantera de sujeción. El tipo de unión más característica es roscada.

Para calcular la carga de pandeo se van a aplicar 2 métodos:

- Cálculo del método de pandeo de Euler. Este método

$$F_{\text{Euler}} = \frac{\pi^2 E_{\text{vástago}} I_{\text{vástago}}}{\eta \cdot L_{\text{actuador}}^2}$$

Donde:

$F_{\text{Euler}}$ : Carga de pandeo de Euler del cilindro hidráulico.

$E_{\text{vástago}}$ : Módulo de elasticidad del material del vástago.

$I_{\text{vástago}}$ : Momento de inercia de la sección transversal del vástago ( $\pi d^4/64$ ).

$\eta$ : Factor de seguridad que depende de la aplicación del cilindro, y oscila entre 2 y 5.

$L_{\text{actuador}}$ : Longitud equivalente o longitud libre de pandeo que depende del montaje del cilindro (tipo de sujeción), y de la longitud total (tomada en la posición de carrera máxima), de acuerdo a la fig. 1. En este caso  $L_e = Sk$ .

- Aplicación de la normativa DNVGL CG-0194 en la sección 3, punto 3.1.1.1. Con este método se comprueba que el coeficiente de seguridad referente al pandeo del cilindro, se mayor a 4

Los datos finales deben de satisfacer:

$$(p_E/p_a) \geq 4$$

Donde:

$$P_a: \text{Carga máxima actual} = \frac{\pi \cdot p}{4} \cdot D^2$$

$p$ : Presión de trabajo

$D$ : Diámetro del pistón

$$P_E: \text{Carga máxima de pandeo: } \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{2 \cdot L^2}$$

$E$ : Modulo de Young

$I$ : Momento de inercia (camisa + vástago)

$L$ : Longitud entre centros

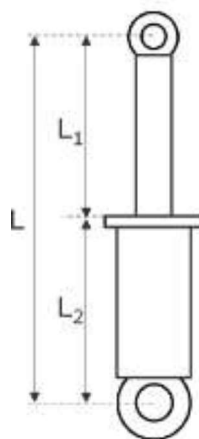


Figura 20. Longitudes del cilindro  
Fuente: DNVGL CG 0194

- Orejetas: tanto la orejeta delantera, situada en el vástago, como la orejeta trasera, deben de estar dimensionadas a las tensiones de diseño.

El método de comprobación se comprueba con la normativa DNVGL CG-0194, mediante la fórmula:

$$\sigma_t = \frac{F}{T \cdot (D - d)} \sqrt{\frac{D^2}{d^2} - \frac{D}{d} + 1} \leq \sigma_y$$

Donde:

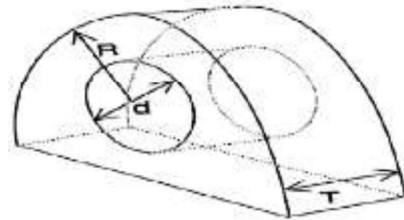
F: Máxima carga del cilindro a tracción (N)

T: Anchura de la orejeta

D: Diámetro exterior de la orejeta = 2 \* R  
(mm)

d: Diámetro interior de la orejeta (mm)

$\sigma_y$ ; Límite elástico del material (MPa)



- Tomas hidráulicas: Aunque son parte de la camisa, las tomas hidráulicas deben de soportar con el coeficiente de seguridad correspondiente la presión de diseño del sistema, teniendo que superar de forma ocasional la presión de prueba.

El sistema de comprobación va a ser por la norma EN 13445-3 capítulo 9: aperturas de recipientes. Al considerarse una apertura pequeña, los requisitos de seguridad requieren una soldadura con penetración total.

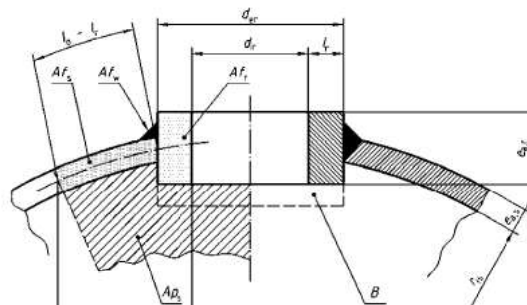


Figura 21. Soldadura de conexiones hidráulicas  
Fuente: Norma 13445-3

Referente a la producción del producto, se van a establecer unos puntos de control de calidad, que entre otros objetivos, garantice la normativa de seguridad, donde se va a verificar que el producto se fabrica conforme a lo establecido en el proyecto.

### **2.2.1.3. Fiabilidad**

La fiabilidad es un requisito de diseño esencial en este producto. Cuando se trabaja en alta mar durante periodos prolongados, los productos deben de estar dotados de una robustez y fiabilidad garantizada, ya que cualquier rotura o inconveniente imprevisto, puede acarrear costosas consecuencias.

A este producto, según requerimientos preliminares, se le debe de dotar de un mínimo de 5000 ciclos de uso, o de tres años de utilización, antes del primer mantenimiento.

Para que el producto sea fiable, se va a realizar un protocolo de diseño amparado en la normativa relativa a los cilindros hidráulicos, y una lista de inspecciones requeridas para la producción, con puntos de inspección y chequeo, con el fin de garantizar la mejor fiabilidad del producto final.

### **2.2.1.4. Ergonomía**

Aunque no haya ningún requerimiento por la parte subcontratante referente a los detalles ergonómicos. Se va a proveer a esta cuasimáquina de los elementos de elevación necesarios, para que la manipulación en fábrica, transportes, montajes y mantenimiento se realice por medio de herramientas de elevación.

Para el transporte de va a diseñar un envase y embalaje adecuado a las dimensiones y peso del producto. La normativa aplicable a tal efecto va a ser:

Norma	Título
UNE 49002:1960	Cajas de madera clavadas, para usos generales.
UNE 49023:1966	Plataformas para el transporte de maquinaria.

Nota: La normativa se debe aplicar siempre en su última edición. La edición aplicada en este trabajo es la última revisión existente en el momento de la realización del presente proyecto.

*Tabla 7. Envase y embalaje*  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1.5. Facilidad en montaje y mantenimiento

A la hora de diseñar este producto mecánico, se va a tener en cuenta no solo los beneficios del cliente final, sino la optimización en la fabricación, favoreciendo el ensamblaje de todos los componentes, y el montaje de este producto como componente de otro ensamblaje mayor (máquina final).

En el estudio preliminar, también se debe de dotar al diseño de un fácil servicio de postventa, atendiendo al mantenimiento del producto lo más eficientemente posible: material documental para el desmontaje, fácil montaje y desmontaje, utilización de herramientas estándares y utilización de materiales universales de fácil reposición.

### 2.2.1.6. Materiales a utilizar

Todos los materiales a usar en la fabricación de cilindros hidráulicos de uso naval están supeditados a una normativa de obligado cumplimiento.

La normativa a aplicar para el estudio, el diseño y la elección de los materiales será:

Norma	Título
ISO 10474:2013	<i>Steel and steel products — Inspection documents</i>
UNE EN 10025-1:2006	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.
UNE EN 10025-2:2020	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados.
UNE EN 10025-3:2020	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 3: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales soldables de grano fino en la condición de normalizado/laminado de normalización.
UNE EN 10025-5:2020	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 5: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica.
UNE EN 10305-1:2016	Tubos de acero para aplicaciones de precisión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 1: Tubos sin soldadura estirados en frío
UNE EN 10305-6:2016	Tubos de acero para aplicaciones de precisión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 6: Tubos soldados estirados en frío para circuitos hidráulicos y neumáticos.
UNE EN 764-4:2012	Equipos a presión. Parte 4: Establecimiento de las condiciones técnicas de suministro para materiales metálicos.
DNVGL-ST-0498	<i>Hydraulic Cylinders Estándar</i>
DNVGL-CG-0498	<i>Hydraulic Cylinders class guide line</i>

Nota: La normativa se debe aplicar siempre en su última edición. La edición aplicada en este trabajo es la última revisión existente en el momento de la realización del presente proyecto.

*Tabla 8. Normativa de los materiales a utilizar*  
*Fuente: Elaboración propia*

Los materiales y materia prima de los elementos estructurales sometidos a cargas, o presión hidráulica el en diseño, deben de poseer un certificado tipo 3.2 según la norma EN 10204 (en su última edición). También puede poseer un certificado tipo 3.1 según la norma EN 10204, y el fabricante (acería), tipo de material y formato que se use, debe estar aprobado por la entidad clasificadora DNVGL en su listado de fabricantes aprobados para construcción naval.

Dicha materia prima como chapas, redondos, tubos... el certificado 3.2, o en su defecto, el 3.1 por la norma EN 10204 según se detalla anteriormente, es un requisito obligatorio. En el caso de que el fabricante del material, el tipo de material o formato no este contemplado en las listas de la entidad clasificadora, se debe realizar unos ensayos mecánicos al material, o una probeta del mismo material o materiales (misma colada), y contrastar que los resultados obtenidos son los mismos que el certificado del fabricante de dicho material. Dichos laboratorios deben estar homologados, en el caso de realizarse en España por AENOR<sup>10</sup>, y poseer de Certificación ENAC<sup>11</sup>. También debe de tener implantadas la normativa ISO 17025 e ISO 17065. En estos ensayos mecánicos debe estar presente un inspector de la entidad clasificadora para certificar dichos ensayos.

Los materiales de aporte de soldadura solo deben de poseer certificado EN 10204, tipo 2.1.

Referente a la elección de materiales se va a seguir el siguiente protocolo de elección:

- Aplicación a los requisitos del cliente y a la normativa de la entidad clasificadora referente a requisitos de materiales.
- Requisitos técnicos necesarios para la buena funcionalidad del producto. Estos requisitos comprenden:

---

<sup>10</sup> AENOR\_ Agencia Española de Normalización

<sup>11</sup> ENAC: Entidad Naciones de Acreditación

- Buenas propiedades mecánicas: alto límite elástico, alto índice de resiliencia ante el impacto, buena capacidad al ambiente salino.
- Buenas propiedades químicas: que tenga en su certificado un bajo contenido de impurezas y con certificación de ensayo de radioactividad.
- Buena resistencia a la corrosión.
- Que posea buenas propiedades soldables y mecanizables. Va a disminuir la posibilidad de errores y va a abaratar el proceso de fabricación
- Que tenga fácil disponibilidad en el mercado, en diferentes marcas y proveedores.
- Que exista el formato adecuado a la fabricación de cada elemento.
- Proveedores y marcas reconocidas en el mercado.
- Precio competitivo.

#### **2.2.1.7. Viabilidad económica del producto**

Aunque la finalidad de cualquier proyecto de maquinaria industrial es ofrecer la mayor calidad posible del producto final, se debe de prestar atención que el producto entrara a competir en el mercado comercial, y debe de ser competitivo económicamente en el mercado. De nada sirve que se diseñe un buen producto, y este esté muy alejado de los precios de la competencia.

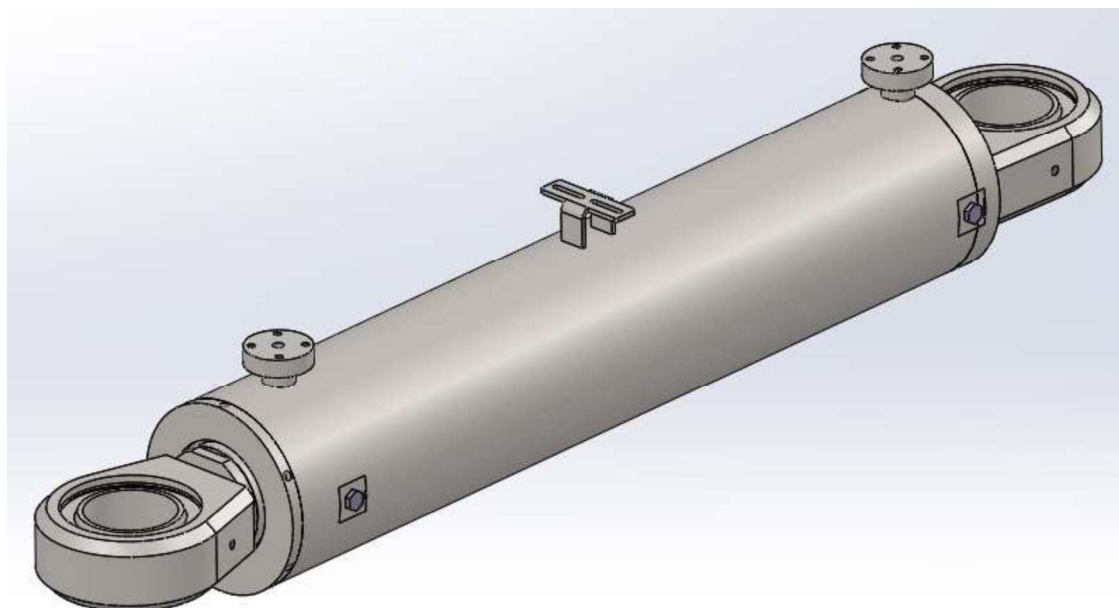
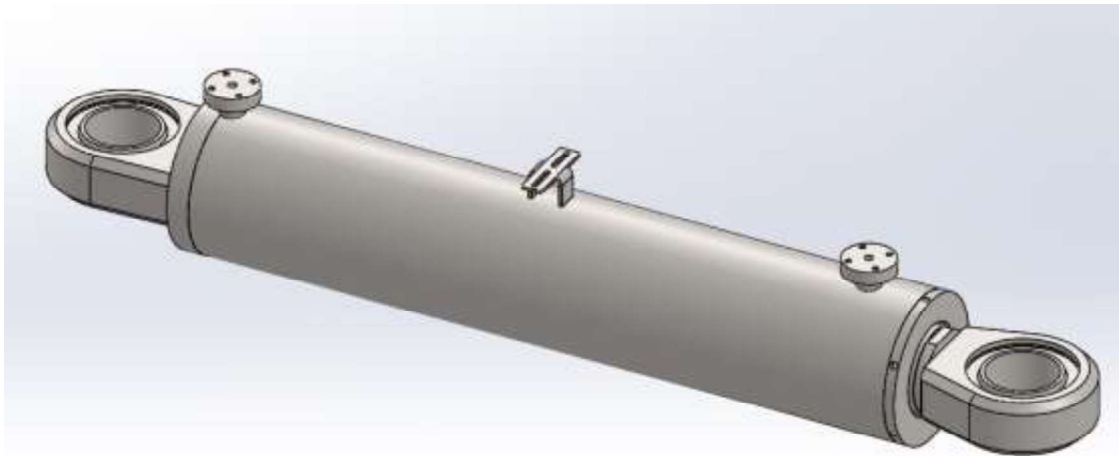
El precio elevado de un producto puede ser justificado por la alta calidad del mismo, pero dentro de unos márgenes económicos razonables.

A la hora de realizar un diseño, se deben de cumplir todos los requisitos solicitados, pero no se deben de agregar otros servicios que aumenten el precio del producto.



### 2.2.2. Propuesta de solución

Estudiando las necesidades solicitadas por el cliente, e intentando satisfacer los requisitos del diseño descritos. La propuesta realizada es un cilindro hidráulico de doble efecto diseñado en bases a la norma europea EN 13445 y las especificaciones de la compañía clasificadora de componentes navales DNVGL. Se propone el siguiente cilindro hidráulico:



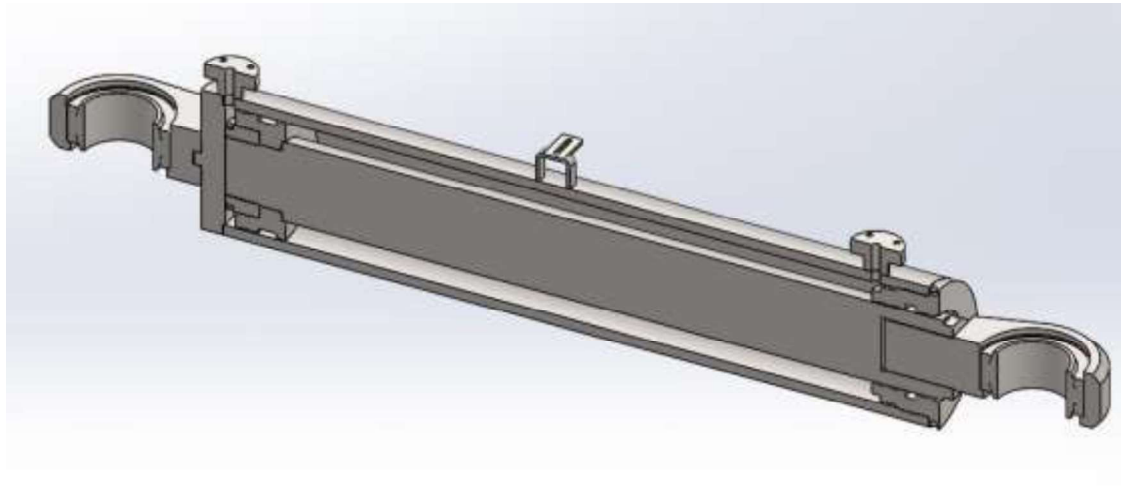
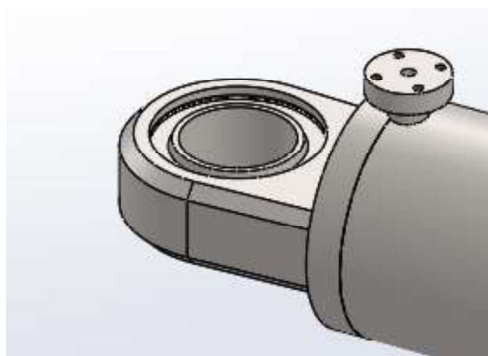
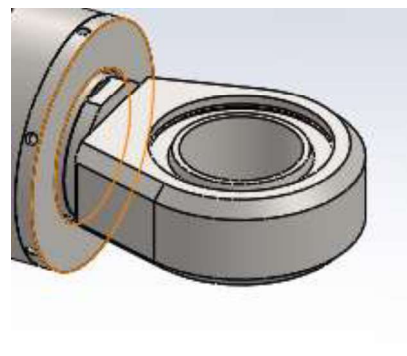


Figura 22. Propuesta cilindro hidráulico  
Fuente: elaboración propia.

La suportación va a ser por charnela, con rótula *uniball* en la parte trasera (camisa) y también en la parte delantera (vástago). A estas charnelas se van a llamar indistintamente orejetas, y van a ser de fabricación propia, no comerciales, para cumplir con los requisitos de fabricación de la entidad clasificadora DNVGL. Como se ha descrito, las rótulas de estas orejetas van a ser de libre mantenimiento.



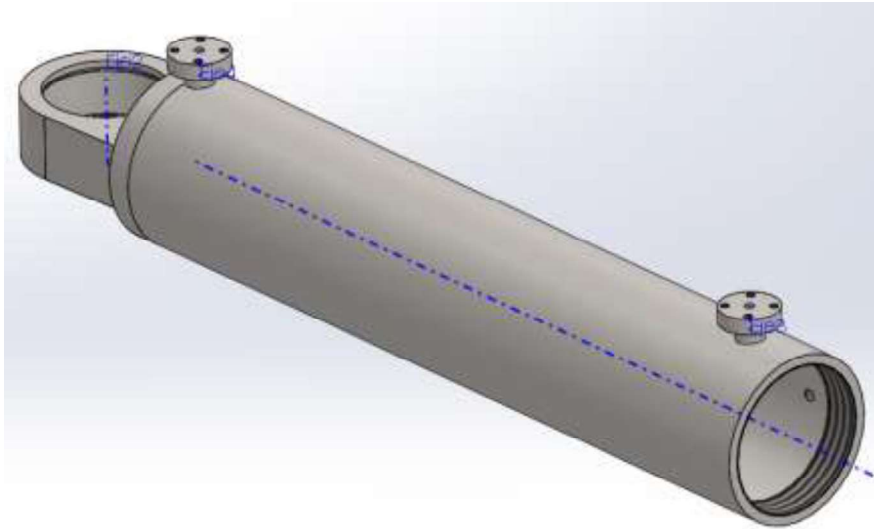
Charnela (orejeta) trasera con rótula



Charnela delantera con rótula

Figura 23. Charnelas (orejetas)  
Fuente: Elaboración propia

La camisa se va a componer de varios subcomponentes, los cuales van a ir unidos mediante soldadura.

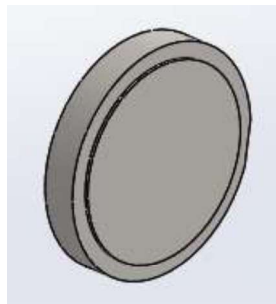


*Figura 24. Propuesta de camisa*  
Fuente: Elaboración propia

Dichos componentes de la camisa son:

- Tubo
- Culata (tapa trasera)
- Charnela trasera (orejeta trasera)
- Conexiones hidráulicas
- Soporte NS

Para la cámara presurizada se va a partir de un tubo lapeado (barra perforada) al cual se le suelda la tapa trasera. La tapa trasera lleva un mecanizado para encastrar dentro del diámetro interior del tubo.



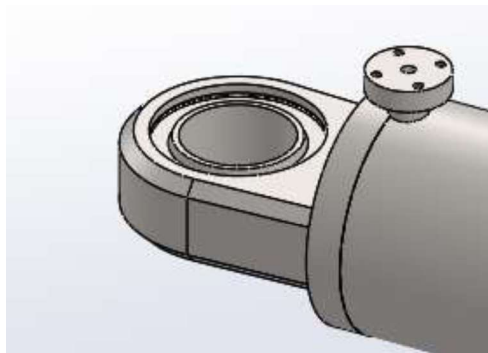
Culata



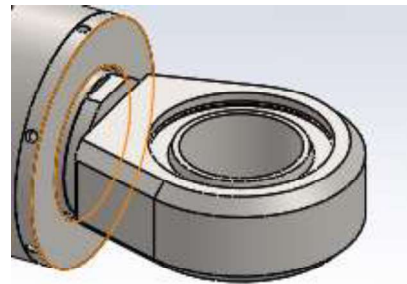
Tubo

Figura 25. Propuesta de tubo y tapa trasera  
Fuente: Elaboración propia

La suportación va a ser por charnela, con rótula *uniball* en la parte trasera (camisa) y también en la parte delantera (vástago). A estas charnelas se van a llamar indistintamente orejetas, y van a ser de fabricación propia, no comerciales, para cumplir con los requisitos de fabricación de la entidad clasificadora DNVGL. Como se ha descrito, las rótulas de estas orejetas van a ser de libre mantenimiento.



Charnela (orejeta) trasera con rótula

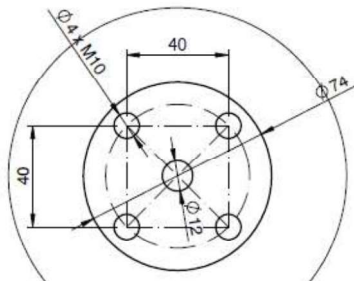


Charnela delantera con rótula

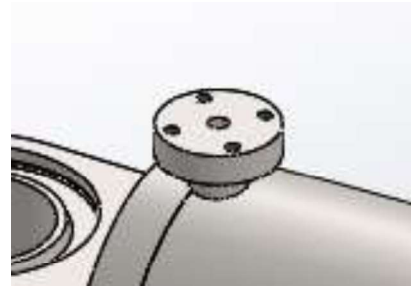
Figura 26. Charnelas (orejetas)  
Fuente: Elaboración propia

Las conexiones hidráulicas de entrada y salida del fluido hidráulico se han diseñado conforme a los requisitos del subcontratante, dimensionando las

medidas de libre elección para un diseño robusto. La unión al cuerpo de la camisa se ha establecido mediante soldadura.



Requisito del contratante



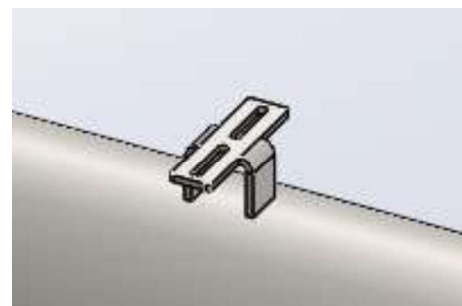
Diseño propuesto

Figura 27. Propuestas de conexiones hidráulicas  
Fuente: elaboración propia

El último componente que lleva soldado la camisa es un soporte para una brida de los tubos hidráulicos exteriores al cilindro. Se ha propuesto un soporte versátil y robusto, ubicado entre las dos conexiones hidráulicas.



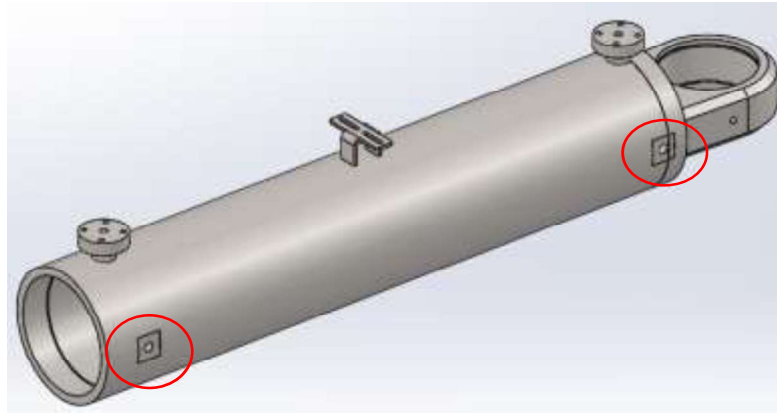
Brida NS



Diseño propuesto

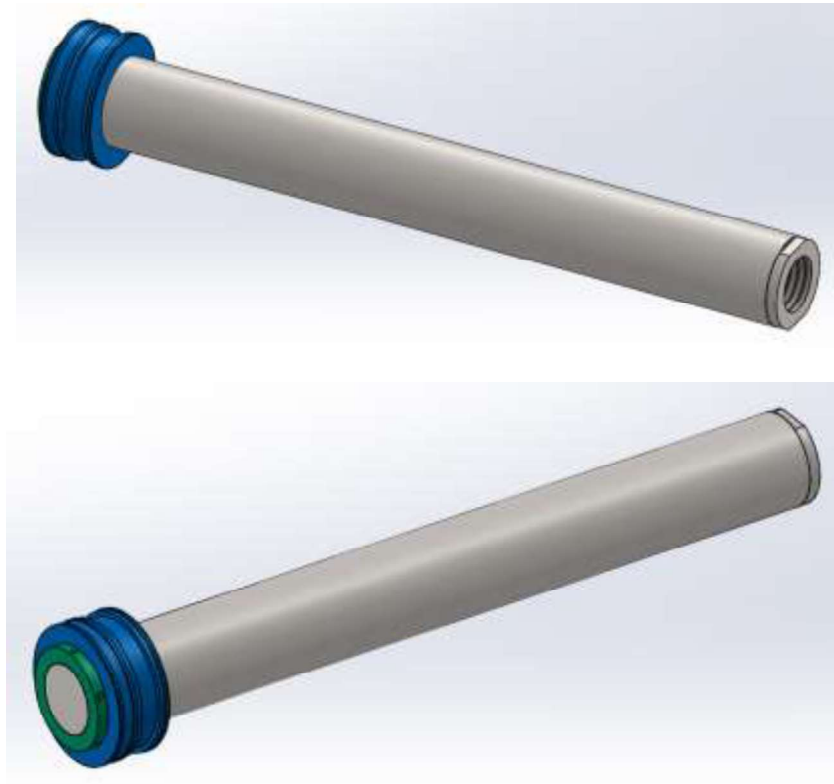
Figura 28. Propuesta de soporte NS  
Fuente: Hidraflex, con elaboración propia

En la camisa, también se van a realizar dos orificios roscados, con el propósito de que sean elementos de purga de aire del sistema, para facilitar el montaje y puesta en marcha del producto.



*Figura 29. Propuesta de purgadores*  
Fuente: Elaboración propia

Las piezas móviles que se van colocadas en el interior de la camisa y son accionadas por la presión hidráulica son el pistón y el vástago. El pistón se fija al vástago con una tuerca hecha a medida, pieza de fabricación propia.



*Figura 30. Propuesta de vástago, pistón y tuerca de pistón*

Fuente: Elaboración propia

Este conjunto se va a montar por separado, incorporándole al pistón las juntas hidráulicas de estanqueidad entre este mismo elemento y el interior de la camisa, formando la cámara de presurización del “lado pistón”.

El vástago va a ir concéntricamente en el interior del pistón y ambos elementos se fija mediante una tuerca, formando un subensamblaje solidario.

Se propone que el vástago en su parte contrapuesta al pistón, tenga una rosca hembra donde se va a instalar la charnela delantera.

El vástago va a entrar y salir del cilindro en cada ciclo de trabajo. Por ello se propone realizar un tratamiento químico de protección y dureza a esta pieza, para proporcionar mejor rendimiento en ambientes y climatologías adversas.

Para que el cilindro cumpla su función se debe de cerrar el sistema hidráulico con la cabeza de cierre, la cual, en su zona exterior va a cerrar con la camisa mediante una rosca, y debe de tener un orificio en su zona interna para que el vástago realice el movimiento requerido.

Esta pieza debe de llevar guías, juntas y diferentes sellos para mantener la presión de trabajo dentro de la cámara interna del cilindro, y que la labor de este se realice correctamente.

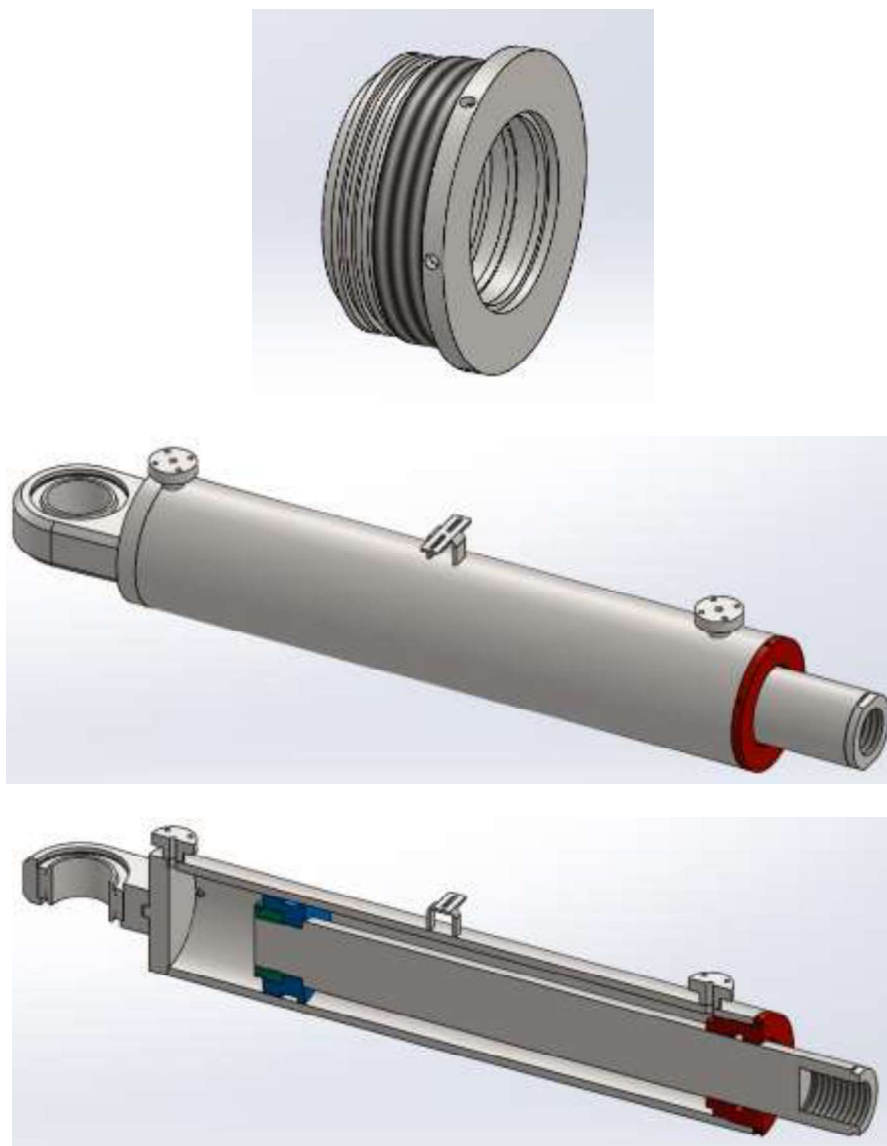


Figura 31. Propuesta de cabeza de cierre  
Fuente: Elaboración propia



La orejeta delantera debe ir roscada en el vástago. Se propone fijar esta unión con una soldadura de fijación de seguridad

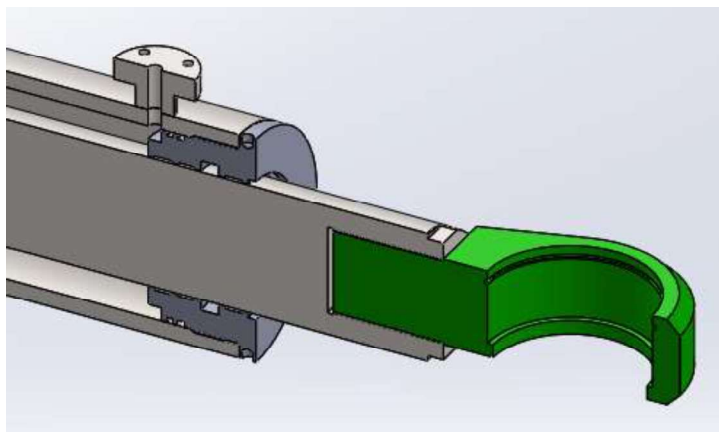
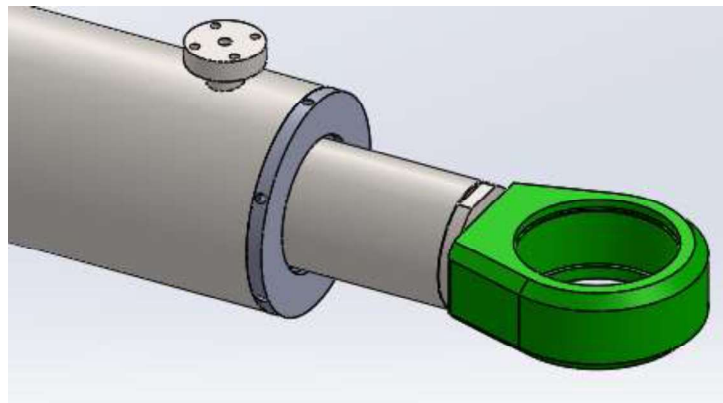
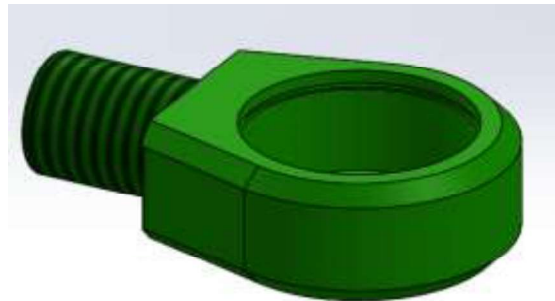
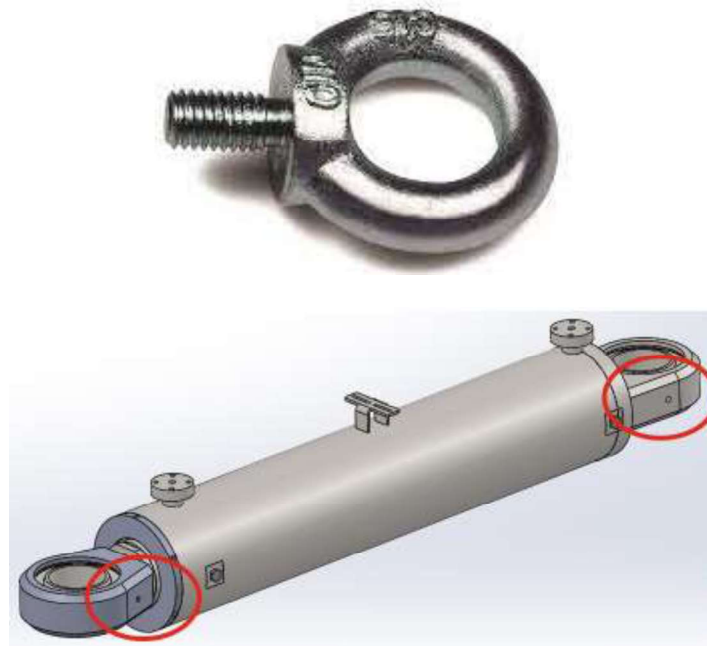


Figura 32. Propuesta de orejeta delantera  
Fuente: Elaboración propia

Se propone de montar solo para la manipulación y ensamblaje, unos cáncamos de elevación colocados en las orejetas (delantera y trasera), para la mejora ergonómica en la instalación y montaje del producto.



*Figura 33. Propuesta de cáncamos de elevación*  
Fuente: Opac y elaboración propia

Como elementos de protección, se propone utilizar como recubrimiento una pintura de uso marino, y especialmente para aplicaciones offshore, que conste de una o varias imprimaciones y un acabado final del color deseado por el cliente.

Para ofrecer la máxima calidad y requisitos de la entidad que homologa el producto, se proponen varios puntos de control en la futura fabricación, los cuales deben de tener supervisión, con la realización del informe de aceptación correspondiente.

Estos puntos de inspección son:

NUM	PPI	INSPECCIONES		
1	Revisión de cálculos y planos	Ingeniería		DNVGL
2	Trazabilidad de materiales a utilizar		Fabricante	DNVGL
3	Preparación de bordes de soldadura		Fabricante	
4	Soldaduras		Fabricante	
5	Ensayos END a soldaduras	Ingeniería	Fabricante	DNVGL
6	Control visual y dimensional		Fabricante	DNVGL
7	Test de presión	Ingeniería	Fabricante	DNVGL
8	Pintura + control visual		Fabricante	
9	Embalaje		Fabricante	
10	Conformidad	Ingeniería	Fabricante	DNVGL

Tabla 9. Propuesta de puntos de inspección  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3. Estudio y dimensionado

A continuación, se exponen las diferentes fases de la metodología con la que se desarrolla el proyecto.

#### 2.2.3.1. Fase 1: Identificación de necesidades y análisis del mercado

Aunque es difícil cuantificar el número total de buques, incluyendo pesqueros y buques de recreo, además actividad portuaria y de plataformas de extracción, la actividad naval constituye uno de los sectores más relevantes de la economía mundial. Según la *CIA World Factbook* a fecha de 2021, el número total de buques con arqueo<sup>12</sup> superior a 100 GT<sup>13</sup> es de casi 100.000 buques,

---

<sup>12</sup> Arqueo: El arqueo define la capacidad de volumen de un buque. Se distinguen dos tipos de arqueo: el arqueo bruto, que mide el volumen total del buque, y el arqueo neto, que mide el volumen de los espacios de carga y pasaje

<sup>13</sup> GT: Es una medida de capacidad del barco que cuantifica el volumen de todos los espacios interiores del buque, incluso camarotes, alojamientos, etc.

1800 plataformas y más de 800 puertos comerciales. Todos ellos, utilizan maquinarias que precisan el uso de cilindros hidráulicos.

Estos actuadores, cuando son destinados a este sector marino, deben de diseñarse con características particulares para ser actos y útiles en operaciones sin posibilidad de servicio externo por encontrarse en alta mar. Además, tienen que ser preconcebidos, independientemente del lugar donde se encuentren, a trabajar en condiciones ambientales extremas y en prolongados periodos sin que haya la posibilidad de un servicio técnico especializado por cualquier avería que pudiera suceder.

La razón de que se decida emplear la energía hidráulica, es por las grandes posibilidades que esta energía produce, abalada por la robustez que suelen tener estos equipos.

La cadena productiva donde se encuadran este tipo de productos comienza en la fabricación de buques, plataformas, diques de puertos, ..., seguido de la producción de la maquinaria para la ejecución de multitud de trabajos. Esta maquinaria puede ser desde grúas, compuertas, máquinas de arrastre o manipuladores, entre otros. Por esta razón encuadramos el producto de este proyecto como una cuasimáquina, formando parte de un subensamblaje del ensamble final.

Como se puede apreciar, las series productivas suelen ser cortas, muy cortas, y en gran número de ocasiones unitarias. Por esta situación, es habitual la realización de trabajos a medida y personalizados para cada proyecto. En el estudio de la competencia no se ha encontrado ningún fabricante de cilindros hidráulicos para el sector naval con productos en stock. Incluso las empresas que suministran este tipo de productos y poseen un catálogo de cilindros predefinidos para la adaptación final, comentan que dichos actuadores no son válidos para uno naval.

Cualquier transporte marítimo, plataforma o bien asociado, destinado a uso profesional, posee alguna maquinaria la cual precisa actuadores hidráulicos.

Por dichas causas, se genera la consecuencia de la creación de un nicho de mercado donde la ingeniería en diseño industrial y desarrollo del producto toma un papel protagonista como herramienta de generar las soluciones que este mercado requiere.

Como consecuencia, los consumidores de estos productos van a ser fabricantes de maquinaria naval que requieren para sus ensamblajes la fabricación de un actuador lineal, adaptado al medio donde se va a utilizar.

### **2.2.3.2. Fase 2: Especificaciones del producto**

Los consumidores de cilindros hidráulicos navales van a requerir un producto de la misma utilidad del fabricado a nivel industrial, pero que posea de características particulares. Dichas especificaciones son:

- a. Cumplir con los requisitos burocráticos suficientes, y que disponga la homologación necesaria para uso marino.
- b. Que sea un producto seguro para el usuario.
- c. Cumplir con las necesidades de carga, tanto trabajando a compresión, o a tracción, establecidas en los requisitos preliminares de la empresa contratante.
- d. Soportar con un grado de seguridad suficiente, la presión hidráulica de trabajo del sistema.
- e. Tener la protección suficiente para que el producto trabaje correctamente soportando los ambientes salinos y posea resistencia a la corrosión para este tipo de situaciones.
- f. Tener la robustez de suficiente porque, aunque trabaje en condiciones ambientales extremas y con ciclos de trabajo prolongados, cumpla la vida útil de utilización hasta la siguiente revisión.
- g. Ser un diseño ergonómico para su manipulación y uso.



- h. Estar diseñado con consumibles estándares para poder realizar el mantenimiento en cualquier puerto con servicio de mantenimiento naval.
- i. Poseer la capacidad de avisar precipitadamente de posibles fallos o roturas que se puedan acontecer. Aunque baje el rendimiento del producto, este siga siendo útil y pueda esperar la próxima llegada del mantenimiento, es decir, que el sistema no colapse por culpa de un fallo en el cilindro.
- j. Tener un diseño atractivo que marque diferencia con diseños anteriores y que se diferencie de la competencia.
- k. Tener un precio competitivo conforme al producto deseado, estando en unos valores de precios acorde con el mercado.
- l. Poseer un fácil mantenimiento, prestando atención en la fase de diseño a la facilidad de montaje y desmontaje del mismo.
- m. Optimizar el producto para que sus componentes y ensamblaje final sean lo más ligeros posibles.
- n. Realizar un manual de instrucciones técnicas con la información que el cliente necesita saber.

Es importante conocer la obligatoriedad o no de las especificaciones descritas. Para ello se detalla a continuación el grado de obligatoriedad e importancia de las especificaciones propuestas.

NUM	ESPECIFICACIÓN	NECESIDAD	IMPORTANCIA
		OB: Obligatoria NN: No necesaria	1: Poca imp. 5: Mucha importancia
a	Producto homologado	OB	3
b	Producto seguro para el usuario.	OB	5
c	Cumplir con las necesidades de carga	OB	5
d	Alto grado de seguridad a sobrepresión hidráulica	OB	4
e	Protección a la salinidad	OB	5
f	Robustez en construcción	OB	5
g	Diseño ergonómico	NN	2
h	Universalidad de consumibles	NN	4
i	Capacidad de aviso de fallo	NN	5
j	Diseño atractivo	NN	2
k	Precio competitivo	NN	4
l	Fácil mantenimiento, con fácil de montaje y desmontaje del	NN	4
m	Producto ligero de peso	NN	1
n	Manual de instrucciones	NN	3

*Tabla 10. Importancia de las especificaciones del producto*

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3.3. Fase 3: Diseño Conceptual

Esta fase traslada el modelo funcional de las especificaciones y requisitos, al modelo conceptual, adoptando por medio de bocetos, los primeros bocetos del producto.

Se croquizan los requisitos básicos que expone el cliente. Dichos puntos a croquizar son:

- Concepto de cilindro hidráulico con camisa, pistón, vástago y cabeza, croquizar en sección.
- Croquizar la carrera y la distancia “entre centros”
- Colocar cabeza de cierre.
- Cilindro de doble efecto → Lleva 2 conexiones hidráulicas.
- Conexiones hidráulicas específicas del cliente.
- Diseño de orejeta delantera y orejeta trasera, ambas con rótula y biseladas.
- Acople de elementos de elevación.

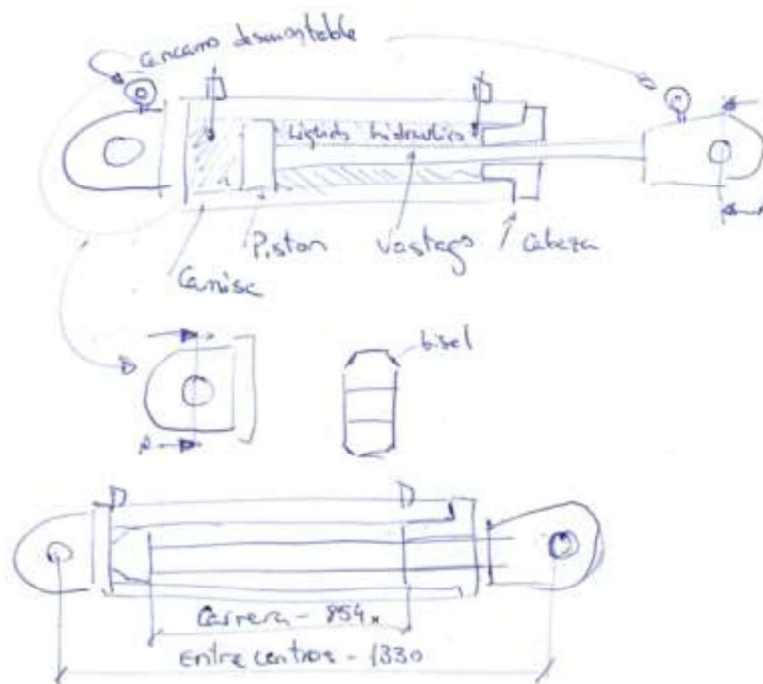


Figura 34. Croquis diseño conceptual 1  
Fuente: elaboración propia



Se inicia el diseño conceptual con el croquis típico a mano alzada de un cilindro hidráulico. Se parte por dibujar la camisa a la cual se le van a ir situando el resto de elementos principales como el vástago, el pistón, la cabeza y las orejetas.

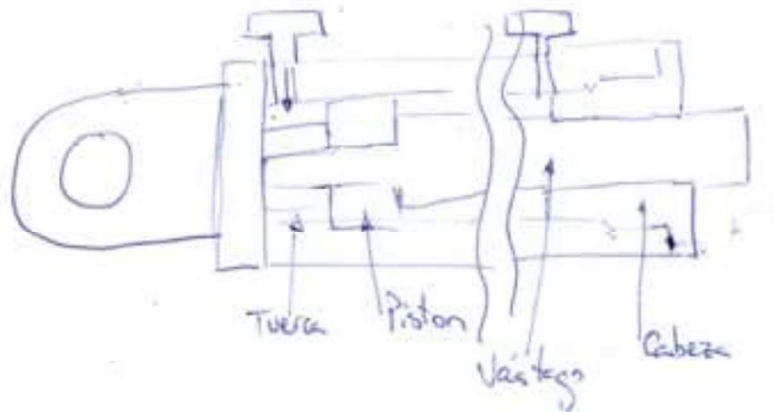


Figura 35. Croquis diseño conceptual 2  
Fuente: elaboración propia

Una vez determinada la colocación de los elementos básicos, se colocan elementos como las tomas hidráulicas y las rótulas de las orejetas. En este paso se transforman también las orejetas para poder acoplar elementos de elevación y transporte.

El objeto de diseño es conseguir los requisitos del demandante con las dimensiones adecuadas para un correcto ensamblaje. Las piezas fabricadas a medida, deben ir ensambladas conjuntamente con piezas de suministro estándar.

Se pasa a concebir cada pieza por separado. Los cálculos y dimensiones se van a abordar en una fase posterior.

Camisa:

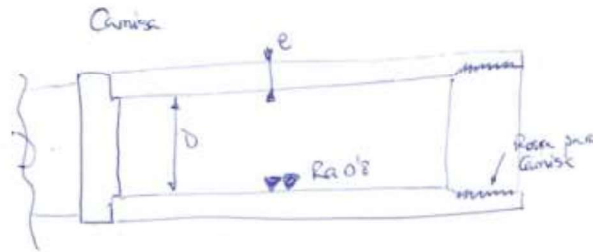


Figura 36. Croquis de diseños conceptual 3  
Fuente elaboración propia

Vástago:

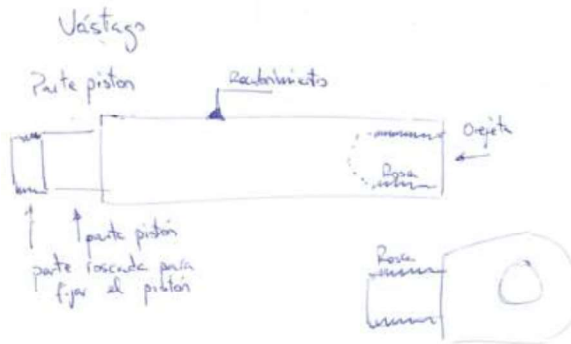


Figura 37. Croquis de diseños conceptual 4  
Fuente: elaboración propia

Pistón:

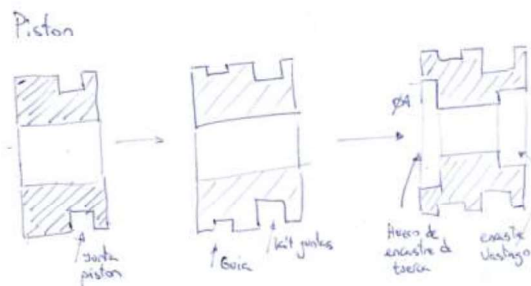


Figura 38. Croquis de diseños conceptuales 5  
Fuente: Elaboracion propia

Cabeza:

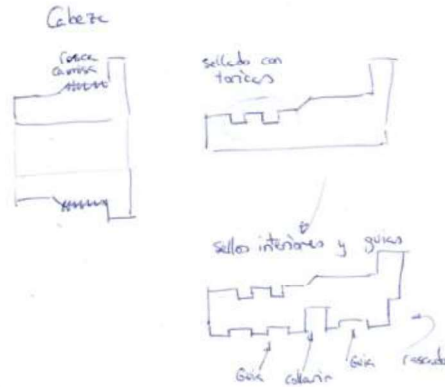


Figura 39. Croquis de diseños conceptuales 6  
Fuente: Elaboración propia

Se intenta realizar el primer ensamblaje con las piezas esbozadas, dimensionando el conjunto con el objetivo visualizar gráficamente los requisitos que solicita el demandante. Se intenta aproximar algunas cotas de conjunto.

En este momento de deben de plantear posibles dudas que surjan, para la correcta interpretación en fases posteriores

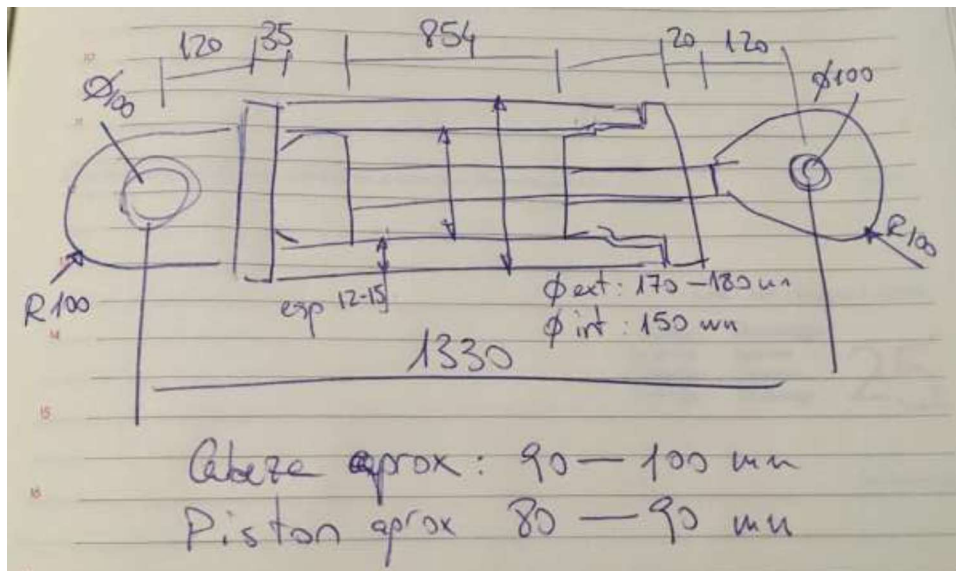


Figura 40. Croquis de diseño conceptual 7  
Fuente: Elaboración propia

En las fases sucesivas, se continuará el proceso de diseño con un software de diseño asistido por ordenador (CAD), que va a fomentar la integración digital del producto, como la minimización de errores en el desarrollo.

#### **2.2.3.4. Fase 4: Diseño Preliminar**

En esta fase, se debe de afinar el diseño conceptual aplicando los conocimientos técnicos, los materiales adecuados, pensando en una futura fase de producción de dicho producto.

Los requisitos del cliente tienen que estar totalmente planteados y en vías de desarrollo para finalizar esta fase de diseño.

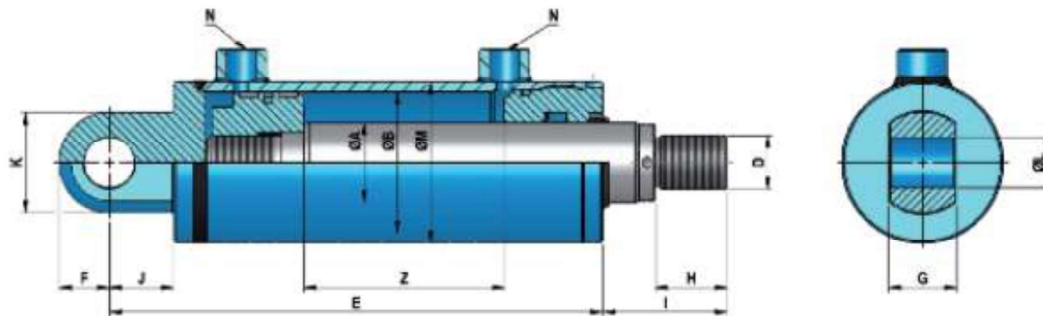
Como se ha expuesto en apartados anteriores, los aspectos mecánicos y funcionales, prevalecerán a los estéticos y formales.

Esta fase de diseño preliminar consta de varios subapartados:

- a. Estudio de la ingeniería inversa de tecnología y diseños existentes en el mercado:

Aunque los cilindros para uso naval se conciben en pequeñas series y con un diseño a medida, se van a analizar diferentes técnicas de acometer los diseños.

En el apartado dimensional la mayoría de fabricantes de cilindros ofrecen un croquis acotado con variables y unas tablas donde se detallan las diferentes opciones dimensionales dependiendo de la presión de trabajo utilizada y de las cargas requeridas.



REF.	Ø A	Ø B	E	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N BSP
8300/Z	20	32	127 + Z	M14x1,5	13	16	18	35	20	26	12	42	1/4
8301/Z	22												
8302/Z	25	40	122 + Z	M16x1,5	16	20	22	40	25	32	16	50	3/8
8303/Z	28												
8304/Z	25												
8305/Z	28	50	132 + Z	M20x1,5	20	25	28	48	28	40	20	60	3/8
8306/Z	30												
8307/Z	36												
8308/Z	30												
8309/Z	35	60	138 + Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25	70	3/8
8310/Z	40												
8311/Z	36												
8312/Z	40	63	138 + Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25	75	3/8
8313/Z	45												
8314/Z	35												
8315/Z	40	70	146 + Z	M27x2	25	32	36	58	32	50	25	80	3/8
8316/Z	45												
8317/Z	36												
8318/Z	40												
8319/Z	45	80	171 + Z	M33x2	32	40	45	68	45	64	32	95	3/8
8320/Z	50												
8321/Z	56												
8322/Z	45												
8323/Z	50												
8324/Z	56	100	193 + Z	M42x2	40	50	56	85	55	80	40	115	1/2
8325/Z	60												
8326/Z	70												
8327/Z	70	125	275 + Z	M48x2	50	60	63	92	65	100	50	145	3/4
8328/Z	90												
8329/Z	80	140	295 + Z	M64x3	56	65	85	120	70	112	56	160	3/4
8330/Z	90												
8331/Z	110	160	313 + Z	M80x3	63	80	95	130	75	126	63	180	1
8332/Z	110	200	373 + Z	M80x3	80	100	95	130	95	160	80	230	1

Figura 41. Ejemplos de diseños existentes  
Fuente: Cicrosa

Estudiando estas características, el usuario puede visualizar las medidas principales que puede tener el producto que necesita, al igual que preparar los diseños de maquinarias a las medidas preconcebidas que ofrece un fabricante en concreto. En este punto, el demandante del actuador hidráulico debe de conocer como mínimo los datos de la presión (o intervalo de presión) a la que va a trabajar el sistema, las cargas de compresión y tracción que requiere, y la carrera que va a utilizar.

El inconveniente que puede acarrear este sistema es que las opciones que ofrece el fabricante no satisfagan los requerimientos del demandante, lo cual va a suponer un estudio y diseño personalizado. En el sector naval, al ser fabricación en cortas series, este supuesto va a suceder continuamente.

También existen fabricantes que ofrecen características generales de sus productos ofreciéndolas en una tabla de características generales:

CARACTERÍSTICAS																		
Norma	ISO 3320 - DIN 24334																	
Tipo de construcción	Soldado																	
Presión nominal	200 bar																	
Presión de prueba	300 bar																	
Posición de montaje	Indiferente																	
Temperatura ambiente	-20°C...+80°C con estanqueidad tipo 3-8 / -20°C...+160°C con estanqueidad VITON tipo 2																	
Temperatura del fluido	-20°C...+80°C con estanqueidad tipo 3-8 / -20°C...+160°C con estanqueidad VITON tipo 2																	
Fluido	Aceite mineral – Otros fluidos bajo demanda																	
Viscosidad	12...90 mm <sup>2</sup> /s																	
Filtración	Grado de filtración según NAS 1638 clase 9...10 a obtener con filtro β <sub>0.5</sub> = 75																	
Estanqueidad vástago y pistón	Ver codificación para pedido																	
Ø Pistón (mm)	40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	220	250	320	360	400	450	500	
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 3	0,5		0,4		0,25				0,20									
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 8	1				0,7				0,5									
Longitud de amortiguación (mm)	Trasera	23	23	26	25	33	38	38	44	43	43	43	43	48	60	60	70	80
Carrera mínima (mm)	Sin amortig.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Con amortig.	25	25	30	30	40	45	45	50	50	50	50	50	55	65	65	75	85
Tolerancia de carrera	ISO 8135																	

Figura 42. Características cilindros Glual  
Fuente: Glual

Al igual que lo detallado anteriormente, el problema se crea cuando se demanda alguna especificación no contemplada.

En el apartado de cálculos, solo los fabricantes de cilindros industriales, ofrecen algunos cálculos como las cargas o el pandeo, parámetro muy importante cuando se trabaja con cilindros de extensa carrera, y cargas a compresión elevadas.

### PANDEO

Los cálculos para pandeo son realizados utilizando las siguientes fórmulas:

**1. Cálculo según Euler**

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{S \cdot L_k^2} \quad \text{si } \lambda > \lambda_g$$

**2. Cálculo según Tetmajer**

$$F = \frac{d^2 \cdot \pi(315 - \lambda)}{4 \cdot S} \quad \text{si } \lambda \leq \lambda_g$$

**Explicación:**  
 E = Módulo de elasticidad en N/mm<sup>2</sup> - 2,1x10<sup>5</sup> para acero  
 I = Momento de inercia en mm<sup>4</sup> para una sección circular  
 $= \frac{d^4 \cdot \pi}{64} = 0,0491 \cdot d^4$   
 S = 3.5 (Coeficiente de seguridad)  
 L<sub>k</sub> = Longitud libre de pandeo en mm (dependiendo del tipo de fijación, ver figuras 1,2,3 de la página 10).  
 d = Ø del vástago en mm  
 λ = Grado de esbeltez  
 $= \frac{4 \cdot L_k}{d} \quad \lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{\delta_{0,2}}}$   
 δ<sub>0,2</sub> = Límite elástico del material del vástago.

**Ejemplo:**  
 Se busca un cilindro de la serie KZ ejecución S con rótula en ambos extremos para una fuerza de empuje F de 100 kN (10200 kp) a una presión de funcionamiento de 100 bar. La longitud de carrera debe ser 850 mm.  
 Una primera estimación de la longitud libre de pandeo L<sub>k</sub> proporciona :  
 L<sub>k</sub> = L = 2x longitud de carrera = 1700 mm [ver página 10 fig. 2]  
 El gráfico (página 10) nos muestra que un Ø del vástago de 70 mm es suficiente.  
 Basándose en la zona requerida A<sub>1 req</sub>. La tabla de elección de la página 13 indica un Ø del pistón de 125 mm.  
 A<sub>1 req</sub> = F/p = 10200 kp/100 bar  
 A<sub>1 req</sub> = 102 cm<sup>2</sup> (condición: A<sub>1 req</sub> < A<sub>1</sub>)  
 La longitud libre de pandeo puede ser determinada de las tablas de dimensiones de la página 32 (tipo de fijación S) y página 67 (cab de rótula 140 KZ 046) de la siguiente manera:  
 L<sub>k</sub> = L, es decir, la distancia entre las rótulas con el vástago extendido.  
 L<sub>k</sub> = XO + carrera + carrera + CH  
 L<sub>k</sub> = 337 + 850 + 850 + 140 = 2177 mm.  
 El gráfico de la página 10 indica que el Ø del vástago seleccionado de 70 mm es suficiente para la fuerza del empuje requerido.

Figura 43. Ejemplo de pandeo  
Fuente: Glual

O simplemente a realizar el mismo cálculo de a través gráfico con el diagrama de pandeo de Euler.

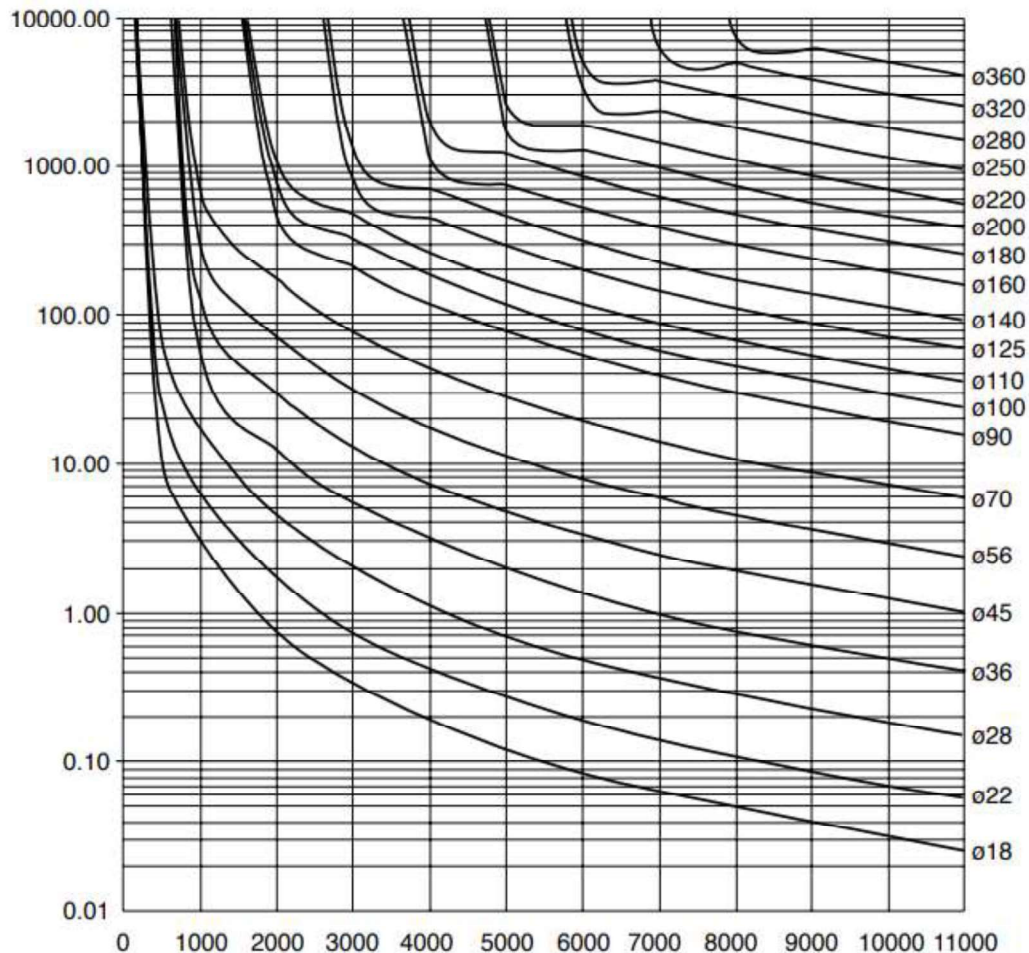


Figura 44. Gráfica de pandeo de Euler  
Fuente: Glual

Teniendo como parámetros de entrada la carrera y la carga requerida, donde se toma el cilindro como una biga sólida y se calcula la flexión. Este cálculo es muy utilizado por su simpleza, pero muy restrictivo y generalista.

Pero al igual que en el apartado dimensional, quedan muchos parámetros sin definir, tan importantes como el pandeo como son: esfuerzos de tracción, tensión en las rótulas, fijación del pistón y cierre de la cabeza o posibilidad de sobrepresiones en las juntas.

Referente a los cálculos, tampoco se documentan la posibilidad de existencias de cargas dinámicas.



Si contabilizamos los fenómenos ambientales, el parámetro más utilizado es el rango térmico de utilización, pero no se valoran agentes como la corrosión, ambientes de trabajo con polvo, o si está preparado simplemente para espacios exteriores, o solo para interiores.

En el apartado de material, existe otro tabú al respecto. Mientras en el sector naval es prioritario realizar estudios de trazabilidad aportando certificado de la materia prima con la que se trabaja y siguiendo unos controles exhaustivos de calidad, ningún fabricante en su oferta generalizada o en catálogo, ofrece este tipo de información.

La conclusión es que los cilindros para uso marino, requieren de un estudio y diseño personalizado, donde hay poca bibliografía, pero se debe de tomar como referencia la experiencia del sector combinado con técnicas actuales.

b. Desarrollo de la ingeniería básica del producto:

Antes de comenzar por el estudio y diseño de cada elemento del producto, se va a proponer una guía de partida para el cálculo dimensional de los elementos constructivos.

Se parte de los siguientes datos de partida:

<b>Magnitud</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>unidad</b>
Presión de trabajo	p	200	Bar
Carga a compresión	F o F <sub>C</sub>	300	KN
Carga a tracción	F <sub>T</sub>	55	KN
Carrera	C	854	mm
Distancia entre centros de las rótulas	R	1330	mm

*Tabla 11. Datos de partida cálculos*  
Elaboración propia

Los pasos a seguir son:

1- Se calcula el diámetro mínimo del pistón, a través del área mínima que debe tener dicho pistón mediante la fórmula:

$$A = F / p$$

$$A = \pi * (D/2)^2$$

El diámetro de pistón resultante es 169.6 mm. Se decide redondear el resultado a pistón de 180 mm.

2- Conocido el diámetro del pistón, se pasa a calcular el diámetro mínimo del vástago. Si se aplican las mismas fórmulas que el apartado anterior, siendo ahora el área  $(D - d)$ , donde "d" es el diámetro del vástago:

$$A = F_T / p$$

$$A = \pi * ((D-d)/2)^2$$

El diámetro del vástago máximo será de 137.8 mm.

Para saber el mínimo diámetro del pistón, se medirá el pandeo del cilindro. Por el método de Euler, y para tener un coeficiente de seguridad de 4, se puede aproximar mediante la siguiente gráfica:

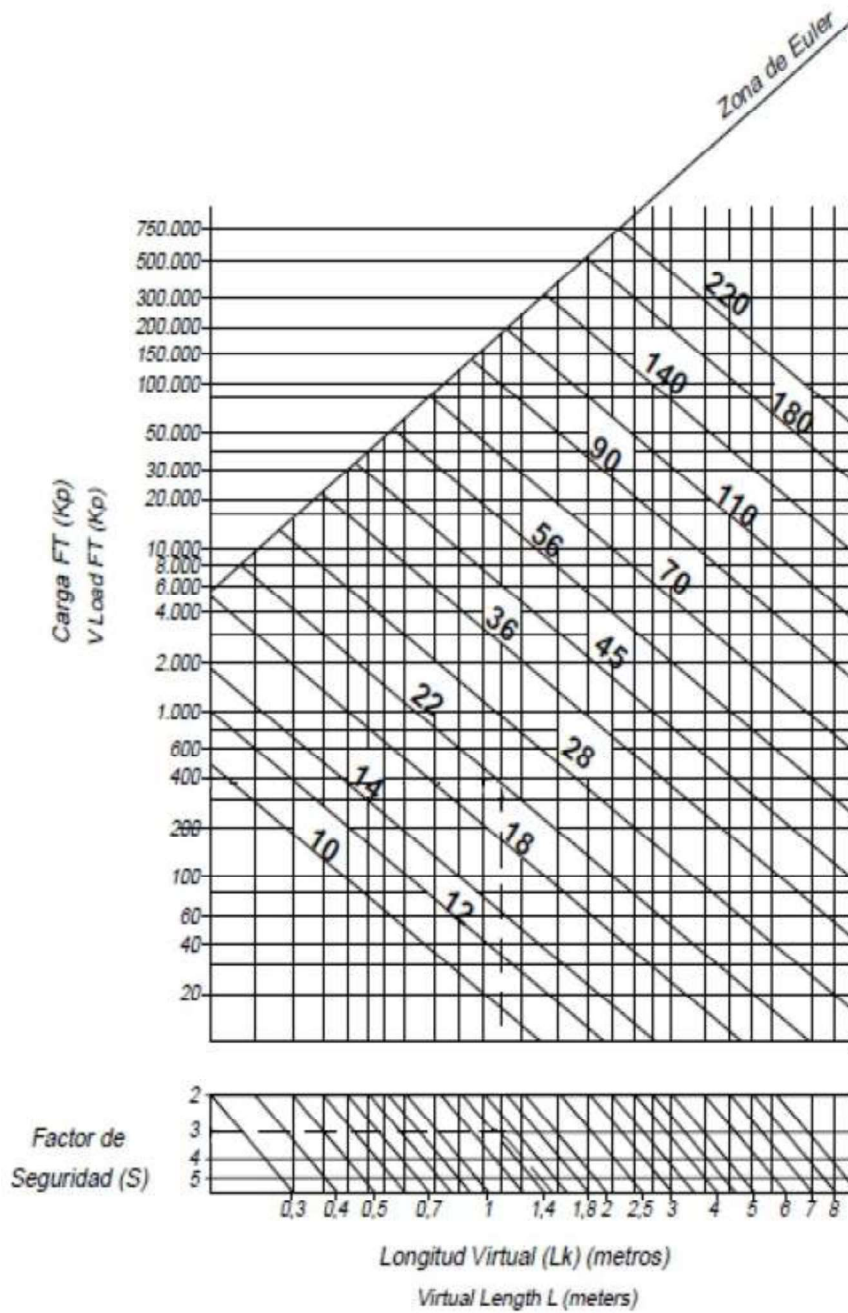


Figura 45. Gráfica de pandeo de Euler con coef. de seguridad  
Fuente: Elaboración propia

Si la distancia entre rótulas con el cilindro extendido (carrera C + entre centros R) es de 2184 mm, el valor aproximado del diámetro del vástago va a

ser de 90 mm. Además, hay otro requisito preliminar que es soportar estáticamente una carga de 930 KN. Para cumplir este requisito, se someterá al vástago a un cálculo de flexión pura. Dando un valor ponderado de 112.65 milímetros.

Se decide diseñar el vástago con un valor de 120 mm de diámetro.

Se desestima realizar otro cálculo de pandeo más minucioso ya que el procedimiento más restrictivo como es el de Euler se cumple sobradamente.

3. Cálculo del espesor de la camisa. Para realizar este cálculo existen varios métodos. Se decide el cálculo según la norma DIN 2413:

$$e = \frac{D * p}{20 * \sigma_y * \frac{J}{Kp}} * \% \text{ tolerancia extra}$$

Donde:

$\sigma_y$ : Límite elástico del material

J: Coeficiente de eficiencia (normalmente 1 = 100%)

Kp: Coeficiente de seguridad sobre la presión (entre 1.5 y 2)

El resultado del espesor es 12.38 mm. Se podría diseñar el producto con un espesor de camisa de 12.5 mm, pero según detallan las especificaciones, se debe de utilizar materiales lo más estándares posible, con lo que se decide diseñar la camisa con 15 mm de espesor. El hándicap negativo es el aumento de peso, especificación con poco nivel de importancia, y el consecuente aumento del costo económico de materia prima.

4- Espesor de la culata: Se decide realizar este cálculo con una simple formula facilitada por la Norma UNE EN 13455-3, fórmulas 10.4.10 y 10.4.11:

$$e = \text{máx.} \left\{ \left( C_1 \times D_1 \sqrt{\frac{P}{f}} \right), \left( C_2 \times D_1 \sqrt{\frac{P}{f_{\text{mín.}}}} \right) \right\}$$

$$f_{\text{mín.}} = \text{mín.} \{ f; f_s \}$$

Donde:

C1 y C2 son constantes de la EN 13445-3, tabla 10,4-4 y 10,4-5

$f_{\text{mín.}}$ : es el valor mínimo de tensión del material, es decir, el valor más bajo entre  $\sigma_y/1.8$  o  $\sigma_r/2.4$ .

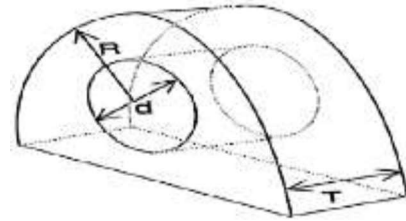
Con estos datos, el valor mínimo del espesor de la culata es de 31.02 mm, tomando como valor de diseño 35 mm.

5- Cálculo de las dimensiones de las orejetas: Se calculan por la normativa del DNVGL-CG-0198, punto 8. Este método de diseño, consta de comprobar la tensión de la orejeta, sustituyendo las variables por los valores deseados. En este caso, se va a testear la tensión de la orejeta con una anchura de 80 mm, diámetro interior de 160 mm, ambos valores regidos por las dimensiones estándares de la rótula de diámetro 100 que va encastrada en esa ubicación. El diámetro exterior se considera de 200 mm (radio de 100 mm).

$$\sigma_t = \frac{F}{T \cdot (D-d)} \sqrt{\frac{D^2}{d^2} - \frac{D}{d} + 1} \leq \sigma_y$$

Donde:

- F: Máxima carga del cilindro a tracción (N)
- T: Anchura de la orejeta
- D: Diámetro exterior de la orejeta =  $2 * R$   
(mm)
- d: Diámetro interior de la orejeta (mm)
- $\sigma_y$ ; Límite elástico del material (MPa)



Esta pieza se calcula que va a estar sometida a una tensión de 44.67 MPa, valor muy por debajo del límite elástico del material que es 350 MPa.

Una vez llegados a este punto, donde son sabidos los elementos constitutivos del producto y los cálculos preliminares, se realiza un estudio de los diferentes elementos de los que consta el cilindro.

- Camisa: Es el elemento del cuál se parte como chasis del producto, incorporándole el resto de componentes.

La propia camisa costa va a constar de 5 elementos requeridos por el cliente en el producto. Estos son: El tubo o barra perforada, la culata, la orejeta trasera, las tomas hidráulicas y un soporte para sujeción de elementos externos llamado soporte NS. De los cuales se hay realizado ya los cálculos dimensionales.

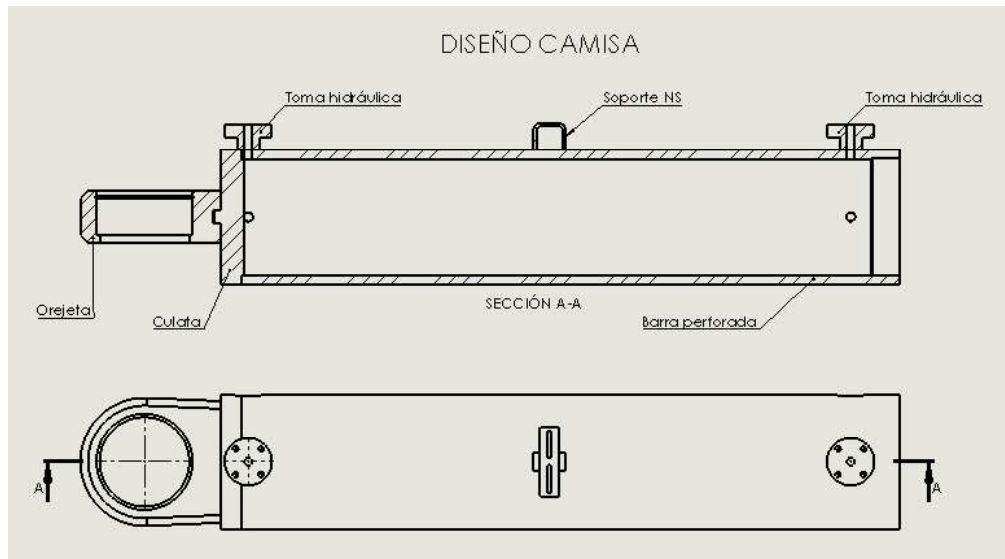


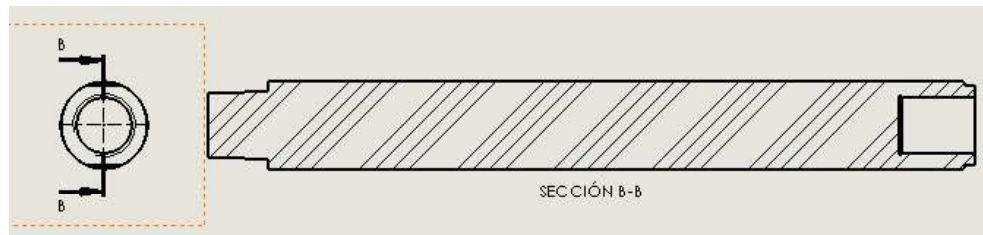
Figura 46. Componente de la camisa  
Fuente: Elaboración propia

Se prevé fabricar estos componentes en acero al carbono, material S355J2 para materiales planos, o E355 para materiales con formato circular. El soporte NS se va a realizar en material inoxidable AISI 316 ya que no se le va a aplicar recubrimiento.

El motivo de la elección de estos materiales es la facilidad de disponibilidad, buena maleabilidad, excelentes cualidades ante la soldadura al tener bajo porcentaje de carbono, y que son fácilmente reparables (buenas propiedades mecánicas).

Al requerir certificación 3.2 de la EN 10204, se recomienda que los materiales planos sean de la calidad EH36 y los de formato redondo provenientes de una acería homologada por DNVGL.

- Vástago: Geométricamente es una pieza cilíndrica, donde se conecta en un extremo con una rosca macho con el pistón, y en el otro lado con una rosca hembra con la orejeta delantera. En este lado, se realizan unos planos mecanizados, para poder fijar esta pieza en un banco de trabajo.



*Figura 47. Diseño preliminar vástago*  
Fuente: Elaboración propia

Una vez conocido las dimensiones, calculadas en el apartado anterior, posee dos cualidades de diseño de especial análisis: el material a elegir y el tipo de recubrimiento a aportar.

Referente al material de elección, este tiene que poseer buenas propiedades mecánicas, sobre todo en tracción y resiliencia, y un buen comportamiento ante la corrosión. Entre las opciones en acero al carbono, el material 42CrMo4, posee grandes cualidades mecánicas, aunque este tipo de materiales no posee buen comportamiento en ambientes corrosivos.

Existe un material laminado y tratado especialmente para ambientes extremos. El nombre es “Nikrom”, calidad 500. El problema que presenta este material es su bajo límite de resiliencia y al impacto. Este inconveniente, es importante ya que soportaría negativamente las cargas dinámicas.

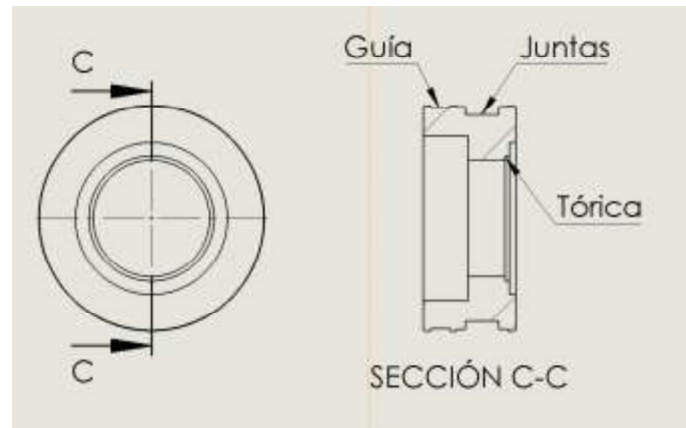
El material que se considera adecuado es el DIN 1.4462, acero inoxidable austenítico. Es un material con excelentes propiedades mecánicas y químicas, y alta capacidad de aguantar en ambientes corrosivos. Aunque el precio es superior al 42CrMo4 e inferior al Nikrom 500, y está muy extendido en el mercado con buena disponibilidad. Hay otros inoxidables austeníticos de grandes características y cualidades, pero con precios mucho más alto. El único inconveniente que genera, es que a diferencia del Nikrom, necesita recubrimiento.



Entre los recubrimientos se decide aplicar un tratamiento químico de 3 capas: la primera de níquel (de 30  $\mu\text{m}$ ) para obtener menor porosidad y mejor capacidad ante la corrosión. Le siguen dos capas de cromoduro (120  $\mu\text{m}$  + 120  $\mu\text{m}$ ). Hay otra posibilidad de recubrimiento como es la proyección de óxido de plasma, que, aunque dota a las piezas de muy buenas características en general, la producción es bastante costosa.

- Pistón: La parte más crítica de esta pieza es realizar el diseño correctamente. Relativo a los materiales, al no poseer soldadura, se decide fabricar en material de acero al carbono C45, por su alto contenido en carbono posee grandes características mecánicas.

Lo correspondiente a su diseño, en su diámetro exterior se realiza la hendidura para un kit de juntas Simko 320 y una banda guía, se coloca la banda más ancha posible. La decisión de colocar un kit de juntas Simko modelo 320 es por la excelente robustez que posee, además de la facilidad en la distribución y disponibilidad. En su diámetro interior, se coloca una junta tórica, que realiza la función de sello entre el pistón y el vástago.



Guía

Junta pistón

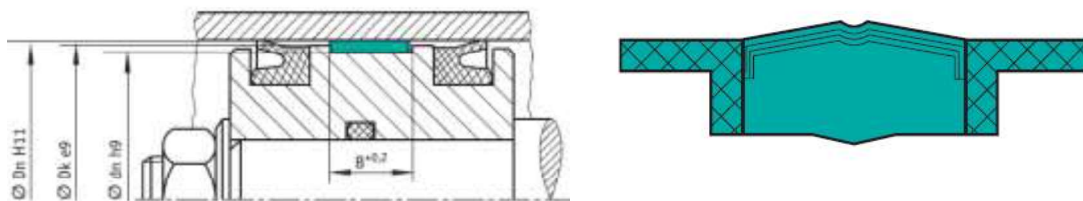
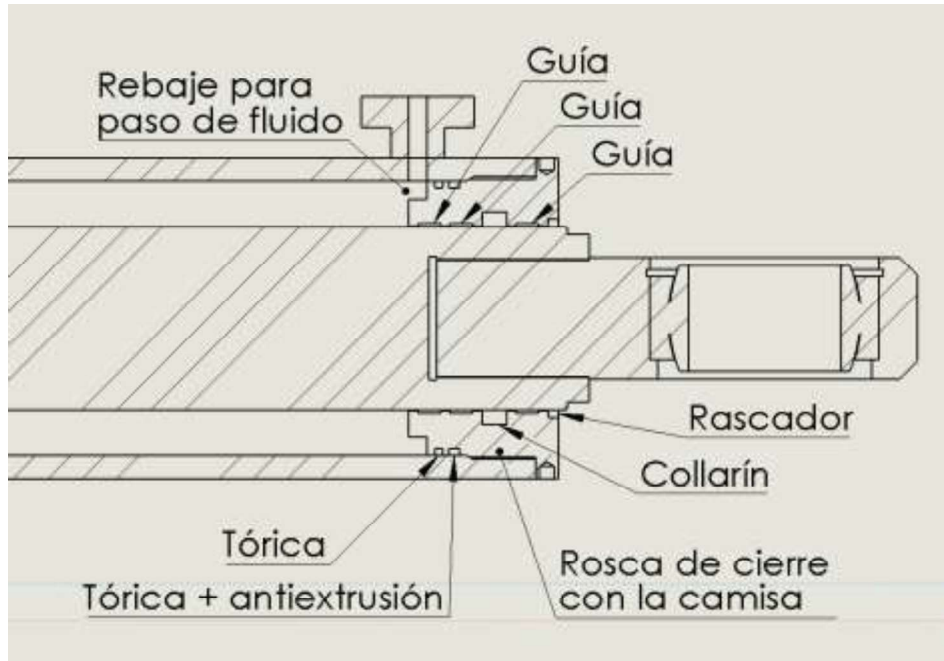


Figura 48. Diseño preliminar pistón  
Fuente: Catálogo Epidor

- Cabeza: Hay dos puntos importantes de señalar en el diseño preliminar de la cabeza: material a elegir y diseño. Referente al material, al ir enroscada en la camisa, se debería fabricar de un material metálica diferente a ella, por ejemplo, hierro fundido o bronce, siendo este último un buen candidato por su excelente rendimiento en casi todos los aspectos. El problema que estos materiales son difíciles de homologar con certificado 3.2, e incluso un certificado 3.1 solo lo poseen ensayando el material. Lo más práctico es utilizar EH36, material ya homologado, y en el momento del ensamblaje, utilizar grasa anti-gripante con base en litio.

En relación a su diseño, es una pieza que debe de sellar en su diámetro exterior con la camisa, y en su diámetro interior con en vástago, además

con este último de forma dinámica. Los materiales utilizados para este fin se detallan en el siguiente croquis.



### Guías para Vástago

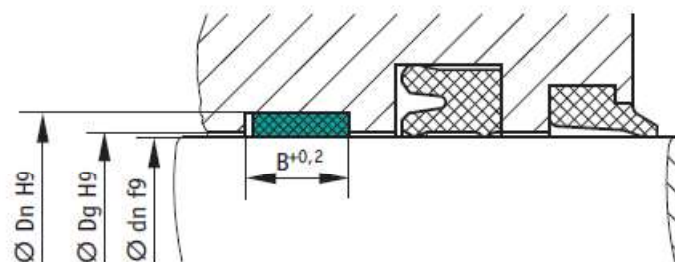


Figura 49. Diseño preliminar cabeza  
Fuente: Elaboración propia

Las medidas y referencias de las juntas y sellos, se detallan en la lista de materiales de los planos del presente proyecto.

### 2.2.3.5. Fase 5: Diseño del detalle

Se van a describir con exactitud el diseño final y la justificación del mismo de cada elemento que componen la lista de materiales del producto.

Para la facilidad de la visualización y generación de planos se utiliza el software informático Solidworks versión 2021, que facilita el proceso de diseño, y disminuye la posibilidad de errores, visualizando posibles interferencias u otros defectos en la concepción del ensamblaje.

Los detalles constructivos referente a la fabricación de cada pieza, se encuentran en los planos descriptivos de este proyecto.

Se detallan a continuación los diseños finales de cada pieza:

#### Elemento 1: Camisa

Nombre	Camisa	
Elementos que la componen	1a: Tubo o barra perforada 1b: Culata 1c: Orejeta trasera 1d: Conexiones hidráulicas 1e: Soporte NS Nota: los detalles de cada elemento se pueden consultar en el apartado e planos.	
Materiales:	1a: Tubo o barra perforada: 1b: Culata 1c: Orejeta trasera 1d: Conexiones hidráulicas 1e: Soporte NS Nota 1: Se decide de partir desde una barra perforada con la medida interior terminada. Nota 2: Se decide utilizar en chapas de acero al carbono el material EH36 por ser un material con certificado 3.2 según la EN 10204	E355 o S355J2 EH36 (opcional S355J2) EH36 (opcional S355J2) S235JR, S275JR o S355J2 AISI 316L
Proceso de unión	Soldadura. Ver tipo de soldadura en plano de soldadura	

Proceso de fabricación	Corte, soldadura y mecanizado
Medidas generales	
Protección	<p>Pintura con categoría a la corrosión C5-M (tricapa), a excepción de zonas mecanizadas que se deba aplicar grasa de protección para exteriores, o barniz pelable.</p> <p>El soporte NS de material AISI 316L debe de quedar sin pintar.</p> <p>No se decide aplicar dentro de la camisa ningún recubrimiento de dureza por el alto coste que supone. La camisa al ir bañada interiormente en material aceitoso, estará protegida ante la corrosión y continuamente lubricada.</p>
Características principales	<p>La camisa consta de 5 elementos de fabricación independientes, los cuales van pre-mecanizados y unidos mediante soldadura. Estas soldaduras de unión deben de ir inspeccionadas según los puntos de inspección descritos en el apartado correspondiente.</p> <p>El interior de la camisa debe de poseer una tolerancia H8</p> <p>La rugosidad máxima del interior de la camisa debe ser Ra0.8.</p> <p>Peso total del cilindro en vacío 232 kgs</p>
Justificación	<p>Se ha decidido usar el proceso de unión por soldadura, por el motivo principal de evitar la corrosión por grietas entre las piezas que lo componen.</p> <p>Prestar atención de la tolerancia dimensional y de la rugosidad del interior de la camisa para el correcto deslizamiento del pistón.</p>

*Tabla 12. Detalles camisa*  
Fuente: elaboración propia

## Elemento 2: Vástago

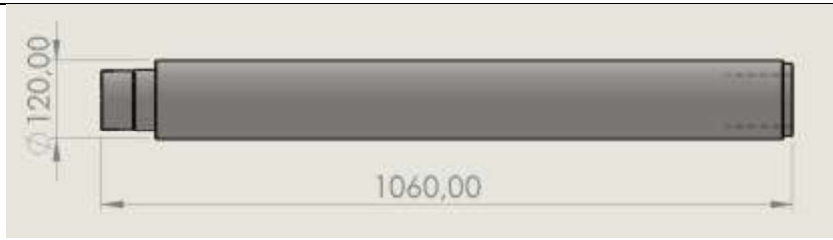
Nombre	Vástago
Materiales:	Materia prima: DIN 1.4462 Inoxidable austenítico
Protección:	1 capa de níquel entre 20 $\mu\text{m}$ y 30 $\mu\text{m}$ 2 capas de cromoduro 120 $\mu\text{m}$ + 120 $\mu\text{m}$ Total del recubrimiento: min: 220 $\mu\text{m}$ – max 270 $\mu\text{m}$
Proceso de fabricación	Mecanizado + recubrimiento electrolítico de níquel + cromoduro.
Medidas generales	
Características principales	<p>El vástago es en material inoxidable austenítico 1.4462.</p> <p>Recubrimiento de níquel como protección al ambiente salino.</p> <p>Protección de cromoduro como revestimiento de dureza del producto</p> <p>El interior de la camisa debe de poseer una tolerancia f7</p> <p>La rugosidad máxima del interior de la camisa debe ser Ra0.8.</p>
Justificación	<p>Se descarta la utilización de materiales de acero al carbono por su bajo índice de resistencia a la corrosión.</p> <p>Se descarta la utilización de materiales pretratados como el Nikrom 500 porque, aunque tienen muy buena resistencia corrosiva, sus características mecánicas son insuficientes (valor de resiliencia demasiado bajo)</p> <p>Se descartan materiales inoxidables martensíticos por el bajo índice de fluencia (límite elástico demasiado bajo)</p>

Tabla 13. Detalle vástago  
Fuente: Elaboración propia

### Elemento 3: Pistón

Nombre	Pistón
Materiales:	Materia prima: C45
Protección:	Sin protección
Proceso de fabricación	Mecanizado
Medidas generales	
Características principales	<p>Se realiza un pistón que contiene el kit de juntas, y deja otro espacio para la colocación de una banda guía, que favorece el guiado y evita la posibilidad de pandeo.</p> <p>El pistón también se ha diseñado con un encastre en la unión con el vástago para mejorar la unión entre ambas piezas.</p> <p>Todas las esquinas están biseladas</p>
Justificación	<p>El material elegido para el pistón es acero al carbono C45. Al ir en el interior del cilindro, sumergido en líquido aceitoso, no necesita protección ante la corrosión. Lo más importante es que sea un material resistente, con buenas características mecánicas, y con un precio económico.</p>

*Tabla 14. Detalles del pistón*  
Fuente: Elaboración propia

#### Elemento 4: Cabeza

Nombre	Cabeza de cierre
Materiales:	Materia prima: EH36 (opcional S355J2)
Protección:	Grasa de montaje en la parte roscada
Proceso de fabricación	Mecanizado
Medidas generales	
Características principales y justificación	<p>Se elige utilizar el material EH36 a pesar de no existir materiales de características superiores como acero fundido o bronce, el material EH36 viene con certificado 3.2 por EN 10204, lo que favorece y agiliza la homologación del producto. Se debe prestar especial atención a engrasar generosamente la rosca de unión entre la cabeza y la camisa.</p> <p>Los sellos de cierres entre camisa y cabeza, se realizan con 2 juntas tóricas teniendo una de ellas un aro antiestruxión que evita que se deforme.</p> <p>Referente a las juntas de vástago, se realizan con un collarín y un rascador, este último evitando que entre suciedad en el sistema hidráulico. Dichas juntas vienen preparadas para 400 bares de presión hidráulica.</p> <p>Esta pieza se une con la camisa de forma roscada.</p> <p>Se realiza el encastre para 3 bandas guías con el fin de evitar la posibilidad de pandeo.</p> <p>Todas las esquinas están biseladas</p>

Tabla 15. Detalles cabeza  
Fuente: Elaboración propia

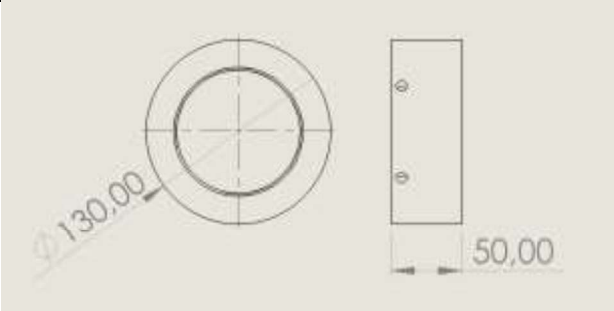


### Elemento 5: Orejeta delantera

Nombre	Orejeta delantera
Materiales:	Materia prima: EH36 (opcional S355J2)
Protección:	Pintura con categoría a la corrosión C5-M (tricapa), a excepción de zonas mecanizadas.
Proceso de fabricación	Mecanizado
Medidas generales	
Características principales y justificación	<p>El material utilizado es EH36 por ser un material con certificado 3.2 por EN 10204, favoreciendo la documentación, el plazo de entrega y los costes económicos. Las características químicas y mecánicas son suficientes.</p> <p>Charnela realizada con rosca macho de M78x P2. Estructuralmente la rosca aguanta la tensión a tracción.</p> <p>El radio exterior y el ancho de este componente está dimensionado por la normativa DNVGL-CG-0194.</p> <p>Se ha diseñado el interior de la orejeta para insertar una rótula GE-100-2RS, libre de mantenimiento con un circlíc de seguridad DIN 472 Ø150</p> <p>Se realiza un taladro roscado de M12 para la colocación de un cáncamo de elevación</p>

Tabla 16. Detaller orejeta delantera  
Fuente: Elaboración propia

### Elemento 6: Tuerca del pistón

Nombre	Pistón
Materiales:	Materia prima: C45
Protección:	Sin protección
Proceso de fabricación	Mecanizado
Medidas generales	
Características principales	<p>Material mecánicamente resistente</p> <p>Rosca interior de M90 x P3</p> <p>Diámetro exterior adaptado al rebaje del pistón.</p> <p>El pistón lleva un rebaje en el lateral de la tuerca para que encastre perfectamente.</p>
Justificación	<p>El material elegido para la tuerca es acero C45, material de alto carbono. Está sumergido en líquido aceitoso, con lo que no necesita protección ante la corrosión. Este material es mecánicamente resistente y con un precio económico.</p>

*Tabla 17. Detalles tuerca del pistón*  
Fuente: Elaboración propia



### **2.3. Normativas y referencias utilizadas**

La documentación técnica reglada que se toma como referencia en esta memoria, queda reflejada en el apartado de bibliografía y subapartado de normativa del presente documento.



### 3. Anexos

Anexo 1: Plantilla de requerimientos técnicos previos.

Anexo 2: Cálculos de diseño de cilindros hidráulicos.

Anexo 3: Plantilla de trazabilidad

Anexo 4: Plantilla de test de presión



### Anexo 1: Plantilla de requerimientos técnicos previos.

---

PROYECTO:

---

OBRA:

---

UBICACIÓN / USO:

- Portuaria       A bordo       Offshore       Subacuático
- Otro: \_\_\_\_\_

---

EFECTO:

- Simple       Doble       Buzo       Telescópico
- Otro: \_\_\_\_\_

---

CARGAS:

Carga compresión: \_\_\_\_\_ KN

Carga tracción: \_\_\_\_\_ KN

Notas:

---

PRESIONES:

Presión de diseño: \_\_\_\_\_ bares

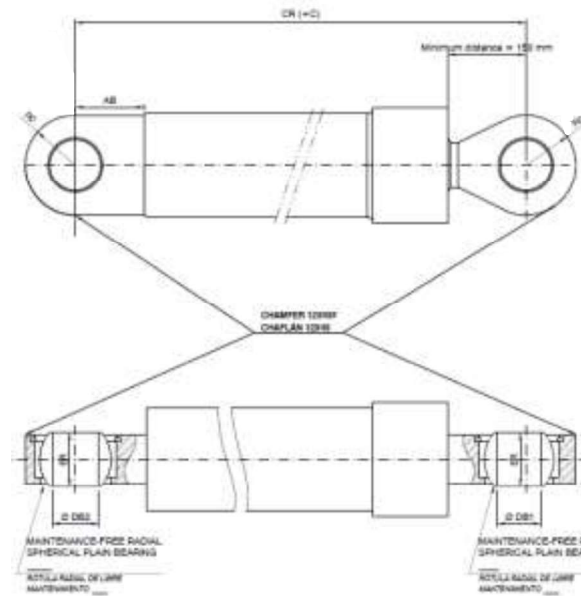
Presión de trabajo: \_\_\_\_\_ bares

Presión de prueba: \_\_\_\_\_ bares

Notas:

---

DETALLES DIMENSIONALES Y TÉCNICOS:



Notas:

---

PROTECCIÓN: (Describir tipo de protección requerida)

---

CONTROLES DE CALIDAD:

---

OTRAS OBSERVACIONES:

---

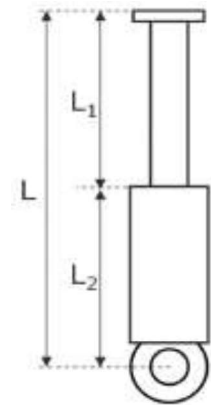
---

## Anexo 2: Cálculos.

Los cálculos explicados en el diseño del detalle se pasan a una hoja de cálculo para optimizar cálculos futuros. Se expone dicha hoja:

### HYDRAULIC CYLINDER CLASS GUIDELINE

INPUT INFORMATION		DATA	UNITS
$D_o$	Outer diameter of the cylinder tube	210	mm
$D_i$	Inner diameter of the cylinder tube	180	mm
$d_o$	Outer diameter of the piston rod	120	mm
$d_i$	Inner diameter of the piston rod	0	mm
	Retracted	1330	mm
	Stroke	854	mm
E	Young's modulus of elasticity	206000	Mpa
$\sigma_y$	Yield strength of cylinder tube	355	Mpa
$R_m$	Tube tensile strength	550	Mpa
$I_1$	$I_{tubo}$ (Moment of inertia for cylinder tube)	43935664	mm <sup>4</sup>
$I_2$	$I_{vástago}$ (moment of inertia for piston rod)	10178760	mm <sup>4</sup>
$L_1$	L1 (length of the cylinder part to mounting)	1195	mm
$L_2$	L2 (length of piston rod- mounting)	989	mm
L	Extracted	2184	mm



Solicita los siguientes datos de entrada:

- Diámetros de tubo (interior y exterior)
- Diámetros de vástago (interior también por si fuera telescópico)
- Carrera
- Distancia entre centros
- Límites elásticos del tubo
- Longitudes L1 y L2

Calcula:

- Momento de inercia del tubo y del vástago

### Cálculos de carga:

LOADS STUDY			
	Max. nominal load to pulling	5,5 Tm	53,93685 KN
	Max. nominal load to pushing	30 Tm	294,201 KN
	Max. admissible load to pulling	Tm	0 KN
	Max. admissible load to pushing	Tm	0 KN
$P_{push}$	Push working pressure	200 Bar	20 Mpa
	Pull working pressure	200 bar	20 Mpa
	Design Pressure	230,7692 Bar	
	Test pressure	300 Bar	Mpa
$F_a$	Pushing force	50,8938 Tm	499,1002 KN
$F_{pull}$	Pulling force	28,27433 Tm	277,2779 KN

### Datos de entrada:

- Cargas solicitadas, a compresión y tracción.
- Presión de trabajo.

### Calcula

- Presión de prueba.
- Cargas admisibles. Si en color es verde es que la información dimensional dada en el apartado anterior es correcta.

### Calculo del espesor del tubo

TUBE THICKNESS (by DIN 2413)			
P	Max. working pressure	200 bares	coef. Seguridad extra
$k_p$	Pressure safety coefficient	1,7	
e	Joint efficiency	1	
	Extra tolerance on thickness	30 %	
t	Min thickness	12,39252 mm	

Comprueba directamente si los datos dimensionales referentes al tubo son correctos. En este caso el cilindro requiere un espesor mínimo de 12.39 mm, y el cilindro diseñado tiene 15 mm.



Se ha realizado una comprobación por el método del DNVGL, y el resultado es parecido: 12.32 mm de espesor

TUBE THICKNESS (by DNVGL-CG-0194. Point 5.1)		
p	Design pressure	230,7692 bares
e	Joint efficiency	0,9 (medida usual)
c	Corrosion allowance	0,3 (medida usual)
$\sigma_t$	Nominal design stress	236,6667 N/mm <sup>2</sup>
t	Min thckness	12,32749 mm

A continuación, se comprueba el cálculo del espesor de la culata mediante la fórmula 10.4.11 de la norma EN13445-3:

END COVER- BOTTOM THICKNESS (EN 13445-3, formula 10.4.11)		
C1	Constant (EN 13445-3, table 10,4-4)	0,35
C2	Constant (EN 13445-3, table 10,4-5)	0,7
$f_{min}$	Minimun stress	229,1667 Mpa
$e_t$	End cover minimun thickness	32,57 mm

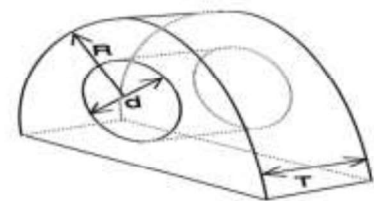
Según esta formula se requiere una culata de espesor mínimo de 32.57 mm. El diseño tiene 35 mm.

Cálculo de orejetas: Por la normativa del DNVGL: se comprueba que con los datos introducidos, la orejeta tiene una tensión de 99.26 MPa, muy por debajo del límite elástico del material (355 MPa).

El color verde señala que los cálculos de la orejeta son correctos.

$\sigma_{ee}$	END EYES (by DNVGL-CG-0194)	99,2693 Mpa
$F_{pull}$	Cylinder traction force	277277,9 N
T	Width of end eye - anchura orejeta	80 mm
D	Outer diameter of end eye (= 2R)	200 mm
d	Inner diameter of end eye	160 mm
$\sigma_y$	Yield strenght (end eye material)	355 Mpa

$$\sigma_t = \frac{F}{T \cdot (D-d)} \sqrt{\frac{D^2}{a^2} - \frac{D}{d} + 1} \leq \sigma_y$$



A continuación, se estudian la tensión a tracción (24.51 MPa), muy por debajo del límite elástico del material del vástago, e igualmente la tensión en las roscas, la cual da un valor de 35.99 MPa, valor muy bajo en comparación de los límites elásticos.

	TENSIÓN A TRACCIÓN VÁSTAGO	24,51675	Mpa
$R_{ev}$	Yield strength Rod	600	Mpa
	STRESS THREADED HEAD		
$\sigma_{comb}$	Thread combined strenght	35,99673	Mpa
$F_{pull}$	Max pull load	277277,9	N
$L_e$	Thread leght	45	mm
$D_s$	Thread min diameter	180	mm
$L_p$	Thread Pitch	3	mm

Por último, se analiza el pandeo por 2 metodos: Euler y norma DNVGL-CG-1894

	BUCKLING LOAD (Euler)		
	Carga crítica de pandeo de Euler	1084,67	KN
	Factor de seguridad de carga de Euler	4	
	Tensión de Euler		Mpa
	BUCKLING LOAD (DNVGL-CG-0194. point 4.2)		
Z	Parameter Z	2,55E-05	
$F_E$	Buckling load	36483,62	
SF	Safety factor	8,63	

El valor de Euler nos indica que se podría desplazar una carga de 1084.67 newton con un factor de seguridad 4.

Por la norma del DNVGL, el valor de seguridad para la carga definida es de 8.63.

Los datos son óptimos en la totalidad de ellos, y no habrá posibilidad de colapso.



### Anexo 3: Plantilla para trazabilidad de la materia prima

	<b>INFORME DE TRAZABILIDAD</b> <b>TRAZABILITY REPORT</b>	Informe nº: _____
--	---	-------------------

<b>CLIENTE:</b> <i>CUSTOMER:</i>	<b>Nº PEDIDO:</b> <i>PURCHASE ORDER Nº:</i>	<b>NORMATIVA</b> <i>RULE:</i>	<b>Nº DE DOCUMENTOS:</b> <i>Nº OF DOCUMENT:</i>

LISTA DE CERTIFICADOS CERTIFICATES LIST								
Nº	NUM / DESCRIPCION ITEM / DESCRIPTION	PLANO DRAWING	MATERIAL MATERIAL	FORMATO FORMAT	LISTA DE ACERIAS STEEL MILLS LIST	TIPO CERT. CERT. TYPE	NUMERACIÓN: NUMERING:	COLADA HEAT

**OBSERVACIONES/ REMARKS:**

<b>CEPTADO/ACCEPTED:</b> <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO		<b>INSP. MECOXI:</b>	<b>REVISADO:</b> <i>INSPECTED:</i>
	<b>Nombre/Name</b>		
	<b>Fecha/Date:</b>		
	<b>Firma/Signature:</b>		

**PARTES SIN DOCUMENTAR:**  
**PARTS WITHOUT DOCUMENT:**

**Anexo 4: Plantilla del test de presión:**

**PRESSURE TEST REPORT  
INFORME DE TEST DE PRESIÓN**

<b>Customer:</b>		<b>Ref. / Order:</b>	
<b>Work:</b>		<b>Drawing</b>	
<b>OT:</b>		<b>Delivery note:</b>	
<b>Application:</b>			

<b>General information:</b>	<b>Test site:</b>	
	<b>Date</b>	
	<b>Equipment:</b>	Equipo hidráulico modelo 0611
	<b>Fluid:</b>	HLP 46
	<b>Regulations:</b>	Acuerdo con la norma de fabricación y prueba DIN 24333
<b>Background:</b>	La prueba se realiza antes de la protección de pintura. Soldaduras y cierres limpios y secos con ausencia de escoria.	
<b>Test:</b>	Test realizado a cada uno de los 13 cilindros: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presión de trabajo: 250 bares</li> <li>2. Prueba de recorridos en compresión y extensión. Comprobación de carrera y funcionamiento a doble efecto.</li> <li>3. Presión de prueba 350 bares durante 60 segundos</li> <li>4. Aceptación con ausencia de fugas y estanqueidad interna.</li> </ol>	
<b>Incidents:</b>		
<b>Results:</b>		
<b>Notes:</b>		
<b>Attached documents</b>	---	---

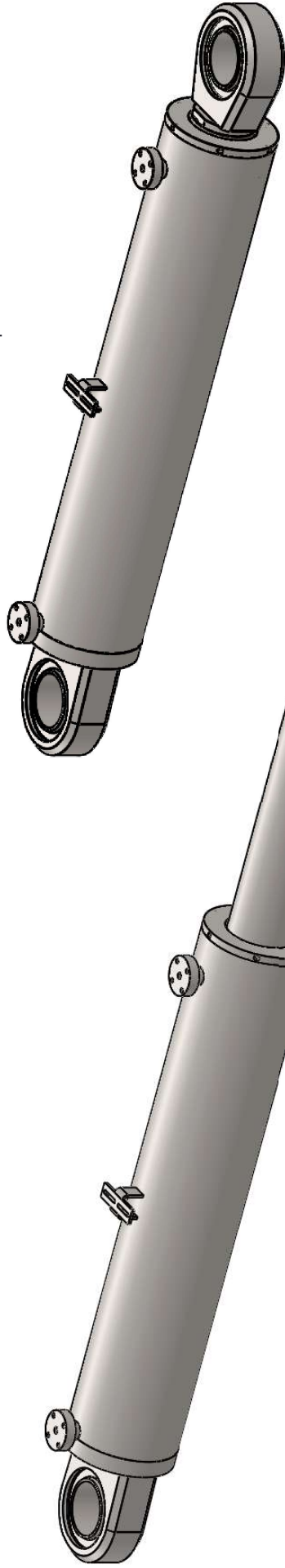
<b>NAME / POSITION:</b>		<b>NAME / POSITION:</b>	
<b>STAMP / SIGNATURE:</b>		<b>STAMP / SIGNATURE:</b>	
<b>DATE:</b>		<b>DATE:</b>	



## 4. Planos

Cilindro 180 - 120 / 854  
Extendido

Cilindro 180 - 120 / 854  
Comprimido



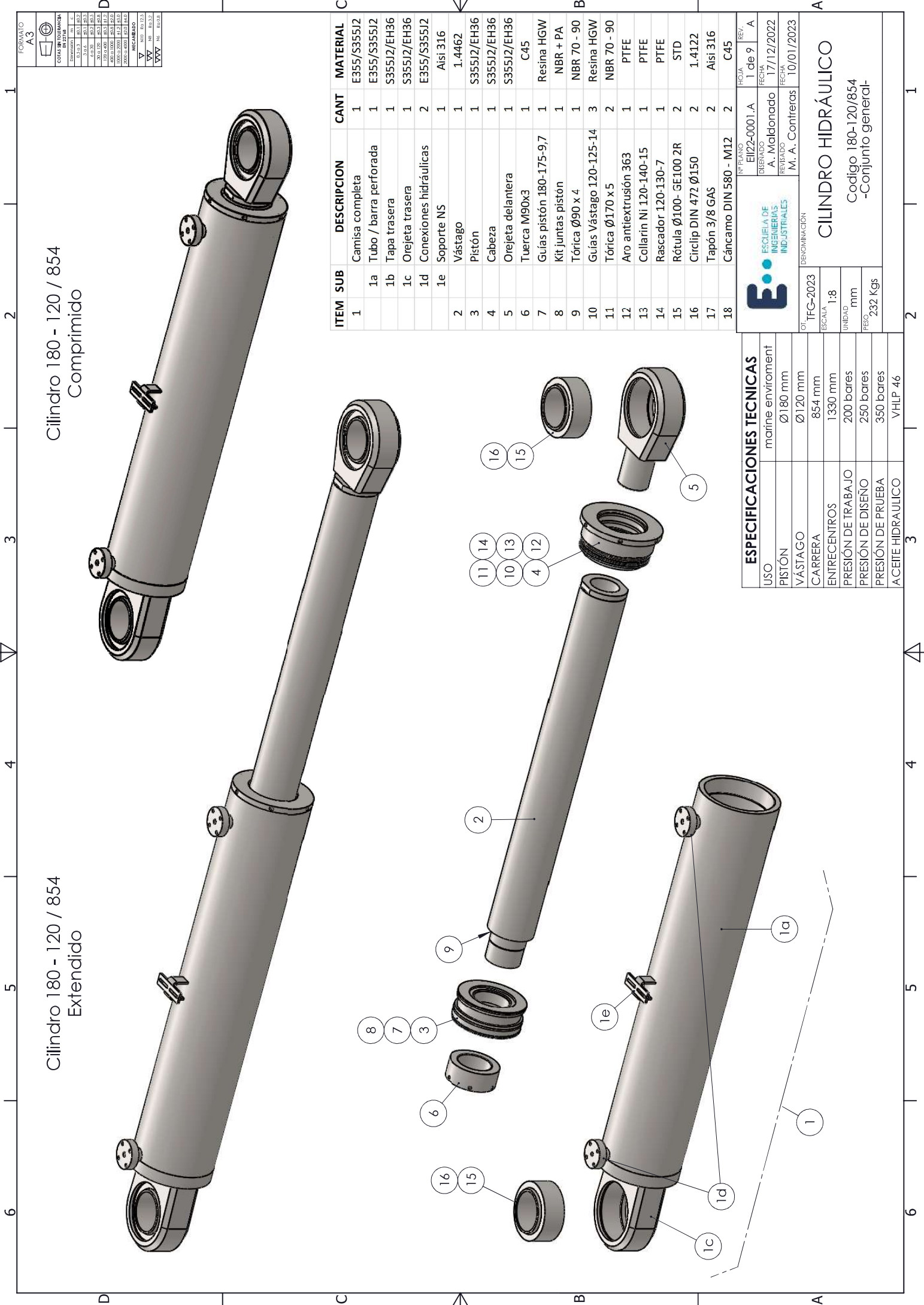
ITEM	SUB	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL
1		Camisa completa	1	E355/S355J2
1a		Tubo / barra perforada	1	E355/S355J2
1b		Tapa trasera	1	S355J2/EH36
1c		Orejeta trasera	1	S355J2/EH36
1d		Conexiones hidráulicas	2	E355/S355J2
1e		Soporte NS	1	Aisi 316
2		Vástago	1	1.4462
3		Pistón	1	S355J2/EH36
4		Cabeza	1	S355J2/EH36
5		Orejeta delantera	1	S355J2/EH36
6		Tuerca M90x3	1	C45
7		Guías pistón 180-175-9.7	1	Resina HGW
8		Kit juntas pistón	1	NBR + PA
9		Tórica Ø90 x 4	1	NBR 70 - 90
10		Guías Vástago 120-125-14	3	Resina HGW
11		Tórica Ø170 x 5	2	NBR 70 - 90
12		Aro antiextrusión 363	1	PTFE
13		Collarin Ni 120-140-15	1	PTFE
14		Rascador 120-130-7	1	PTFE
15		Rótula Ø100- GE100 2R	2	STD
16		Circlip DIN 472 Ø150	2	1.4122
17		Tapón 3/8 GAS	2	Aisi 316
18		Cáncamo DIN 580 - M12	2	C45

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
USO	marine environment
PISTÓN	Ø180 mm
VÁSTAGO	Ø120 mm
CARRERA	854 mm
ENTRECENTROS	1330 mm
PRESIÓN DE TRABAJO	200 bares
PRESIÓN DE DISEÑO	250 bares
PRESIÓN DE PRUEBA	350 bares
ACEITE HIDRAULICO	VHLP 46

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
OT	TFC-2023
ESCALA	1:8
UNIDAD	mm
PESO	232 Kgs

DENOMINACION	
PROYECTO	ELI22-0001-A
HOJA	1 de 9
REVISADO	A. Malabonado
FECHA	17/12/2022
REVISADO	M. A. Contreras
FECHA	10/01/2023

**CILINDRO HIDRÁULICO**  
Codigo 180-120/854  
-Conjunto general-



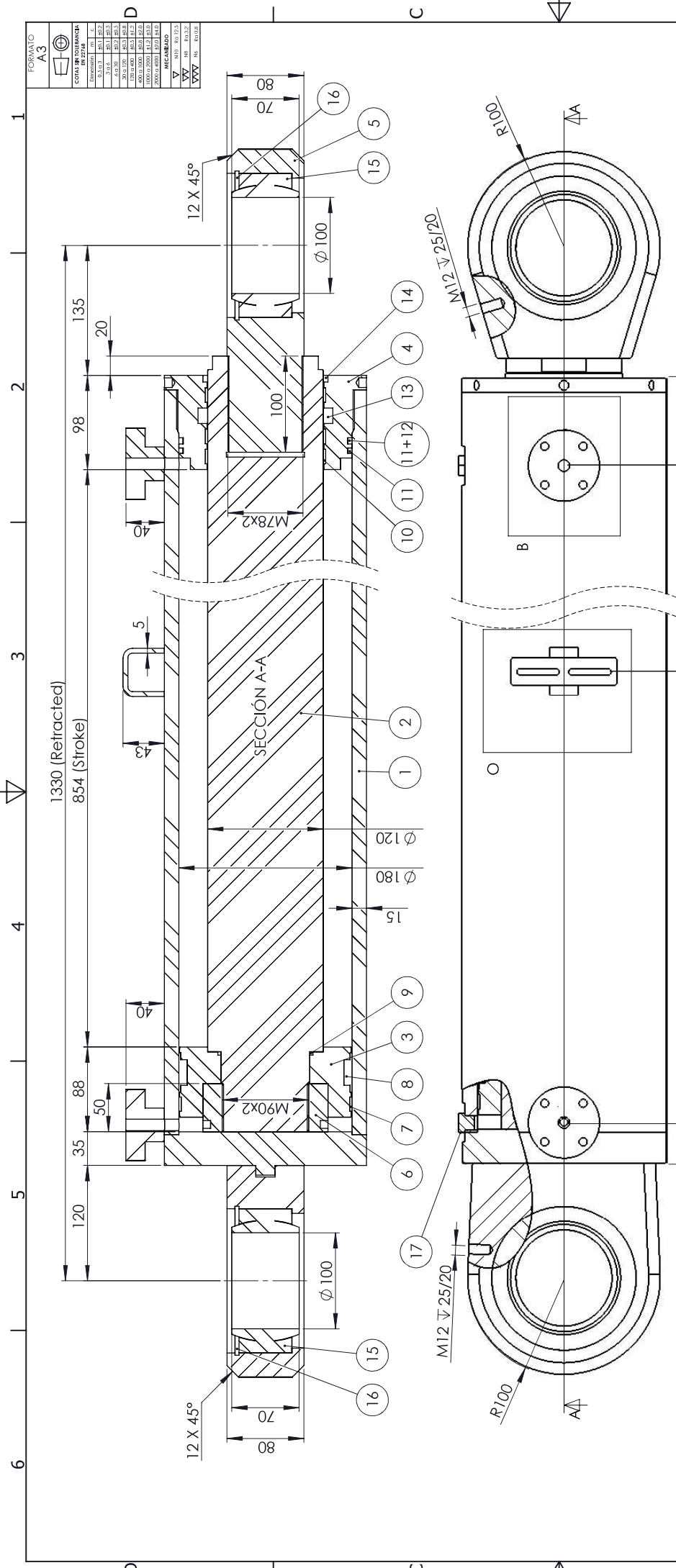
1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6

FORMATO A3

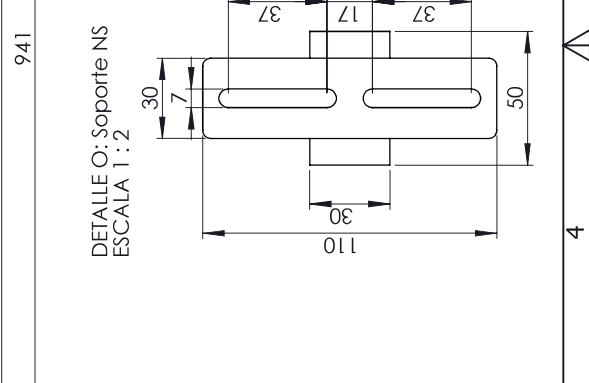
COEF. DE DILATACION	TEMPERATURA
1.000000	0
1.000000	10
1.000000	20
1.000000	30
1.000000	40
1.000000	50
1.000000	60
1.000000	70
1.000000	80
1.000000	90
1.000000	100
1.000000	110
1.000000	120
1.000000	130
1.000000	140
1.000000	150
1.000000	160
1.000000	170
1.000000	180
1.000000	190
1.000000	200

MECANISMO	
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100



ITEM	SUB	DESCRIPCIÓN	CANT	MATERIAL	PLANO	NOTAS
1		Camisa completa	1	E355/S355I2	Hoja 4	
	1a	Tubo / barra perforada	1	E355/S355I2		
	1b	Tapa trasera	1	S355I2/EH36		
	1c	Orejete trasera	1	S355I2/EH36		
	1d	Conexiones hidráulicas	2	E355/S355I2		
	1e	Soporte NS	1	Alsi 316		
2		Vástago	1	1.4462	Hoja 5	
3		Pistón	1	S355I2/EH36	Hoja 6	
4		Cabeza	1	S355I2/EH36	Hoja 7	
5		Orejete delantera	1	S355I2/EH36	Hoja 8	
6		Tuerca M90x3	1	C45	Hoja 9	
7		Guías Pistón 180-175-97	1	Resina HGW		Epiilor ref. 460341
8		Kit juntas pistón	1	NBR + PA		Epiilor ref. 424655
9		Tórica Ø90 x 4	1	NBR 70 - 90	Std	
10		Guías Vástago 120-125-14	3	Resina HGW		Epiilor ref. 338315
11		Tórica Ø170 x 5	2	NBR 70 - 90	Std	
12		Aro antiextrusión 363	1	PTFE		Epiilor ref. 300330
13		Collarín N1 120-140-15	1	PTFE		Epiilor ref. 449017
14		Rascador 120-130-7	1	PTFE		Epiilor ref. 458083
15		Rótula Ø100 - GE100 2R	2	STD		GE100 2RS
16		Circulip DIN 472-Ø150	2	1.4122		DIN 472 - Ø150
17		Tapón 3/8 GAS	2	Alsi 316	Std	
18		Cáncamo DIN 580 - M12	2	C45		DIN 580 - M12

ITEM	SUB	DESCRIPCIÓN	CANT	MATERIAL	PLANO	NOTAS
1		Camisa completa	1	E355/S355I2	Hoja 4	
2		Vástago	1	1.4462	Hoja 5	
3		Pistón	1	S355I2/EH36	Hoja 6	
4		Cabeza	1	S355I2/EH36	Hoja 7	
5		Orejete delantera	1	S355I2/EH36	Hoja 8	
6		Tuerca M90x3	1	C45	Hoja 9	
7		Guías Pistón 180-175-97	1	Resina HGW		Epiilor ref. 460341
8		Kit juntas pistón	1	NBR + PA		Epiilor ref. 424655
9		Tórica Ø90 x 4	1	NBR 70 - 90	Std	
10		Guías Vástago 120-125-14	3	Resina HGW		Epiilor ref. 338315
11		Tórica Ø170 x 5	2	NBR 70 - 90	Std	
12		Aro antiextrusión 363	1	PTFE		Epiilor ref. 300330
13		Collarín N1 120-140-15	1	PTFE		Epiilor ref. 449017
14		Rascador 120-130-7	1	PTFE		Epiilor ref. 458083
15		Rótula Ø100 - GE100 2R	2	STD		GE100 2RS
16		Circulip DIN 472-Ø150	2	1.4122		DIN 472 - Ø150
17		Tapón 3/8 GAS	2	Alsi 316	Std	
18		Cáncamo DIN 580 - M12	2	C45		DIN 580 - M12



ITEM	SUB	DESCRIPCIÓN	CANT	MATERIAL	PLANO	NOTAS
1		Camisa completa	1	E355/S355I2	Hoja 4	
2		Vástago	1	1.4462	Hoja 5	
3		Pistón	1	S355I2/EH36	Hoja 6	
4		Cabeza	1	S355I2/EH36	Hoja 7	
5		Orejete delantera	1	S355I2/EH36	Hoja 8	
6		Tuerca M90x3	1	C45	Hoja 9	
7		Guías Pistón 180-175-97	1	Resina HGW		Epiilor ref. 460341
8		Kit juntas pistón	1	NBR + PA		Epiilor ref. 424655
9		Tórica Ø90 x 4	1	NBR 70 - 90	Std	
10		Guías Vástago 120-125-14	3	Resina HGW		Epiilor ref. 338315
11		Tórica Ø170 x 5	2	NBR 70 - 90	Std	
12		Aro antiextrusión 363	1	PTFE		Epiilor ref. 300330
13		Collarín N1 120-140-15	1	PTFE		Epiilor ref. 449017
14		Rascador 120-130-7	1	PTFE		Epiilor ref. 458083
15		Rótula Ø100 - GE100 2R	2	STD		GE100 2RS
16		Circulip DIN 472-Ø150	2	1.4122		DIN 472 - Ø150
17		Tapón 3/8 GAS	2	Alsi 316	Std	
18		Cáncamo DIN 580 - M12	2	C45		DIN 580 - M12

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	AUTOR	COORDENADA
1				
2				
3				
4				
5				
6				

FORMATO	A3
ESCALA	1:4
UNIDAD	mm
PESO	232 Kgs

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	USO
PISTÓN	marine environment
VÁSTAGO	Ø180 mm
CARRERA	Ø120 mm
ENTRECENTROS	854 mm
PRESIÓN DE TRABAJO	1300 mm
PRESIÓN DE DISEÑO	200 bares
PRESIÓN DE PRUEBA	250 bares
ACEITE HIDRÁULICO	350 bares
	VHLP 46

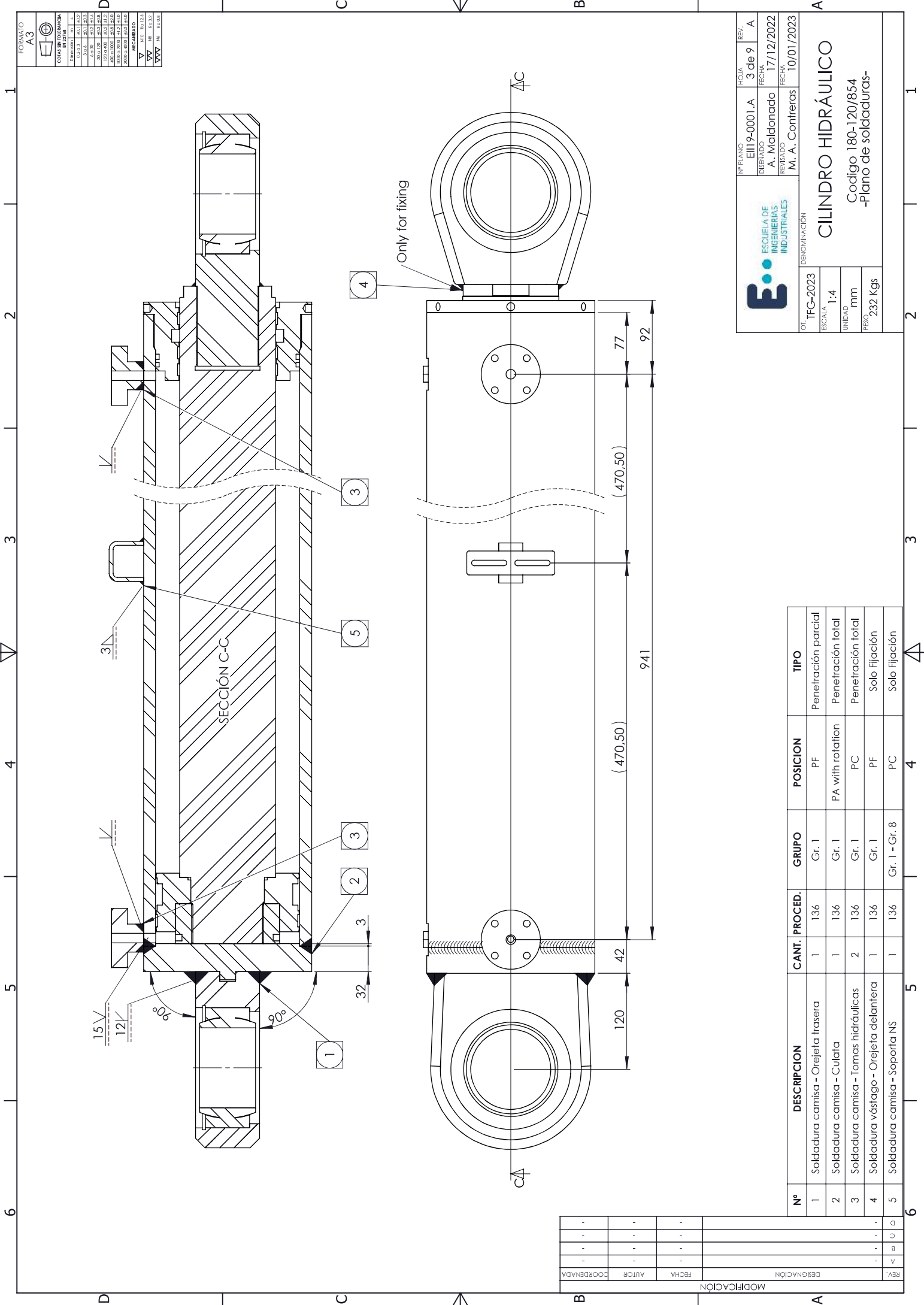
ESCALA	1:4
UNIDAD	mm
PESO	232 Kgs

ESCALA	1:2
UNIDAD	mm
PESO	232 Kgs

ESCALA	1:2
UNIDAD	mm
PESO	232 Kgs

ESCALA	1:2
UNIDAD	mm
PESO	232 Kgs

ESCALA	1:2
UNIDAD	mm
PESO	232 Kgs



	Nº PLANO	HOJA	REV.
	EII 19-0001.A	3 de 9	A
	DISEÑADO	FECHA	
	A. Malabonado	17/12/2022	
	REVISADO	FECHA	
	M. A. Contreras	10/01/2023	
DENOMINACIÓN			
CILINDRO HIDRÁULICO			
Codigo 180-120/854			
-Plano de soldaduras-			
OT.	TFG-2023	ESCALA	UNIDAD
		1:4	mm
			PESO
			232 Kgs

Nº	DESCRIPCIÓN	CANT.	PROCED.	GRUPO	POSICION	TIPO
1	Soldadura camisa - Orejeta trasera	1	136	Gr. 1	PF	Penetración parcial
2	Soldadura camisa - Culata	1	136	Gr. 1	PA with rotation	Penetración total
3	Soldadura camisa - Tomas hidráulicas	2	136	Gr. 1	PC	Penetración total
4	Soldadura vástago - Orejeta delantera	1	136	Gr. 1	PF	Solo Fijación
5	Soldadura camisa - Soporita NS	1	136	Gr. 1 - Gr. 8	PC	Solo Fijación

REV.					
DESIGNACIÓN					
FECHA					
AUTOR					
COORDENADA					

FORMATO	A3
COTAS EN DIMENSIONES	EN MILÍMETROS
ESCALA	1:4
UNIDAD	mm
PESO	232 Kgs

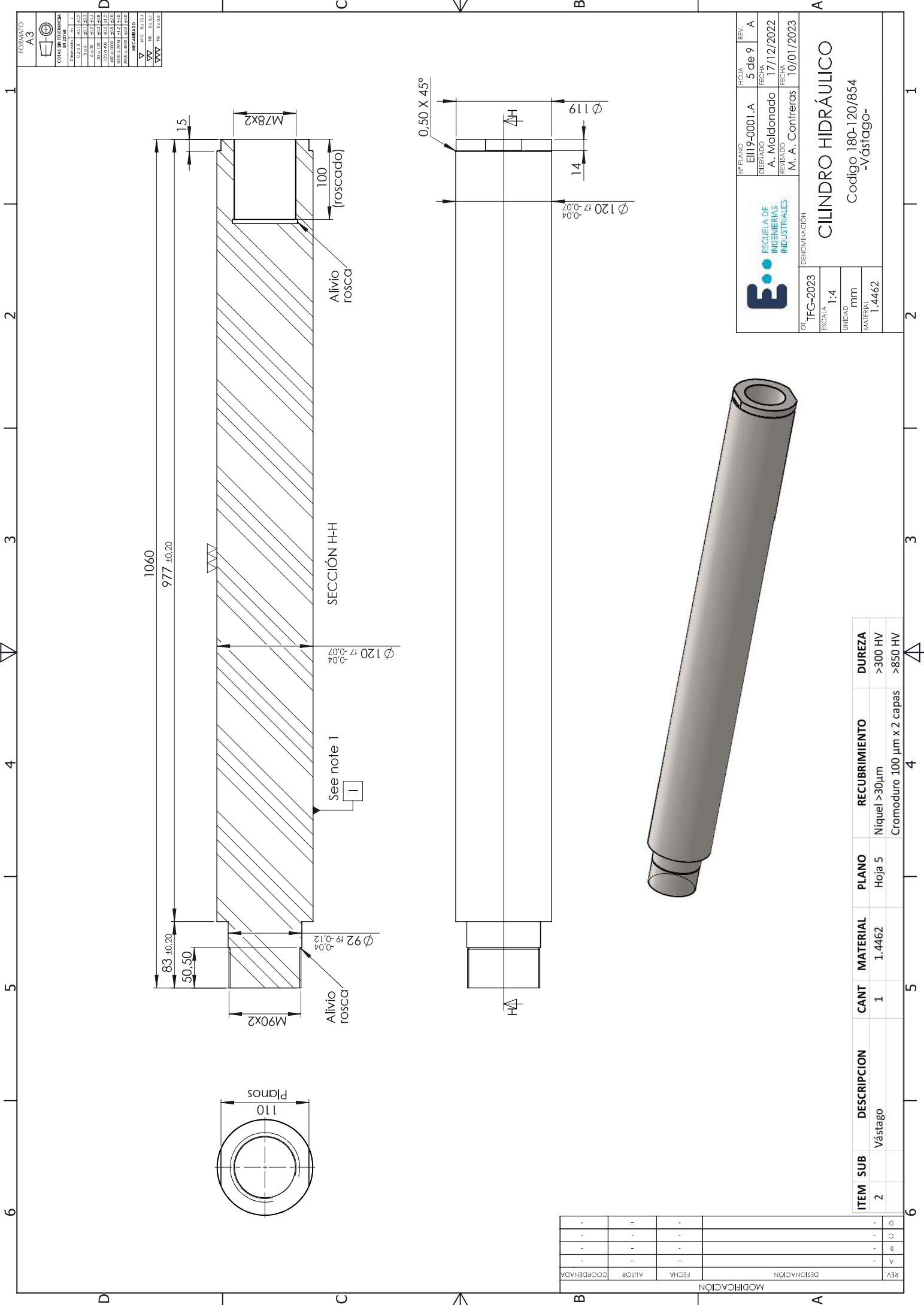
1 2 3 4 5 6

D C B A





FORMATO	A3
CONTAS DE VERIFICACION	INSTRUMENTOS
1.01.01	1.01.01
1.01.02	1.01.02
1.01.03	1.01.03
1.01.04	1.01.04
1.01.05	1.01.05
1.01.06	1.01.06
1.01.07	1.01.07
1.01.08	1.01.08
1.01.09	1.01.09
1.01.10	1.01.10
1.01.11	1.01.11
1.01.12	1.01.12
1.01.13	1.01.13
1.01.14	1.01.14
1.01.15	1.01.15
1.01.16	1.01.16
1.01.17	1.01.17
1.01.18	1.01.18
1.01.19	1.01.19
1.01.20	1.01.20
1.01.21	1.01.21
1.01.22	1.01.22
1.01.23	1.01.23
1.01.24	1.01.24
1.01.25	1.01.25
1.01.26	1.01.26
1.01.27	1.01.27
1.01.28	1.01.28
1.01.29	1.01.29
1.01.30	1.01.30
1.01.31	1.01.31
1.01.32	1.01.32
1.01.33	1.01.33
1.01.34	1.01.34
1.01.35	1.01.35
1.01.36	1.01.36
1.01.37	1.01.37
1.01.38	1.01.38
1.01.39	1.01.39
1.01.40	1.01.40
1.01.41	1.01.41
1.01.42	1.01.42
1.01.43	1.01.43
1.01.44	1.01.44
1.01.45	1.01.45
1.01.46	1.01.46
1.01.47	1.01.47
1.01.48	1.01.48
1.01.49	1.01.49
1.01.50	1.01.50
1.01.51	1.01.51
1.01.52	1.01.52
1.01.53	1.01.53
1.01.54	1.01.54
1.01.55	1.01.55
1.01.56	1.01.56
1.01.57	1.01.57
1.01.58	1.01.58
1.01.59	1.01.59
1.01.60	1.01.60
1.01.61	1.01.61
1.01.62	1.01.62
1.01.63	1.01.63
1.01.64	1.01.64
1.01.65	1.01.65
1.01.66	1.01.66
1.01.67	1.01.67
1.01.68	1.01.68
1.01.69	1.01.69
1.01.70	1.01.70
1.01.71	1.01.71
1.01.72	1.01.72
1.01.73	1.01.73
1.01.74	1.01.74
1.01.75	1.01.75
1.01.76	1.01.76
1.01.77	1.01.77
1.01.78	1.01.78
1.01.79	1.01.79
1.01.80	1.01.80
1.01.81	1.01.81
1.01.82	1.01.82
1.01.83	1.01.83
1.01.84	1.01.84
1.01.85	1.01.85
1.01.86	1.01.86
1.01.87	1.01.87
1.01.88	1.01.88
1.01.89	1.01.89
1.01.90	1.01.90
1.01.91	1.01.91
1.01.92	1.01.92
1.01.93	1.01.93
1.01.94	1.01.94
1.01.95	1.01.95
1.01.96	1.01.96
1.01.97	1.01.97
1.01.98	1.01.98
1.01.99	1.01.99
1.01.100	1.01.100



N° PLANO		HOJA	REV.
E1119-0001-A		5 de 9	A
DISEÑADO		FECHA	
A. Malabonado		17/12/2022	
REVISADO		FECHA	
M. A. Contreras		10/01/2023	
DENOMINACION			
CILINDRO HIDRÁULICO			
Codigo 180-120/854			
-Vástago-			
OT.	TFG-2023	ESCALA	1:4
UNIDAD	mm	MATERIAL	1.4462

ITEM	SUB	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	PLANO	RECUBRIMIENTO	DUREZA
2	Vástago		1	1.4462	Hoja 5	Niquel >30µm	>300 HV
						Cromoduro 100 µm x 2 capas	>850 HV

REV.					
DESIGNACION					
FECHA					
AUTOR					
COORDENADA					

FORMATO A3	
<b>COTAS EN TOLERANCIA</b> DIMENSIONES H7/g6 H7/f7 H8/g7 H9/d9 H9/f9 H9/g9 H9/js9 H10/d10 H10/f10 H10/g10 H10/js10 H11/d11 H11/f11 H11/g11 H11/js11 H12/d12 H12/f12 H12/g12 H12/js12 H13/d13 H13/f13 H13/g13 H13/js13 H14/d14 H14/f14 H14/g14 H14/js14 H15/d15 H15/f15 H15/g15 H15/js15 H16/d16 H16/f16 H16/g16 H16/js16 H17/d17 H17/f17 H17/g17 H17/js17 H18/d18 H18/f18 H18/g18 H18/js18 H19/d19 H19/f19 H19/g19 H19/js19 H20/d20 H20/f20 H20/g20 H20/js20 H21/d21 H21/f21 H21/g21 H21/js21 H22/d22 H22/f22 H22/g22 H22/js22 H23/d23 H23/f23 H23/g23 H23/js23 H24/d24 H24/f24 H24/g24 H24/js24 H25/d25 H25/f25 H25/g25 H25/js25 H26/d26 H26/f26 H26/g26 H26/js26 H27/d27 H27/f27 H27/g27 H27/js27 H28/d28 H28/f28 H28/g28 H28/js28 H29/d29 H29/f29 H29/g29 H29/js29 H30/d30 H30/f30 H30/g30 H30/js30 H31/d31 H31/f31 H31/g31 H31/js31 H32/d32 H32/f32 H32/g32 H32/js32 H33/d33 H33/f33 H33/g33 H33/js33 H34/d34 H34/f34 H34/g34 H34/js34 H35/d35 H35/f35 H35/g35 H35/js35 H36/d36 H36/f36 H36/g36 H36/js36 H37/d37 H37/f37 H37/g37 H37/js37 H38/d38 H38/f38 H38/g38 H38/js38 H39/d39 H39/f39 H39/g39 H39/js39 H40/d40 H40/f40 H40/g40 H40/js40 H41/d41 H41/f41 H41/g41 H41/js41 H42/d42 H42/f42 H42/g42 H42/js42 H43/d43 H43/f43 H43/g43 H43/js43 H44/d44 H44/f44 H44/g44 H44/js44 H45/d45 H45/f45 H45/g45 H45/js45 H46/d46 H46/f46 H46/g46 H46/js46 H47/d47 H47/f47 H47/g47 H47/js47 H48/d48 H48/f48 H48/g48 H48/js48 H49/d49 H49/f49 H49/g49 H49/js49 H50/d50 H50/f50 H50/g50 H50/js50 H51/d51 H51/f51 H51/g51 H51/js51 H52/d52 H52/f52 H52/g52 H52/js52 H53/d53 H53/f53 H53/g53 H53/js53 H54/d54 H54/f54 H54/g54 H54/js54 H55/d55 H55/f55 H55/g55 H55/js55 H56/d56 H56/f56 H56/g56 H56/js56 H57/d57 H57/f57 H57/g57 H57/js57 H58/d58 H58/f58 H58/g58 H58/js58 H59/d59 H59/f59 H59/g59 H59/js59 H60/d60 H60/f60 H60/g60 H60/js60 H61/d61 H61/f61 H61/g61 H61/js61 H62/d62 H62/f62 H62/g62 H62/js62 H63/d63 H63/f63 H63/g63 H63/js63 H64/d64 H64/f64 H64/g64 H64/js64 H65/d65 H65/f65 H65/g65 H65/js65 H66/d66 H66/f66 H66/g66 H66/js66 H67/d67 H67/f67 H67/g67 H67/js67 H68/d68 H68/f68 H68/g68 H68/js68 H69/d69 H69/f69 H69/g69 H69/js69 H70/d70 H70/f70 H70/g70 H70/js70 H71/d71 H71/f71 H71/g71 H71/js71 H72/d72 H72/f72 H72/g72 H72/js72 H73/d73 H73/f73 H73/g73 H73/js73 H74/d74 H74/f74 H74/g74 H74/js74 H75/d75 H75/f75 H75/g75 H75/js75 H76/d76 H76/f76 H76/g76 H76/js76 H77/d77 H77/f77 H77/g77 H77/js77 H78/d78 H78/f78 H78/g78 H78/js78 H79/d79 H79/f79 H79/g79 H79/js79 H80/d80 H80/f80 H80/g80 H80/js80 H81/d81 H81/f81 H81/g81 H81/js81 H82/d82 H82/f82 H82/g82 H82/js82 H83/d83 H83/f83 H83/g83 H83/js83 H84/d84 H84/f84 H84/g84 H84/js84 H85/d85 H85/f85 H85/g85 H85/js85 H86/d86 H86/f86 H86/g86 H86/js86 H87/d87 H87/f87 H87/g87 H87/js87 H88/d88 H88/f88 H88/g88 H88/js88 H89/d89 H89/f89 H89/g89 H89/js89 H90/d90 H90/f90 H90/g90 H90/js90 H91/d91 H91/f91 H91/g91 H91/js91 H92/d92 H92/f92 H92/g92 H92/js92 H93/d93 H93/f93 H93/g93 H93/js93 H94/d94 H94/f94 H94/g94 H94/js94 H95/d95 H95/f95 H95/g95 H95/js95 H96/d96 H96/f96 H96/g96 H96/js96 H97/d97 H97/f97 H97/g97 H97/js97 H98/d98 H98/f98 H98/g98 H98/js98 H99/d99 H99/f99 H99/g99 H99/js99 H100/d100 H100/f100 H100/g100 H100/js100 H101/d101 H101/f101 H101/g101 H101/js101 H102/d102 H102/f102 H102/g102 H102/js102 H103/d103 H103/f103 H103/g103 H103/js103 H104/d104 H104/f104 H104/g104 H104/js104 H105/d105 H105/f105 H105/g105 H105/js105 H106/d106 H106/f106 H106/g106 H106/js106 H107/d107 H107/f107 H107/g107 H107/js107 H108/d108 H108/f108 H108/g108 H108/js108 H109/d109 H109/f109 H109/g109 H109/js109 H110/d110 H110/f110 H110/g110 H110/js110 H111/d111 H111/f111 H111/g111 H111/js111 H112/d112 H112/f112 H112/g112 H112/js112 H113/d113 H113/f113 H113/g113 H113/js113 H114/d114 H114/f114 H114/g114 H114/js114 H115/d115 H115/f115 H115/g115 H115/js115 H116/d116 H116/f116 H116/g116 H116/js116 H117/d117 H117/f117 H117/g117 H117/js117 H118/d118 H118/f118 H118/g118 H118/js118 H119/d119 H119/f119 H119/g119 H119/js119 H120/d120 H120/f120 H120/g120 H120/js120 H121/d121 H121/f121 H121/g121 H121/js121 H122/d122 H122/f122 H122/g122 H122/js122 H123/d123 H123/f123 H123/g123 H123/js123 H124/d124 H124/f124 H124/g124 H124/js124 H125/d125 H125/f125 H125/g125 H125/js125 H126/d126 H126/f126 H126/g126 H126/js126 H127/d127 H127/f127 H127/g127 H127/js127 H128/d128 H128/f128 H128/g128 H128/js128 H129/d129 H129/f129 H129/g129 H129/js129 H130/d130 H130/f130 H130/g130 H130/js130 H131/d131 H131/f131 H131/g131 H131/js131 H132/d132 H132/f132 H132/g132 H132/js132 H133/d133 H133/f133 H133/g133 H133/js133 H134/d134 H134/f134 H134/g134 H134/js134 H135/d135 H135/f135 H135/g135 H135/js135 H136/d136 H136/f136 H136/g136 H136/js136 H137/d137 H137/f137 H137/g137 H137/js137 H138/d138 H138/f138 H138/g138 H138/js138 H139/d139 H139/f139 H139/g139 H139/js139 H140/d140 H140/f140 H140/g140 H140/js140 H141/d141 H141/f141 H141/g141 H141/js141 H142/d142 H142/f142 H142/g142 H142/js142 H143/d143 H143/f143 H143/g143 H143/js143 H144/d144 H144/f144 H144/g144 H144/js144 H145/d145 H145/f145 H145/g145 H145/js145 H146/d146 H146/f146 H146/g146 H146/js146 H147/d147 H147/f147 H147/g147 H147/js147 H148/d148 H148/f148 H148/g148 H148/js148 H149/d149 H149/f149 H149/g149 H149/js149 H150/d150 H150/f150 H150/g150 H150/js150 H151/d151 H151/f151 H151/g151 H151/js151 H152/d152 H152/f152 H152/g152 H152/js152 H153/d153 H153/f153 H153/g153 H153/js153 H154/d154 H154/f154 H154/g154 H154/js154 H155/d155 H155/f155 H155/g155 H155/js155 H156/d156 H156/f156 H156/g156 H156/js156 H157/d157 H157/f157 H157/g157 H157/js157 H158/d158 H158/f158 H158/g158 H158/js158 H159/d159 H159/f159 H159/g159 H159/js159 H160/d160 H160/f160 H160/g160 H160/js160 H161/d161 H161/f161 H161/g161 H161/js161 H162/d162 H162/f162 H162/g162 H162/js162 H163/d163 H163/f163 H163/g163 H163/js163 H164/d164 H164/f164 H164/g164 H164/js164 H165/d165 H165/f165 H165/g165 H165/js165 H166/d166 H166/f166 H166/g166 H166/js166 H167/d167 H167/f167 H167/g167 H167/js167 H168/d168 H168/f168 H168/g168 H168/js168 H169/d169 H169/f169 H169/g169 H169/js169 H170/d170 H170/f170 H170/g170 H170/js170 H171/d171 H171/f171 H171/g171 H171/js171 H172/d172 H172/f172 H172/g172 H172/js172 H173/d173 H173/f173 H173/g173 H173/js173 H174/d174 H174/f174 H174/g174 H174/js174 H175/d175 H175/f175 H175/g175 H175/js175 H176/d176 H176/f176 H176/g176 H176/js176 H177/d177 H177/f177 H177/g177 H177/js177 H178/d178 H178/f178 H178/g178 H178/js178 H179/d179 H179/f179 H179/g179 H179/js179 H180/d180 H180/f180 H180/g180 H180/js180 H181/d181 H181/f181 H181/g181 H181/js181 H182/d182 H182/f182 H182/g182 H182/js182 H183/d183 H183/f183 H183/g183 H183/js183 H184/d184 H184/f184 H184/g184 H184/js184 H185/d185 H185/f185 H185/g185 H185/js185 H186/d186 H186/f186 H186/g186 H186/js186 H187/d187 H187/f187 H187/g187 H187/js187 H188/d188 H188/f188 H188/g188 H188/js188 H189/d189 H189/f189 H189/g189 H189/js189 H190/d190 H190/f190 H190/g190 H190/js190 H191/d191 H191/f191 H191/g191 H191/js191 H192/d192 H192/f192 H192/g192 H192/js192 H193/d193 H193/f193 H193/g193 H193/js193 H194/d194 H194/f194 H194/g194 H194/js194 H195/d195 H195/f195 H195/g195 H195/js195 H196/d196 H196/f196 H196/g196 H196/js196 H197/d197 H197/f197 H197/g197 H197/js197 H198/d198 H198/f198 H198/g198 H198/js198 H199/d199 H199/f199 H199/g199 H199/js199 H200/d200 H200/f200 H200/g200 H200/js200 H201/d201 H201/f201 H201/g201 H201/js201 H202/d202 H202/f202 H202/g202 H202/js202 H203/d203 H203/f203 H203/g203 H203/js203 H204/d204 H204/f204 H204/g204 H204/js204 H205/d205 H205/f205 H205/g205 H205/js205 H206/d206 H206/f206 H206/g206 H206/js206 H207/d207 H207/f207 H207/g207 H207/js207 H208/d208 H208/f208 H208/g208 H208/js208 H209/d209 H209/f209 H209/g209 H209/js209 H210/d210 H210/f210 H210/g210 H210/js210 H211/d211 H211/f211 H211/g211 H211/js211 H212/d212 H212/f212 H212/g212 H212/js212 H213/d213 H213/f213 H213/g213 H213/js213 H214/d214 H214/f214 H214/g214 H214/js214 H215/d215 H215/f215 H215/g215 H215/js215 H216/d216 H216/f216 H216/g216 H216/js216 H217/d217 H217/f217 H217/g217 H217/js217 H218/d218 H218/f218 H218/g218 H218/js218 H219/d219 H219/f219 H219/g219 H219/js219 H220/d220 H220/f220 H220/g220 H220/js220 H221/d221 H221/f221 H221/g221 H221/js221 H222/d222 H222/f222 H222/g222 H222/js222 H223/d223 H223/f223 H223/g223 H223/js223 H224/d224 H224/f224 H224/g224 H224/js224 H225/d225 H225/f225 H225/g225 H225/js225 H226/d226 H226/f226 H226/g226 H226/js226 H227/d227 H227/f227 H227/g227 H227/js227 H228/d228 H228/f228 H228/g228 H228/js228 H229/d229 H229/f229 H229/g229 H229/js229 H230/d230 H230/f230 H230/g230 H230/js230 H231/d231 H231/f231 H231/g231 H231/js231 H232/d232 H232/f232 H232/g232 H232/js232 H233/d233 H233/f233 H233/g233 H233/js233 H234/d234 H234/f234 H234/g234 H234/js234 H235/d235 H235/f235 H235/g235 H235/js235 H236/d236 H236/f236 H236/g236 H236/js236 H237/d237 H237/f237 H237/g237 H237/js237 H238/d238 H238/f238 H238/g238 H238/js238 H239/d239 H239/f239 H239/g239 H239/js239 H240/d240 H240/f240 H240/g240 H240/js240 H241/d241 H241/f241 H241/g241 H241/js241 H242/d242 H242/f242 H242/g242 H242/js242 H243/d243 H243/f243 H243/g243 H243/js243 H244/d244 H244/f244 H244/g244 H244/js244 H245/d245 H245/f245 H245/g245 H245/js245 H246/d246 H246/f246 H246/g246 H246/js246 H247/d247 H247/f247 H247/g247 H247/js247 H248/d248 H248/f248 H248/g248 H248/js248 H249/d249 H249/f249 H249/g249 H249/js249 H250/d250 H250/f250 H250/g250 H250/js250 H251/d251 H251/f251 H251/g251 H251/js251 H252/d252 H252/f252 H252/g252 H252/js252 H253/d253 H253/f253 H253/g253 H253/js253 H254/d254 H254/f254 H254/g254 H254/js254 H255/d255 H255/f255 H255/g255 H255/js255 H256/d256 H256/f256 H256/g256 H256/js256 H257/d257 H257/f257 H257/g257 H257/js257 H258/d258 H258/f258 H258/g258 H258/js258 H259/d259 H259/f259 H259/g259 H259/js259 H260/d260 H260/f260 H260/g260 H260/js260 H261/d261 H261/f261 H261/g261 H261/js261 H262/d262 H262/f262 H262/g262 H262/js262 H263/d263 H263/f263 H263/g263 H263/js263 H264/d264 H264/f264 H264/g264 H264/js264 H265/d265 H265/f265 H265/g265 H265/js265 H266/d266 H266/f266 H266/g266 H266/js266 H267/d267 H267/f267 H267/g267 H267/js267 H268/d268 H268/f268 H268/g268 H268/js268 H269/d269 H269/f269 H269/g269 H269/js269 H270/d270 H270/f270 H270/g270 H270/js270 H271/d271 H271/f271 H271/g271 H271/js271 H272/d272 H272/f272 H272/g272 H272/js272 H273/d273 H273/f273 H273/g273 H273/js273 H274/d274 H274/f274 H274/g274 H274/js274 H275/d275 H275/f275 H275/g275 H275/js275 H276/d276 H276/f276 H276/g276 H276/js276 H277/d277 H277/f277 H277/g277 H277/js277 H278/d278 H278/f278 H278/g278 H278/js278 H279/d279 H279/f27	

FORMATO	A3
ESCALA	1:2
UNIDAD	mm
MATERIAL	S355J2

1 2 3 4 5 6

FORMA DE ENTREGA	EN PLANO
ESCALA	1:2
UNIDAD	mm
MATERIAL	S355J2

FORMA DE ENTREGA	EN PLANO
ESCALA	1:2
UNIDAD	mm
MATERIAL	S355J2

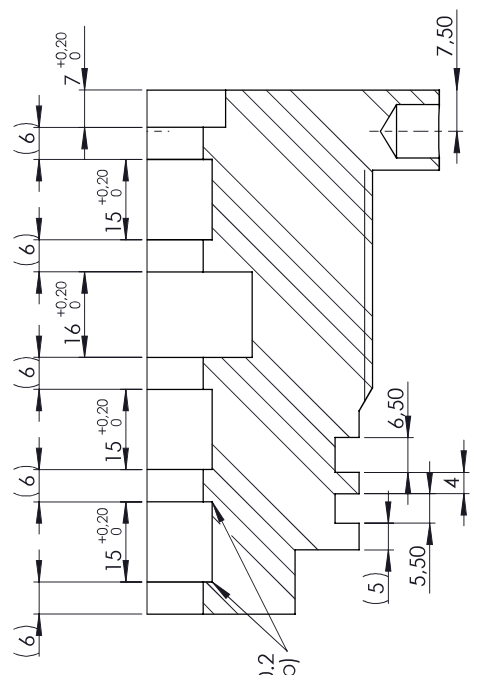
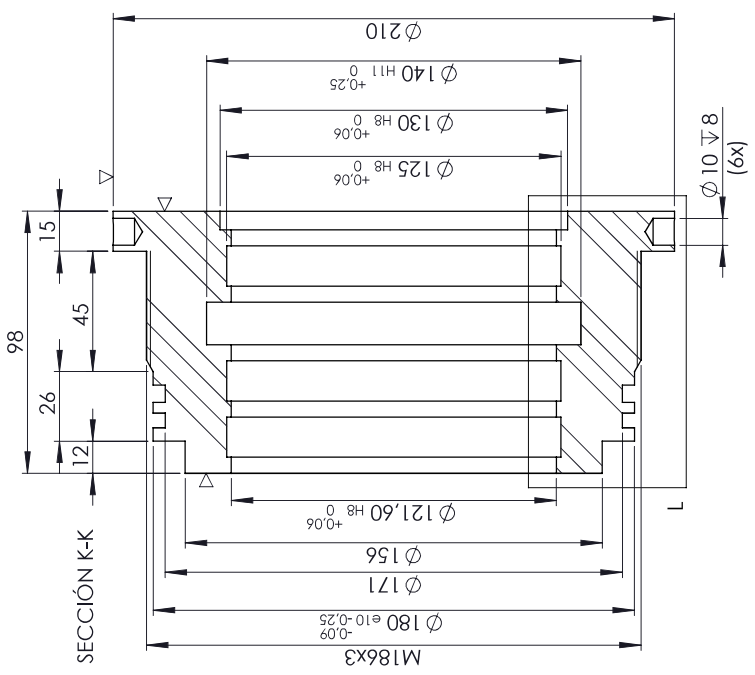
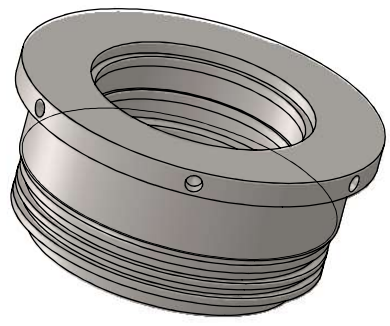
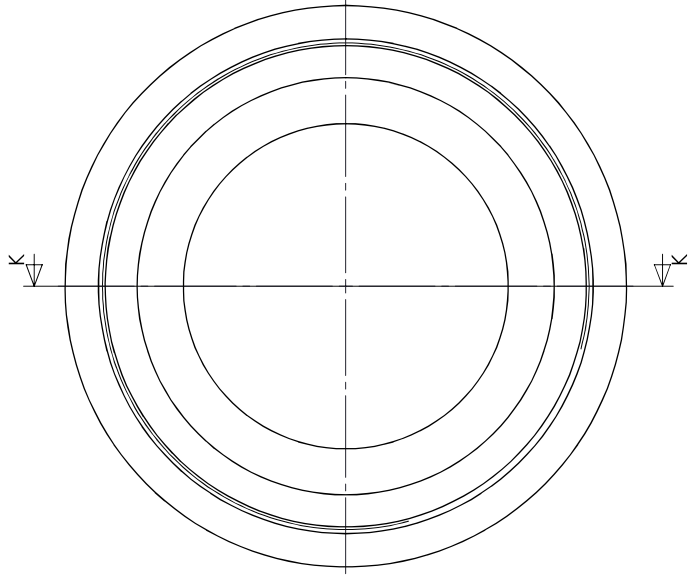
FORMA DE ENTREGA	EN PLANO
ESCALA	1:2
UNIDAD	mm
MATERIAL	S355J2

D

C

B

A



DETALLE L  
ESCALA 1 : 1

OT.	TFG-2023	DENOMINACIÓN	CILINDRO HIDRÁULICO
ESCALA	1:2	CODIGO	180-120/854
UNIDAD	mm	REVISADO	M. A. Contreras
MATERIAL	S355J2	FECHA	10/01/2023
Nº PLANO	E1119-0001-A	FECHA	17/12/2022
DISEÑADO	A. Malabonado	FECHA	10/01/2023
REV. 7 de 9			

ITEM	SUB	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	PLANO	REFERENCIA
4		Cabeza	1	S355J2/EH36	Hoja 7	
10		Guías Vástago 120-125-14	3	Resina HGW		Epidor ref. 338315
11		Tórica $\phi 170 \times 5$	2	NBR 70 - 90	Std	
12		Aro antitextrusión 363	1	PTFE		Epidor ref. 300330
13		Collarín Ni 120-140-15	1	PTFE		Epidor ref. 449017
14		Rascador 120-130-7	1	PTFE		Epidor ref. 458083

REV.					
COORDINADA					
AUTOR					
FECHA					
MODIFICACION					

6 5 4 3 2 1

FORMATO	A3
COTAS EN TOLERANCIA	ISO
UNIDADES	mm
ESCALA	1:2
FECHA	17/12/2022
DISEÑADO	A. Maltonado
REVISADO	M. A. Contreras
FECHA	10/01/2023
OT.	TFG-2023
DENOMINACIÓN	CILINDRO HIDRÁULICO
ESCALA	1:2
UNIDAD	mm
MATERIAL	S355J2

FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1
FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1

FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1
FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1

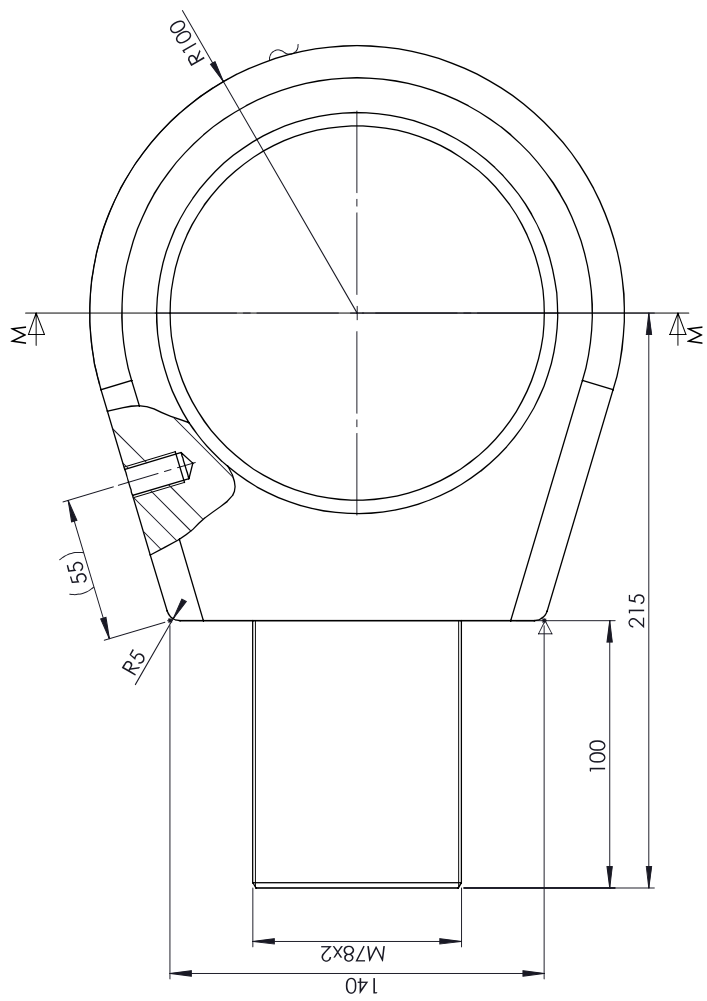
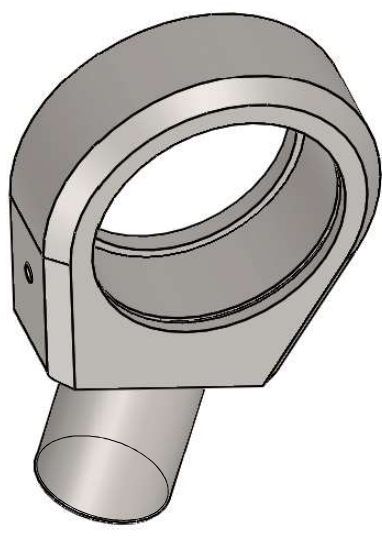
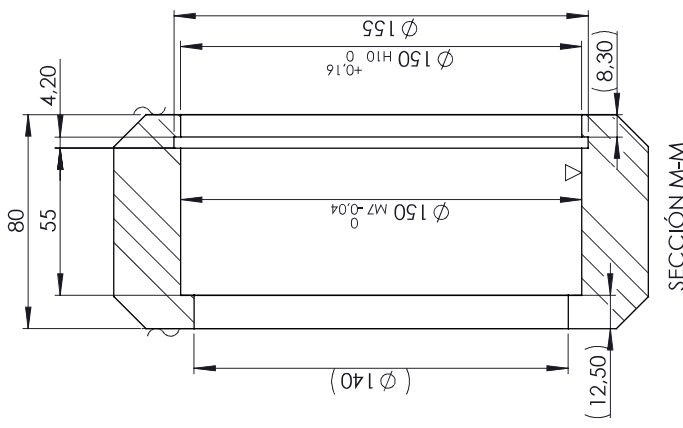
FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1
FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1

FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1
FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1

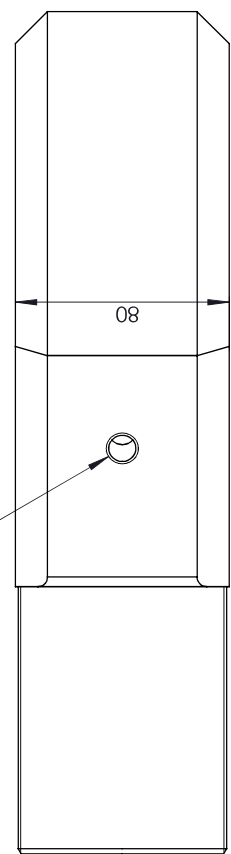
FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1
FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1

FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1
FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1

FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1
FECHA	10/01/2023
AUT.	M. A. Contreras
REV.	1



M12 (prof. 25/20)



ITEM	SUB	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	PLANO	NOTAS
5		Orejeta delantera	1	S355J2/EH36	Hoja 8	
15		Rótula Ø100- GE100 2R	1	STD		GE100 2RS
18		Cáncamo DIN 580 - M12	1	C45		DIN 580 - M12

CILINDRO HIDRÁULICO

Codigo 180-120/854  
-Orejeta delantera-



OT. TFG-2023

ESCALA 1:2

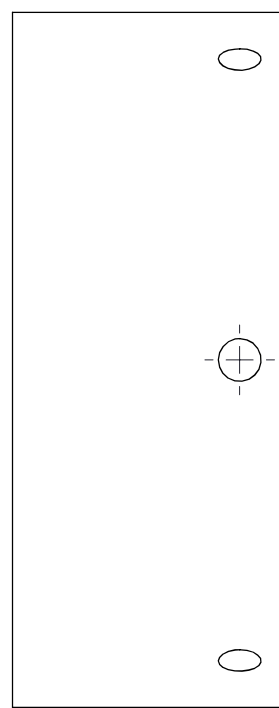
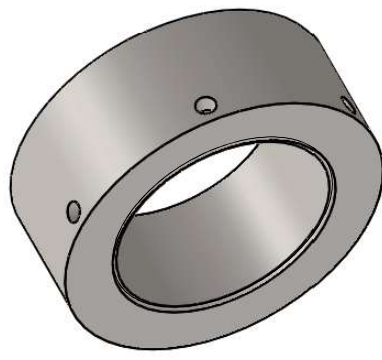
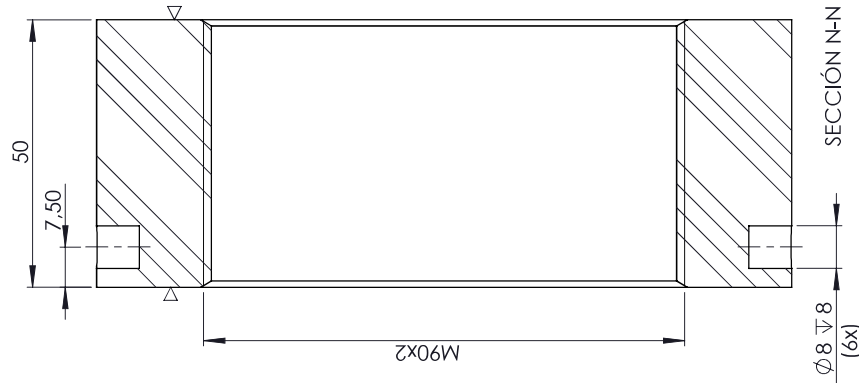
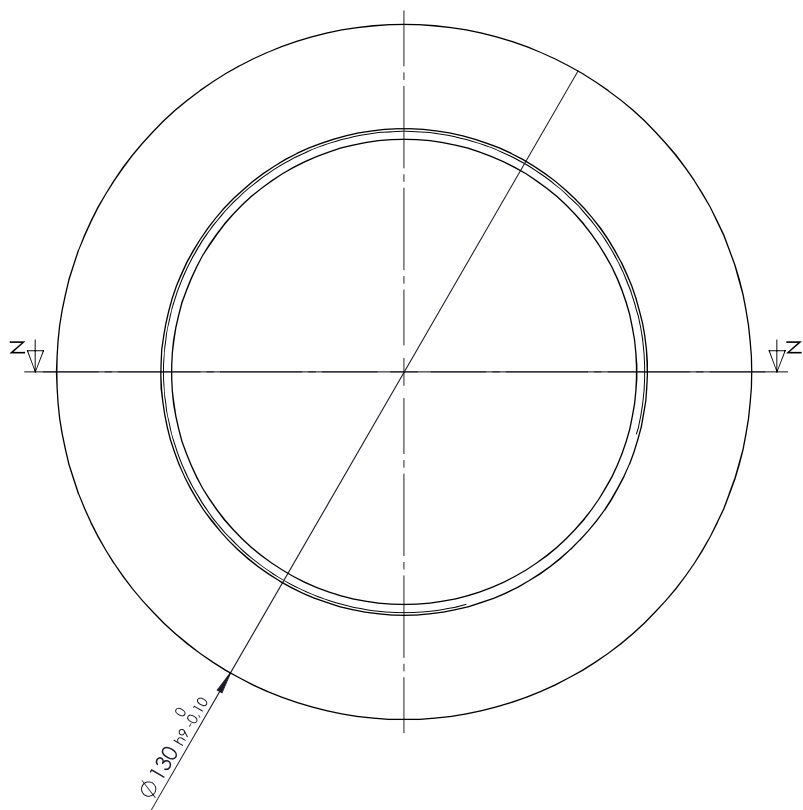
UNIDAD mm

MATERIAL S355J2

Nº PLANO	E119-0001-A	HOJA	8 de 9	REV.	A
DISEÑADO	A. Maltonado	FECHA	17/12/2022		
REVISADO	M. A. Contreras	FECHA	10/01/2023		

REV.							
DESIGNACION							
FECHA							
AUTOR							
COORDENADA							

FORMATO	A3
<b>COPIAS SIN VALIDEZ</b> 01.001 01.001 01.001 02.001 02.001 02.001 03.001 03.001 03.001 04.001 04.001 04.001 05.001 05.001 05.001 06.001 06.001 06.001 07.001 07.001 07.001 08.001 08.001 08.001 09.001 09.001 09.001 10.001 10.001 10.001 11.001 11.001 11.001 12.001 12.001 12.001 13.001 13.001 13.001 14.001 14.001 14.001 15.001 15.001 15.001 16.001 16.001 16.001 17.001 17.001 17.001 18.001 18.001 18.001 19.001 19.001 19.001 20.001 20.001 20.001	
<b>MECANISMO</b> 01.001 01.001 02.001 02.001 03.001 03.001 04.001 04.001 05.001 05.001 06.001 06.001 07.001 07.001 08.001 08.001 09.001 09.001 10.001 10.001 11.001 11.001 12.001 12.001 13.001 13.001 14.001 14.001 15.001 15.001 16.001 16.001 17.001 17.001 18.001 18.001 19.001 19.001 20.001 20.001	



REV.	DESIGNACION	FECHA	AUTOR	COORDENADA
1				
2				
3				
4				
5				
6				

ITEM	SUB	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	PLANO	NOTAS
6		Tuerca M90x3	1	C45	Hoja 9	

		N° PLANO EII19-001-A	HOJA 9 de 9	REV. A
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES		DISEÑADO A. Malbonado	FECHA 17/12/2022	
DENOMINACION CILINDRO HIDRÁULICO		REVISADO M. A. Contreras	FECHA 10/01/2023	
OT: TFG-2023		Codigo 180-120/854 -luerca piston-		
ESCALA 1:1				
UNIDAD mm				
MATERIAL S355J2				

## 5. Pliego de condiciones

### 5.1. Generalidades

#### 5.1.1. Objeto del pliego de condiciones

Este documento representa el pliego general de condiciones para la el estudio y diseño del cilindro hidráulico referencia 180-120/854 y tiene como objetivo fijar las condiciones particulares de los métodos, procesos, materiales y recursos para la producción de este producto en el sector naval dentro de la normativa vigente.

El estudio y análisis de las especificaciones técnicas incluidas en la memoria, definen el correcto desarrollo para en la ejecución del mismo. Además, se establece en el este documento los criterios, medios y procedimientos, con los que se pueden valorar la fabricación del producto a realizar.

Con ello, en este documento se establecen las condiciones técnicas, económicas, legales y administrativas para que el desarrollo del proyecto se materialice en condiciones y términos específicos, evitando interpretaciones diferentes del propósito deseado.

#### 5.1.2. Agentes implicados en el proyecto

Los agentes implicados en el proyecto son:

- **Proyectista:** Parte que crea el proyecto. Realiza las funciones de estudio y diseño del trabajo.
- **Contratante:** Parte que contrata el trabajo.
  - **Personal facultativo del proyecto:** Parte subcontratada por el proyectista que se encarga de la correcta ejecución del proyecto y de coordinar el trabajo entre las partes. Es normal que este personal pueda ser el proyectista o directamente la empresa IACS.

- Clasificadora IACS: Empresa regida por normativa marina, que se encarga de controlar y verificar la correcta ejecución del proyecto. Homologa y clasifica del producto en el sector naval.
- Fabricante: Parte que se encarga de la producción del producto

### **5.1.3. Documentación para la contratación del trabajo**

Los documentos que abarcan el proyecto, y se deben de suministrar a la parte contratante son:

- La memoria
- Los planos constructivos
- Mediciones y presupuesto
- El pliego de condiciones
- Anexos

Dichos documentos poseen valor contractual ante posibles dudas o interpretaciones.

El contratante podrá entregar dicha documentación a terceros, como el fabricante, subcontratas o empresas homologadoras con el fin de la correcta ejecución del proyecto. Ante cualquier contradicción en los documentos descritos, el presente pliego prevalecerá ante los demás.

Cualquier cambio funcional, de materiales, o de diseño del producto debe ser consultado al proyectista, el cual tomará la decisión facultativa sobre la posible modificación.

En caso de discrepancias de cantidades entre el pedido formalizado y los planos, tendrá prioridad lo dispuesto en la formalización del pedido. En caso de discrepancias o contradicciones de materiales, el documento que prevalecerá serán los planos.



En ningún modo, cualquier omisión o error en los documentos nombrados, puede ser el argumento para la obtención de modificaciones, reformas o alteraciones referente a la ejecución y desarrollo del producto.

#### **5.1.4. Alcance y limitaciones del trabajo**

El fabricante debe suministrar los productos descritos en el pedido. Este pedido puede comprender las cantidades descritas en la lista de materiales de los planos. Estos planos también pueden describir características, y propiedades que deben de ser ejecutadas en el producto final.

El fabricante debe de poseer la capacidad técnica y legal para la ejecución de dicho trabajo. Es responsabilidad del fabricante, el estudio preliminar del proyecto para la correcta ejecución del mismo, con todos los controles de calidad establecidos en la memoria y la correcta ejecución de los procesos productivos definidos en los planos.

Se establecen unos puntos de inspección para la correcta ejecución de las fases constructivas. Es responsabilidad de todas las partes asistir a las inspecciones pertinentes, si esta descrito en el plan a tal efecto. Y cumplir de forma legal con el informe técnico acreditativo para la correcta consecución de los tiempos de entrega. Finalizado el último punto de control de calidad, el fabricante debe de esperar un tiempo máximo de seis meses por parte de la contrata para verificar que el producto funciona correctamente en el destino final. El periodo de garantía entrará en vigor desde que el producto termine el control de calidad y el albarán de entrega sea firmado.

Los cilindros suministrados deben estar dotados de un certificado de conformidad del fabricante y de un certificado de homologación de la empresa clasificadora IACS destinada a tal efecto

No es responsabilidad del contratado los fallos por mal uso como golpes, estados de sobrepresión o aplicación de soldaduras. Las reparaciones a tal

efecto pueden ser atendidas con un sobrecoste, y siempre en las instalaciones del fabricante. El transporte para dicha reparación lo llevará a cabo el contratante.

El contratante debe de suministrar en la fabricación los servicios de un técnico con responsabilidad de coordinar y tomar decisión entre las tres partes afectadas en el proyecto:

- Contratante
- Fabricante
- Clasificadora IACS

El técnico actuará en nombre de la propiedad y tendrá como función principal la correcta ejecución y premisas del proyecto. Con lo cual, esta persona tiene la dirección facultativa.

#### **5.1.5. Criterios para modificaciones del proyecto**

Es condición necesaria para la modificación de alguna parte del proyecto alguno de los siguientes casos:

- a. Que la parte contratante, o técnico destinado a la dirección técnica, acepten dicho cambio.
- b. Que el fabricante documente que no se puede llevar la construcción del producto, o una parte del mismo debido a fuerzas externas a la producción. El proyectista deba de aceptar las premisas.

Cualquier cambio o modificación deben de exponerse de forma técnica, y debe de ser documentada por el proyectista y reflejado en forma de anexo o revisión.

## **5.2. Obligaciones y responsabilidades legales de las partes**

### **5.2.1. Obligaciones y responsabilidades de la dirección técnica**

#### **5.2.1.1. Trabajos defectuosos**

La dirección técnica de la parte contratante, estará facultada para aceptar o rechazar el control de calidad establecido por el fabricante.

En el caso de que esta dirección facultativa encuentra razones técnicas fundadas de la existencia de defectos en el proceso productivo que desvíen el producto de lo establecido en la documentación de la memoria y planos del presente trabajo, podrá ordenar en cualquier momento, previo a la finalización del proyecto, la reparación parcial o total de los defectos encontrados. Sin que estos inconvenientes afectes a sobrecostes o extensión del plazo de entrega.

Dichos defectos deben de ser anotados en un balance de incidencias y notificados al fabricante mediante un informe de inconformidad.

#### **5.2.1.2. Propiedad intelectual del proyecto**

El proyecto en su totalidad será inalterable salvo que el proyectista en acuerdo con la parte contratante decida cambiarlo. Dichos cambios pueden ocasionar extracostes por parte de la parte fabricante.

El proyectista o el fabricante, puede renunciar expresamente a parte, o totalmente a la ejecución de dicho proyecto; rescindiendo el convenio de prestación de servicios, en los términos y condiciones legalmente establecidos.

#### **5.2.1.3. Inspecciones previas a la finalización del proyecto**

Las inspecciones y ensayos que se realicen sobre el producto deben de establecerse antes del inicio de la fabricación del producto. Estos deben de venir reflejados en las condiciones de compra del producto.

La empresa IACS puede establecer directivas y controles extras incluidos en la normativa interna de dicha clasificadora IACS. Estos controles deben de incorporarse en la documentación técnica, antes del inicio del proceso productivo del proyecto.

Cualquier desviación encontrada en la ejecución del proyecto debe de ser notificada a la dirección técnica del proyecto, el cual coordinará la resolución de dicha incidencia.

## **5.2.2. Obligaciones y responsabilidades del fabricante**

### **5.2.2.1. Generalidades**

El fabricante está estará obligado de tener en posesión plan de prevención y evaluación de riesgos laborales, el cual debe contemplar el proceso productivo del producto. Dicho plan tiene que cumplir las disposiciones legales vigentes, el cual no exime de los defectos del mismo y las responsabilidades que de este se deriven. La ejecución y aplicación de dicho plan es de responsabilidad del fabricante.

Si ocurriese algún accidente a los operarios en el proceso productivo, el fabricante actuará a lo dispuesto en dicho plan, atendiendo a la legislación vigente, siendo en todos los casos, responsable sin que pueda quedar afectado la parte contratante, ni el proyectista, ni otro tercero. El fabricante será responsable de los accidentes producidos por sus operarios, ya sean por inexperiencia o descuido. Por ello, es por cuenta del fabricante las indemnizaciones correspondientes que pudieran ocasionarse atendiéndose a la legislación vigente.



#### **5.2.2.2. Personal**

Es responsabilidad del fabricante la capacidad técnica y la experiencia del personal que aporta al trabajo.

#### **5.2.2.3. Conocimiento del proyecto**

Es obligación del fabricante conocer el proyecto y toda la normativa que derive del mismo. En caso de aclaraciones para el correcto entendimiento de mismo, puede solicitarlas del técnico - coordinador del proyecto (contratante) o del mismo proyectista.

El fabricante puede proponer las modificaciones constructivas que considere expensas de la consideración del técnico - coordinador competente.

#### **5.2.2.4. Responsabilidades productivas**

El fabricante es el único responsable de los trabajos productivos y de la ejecución de los mismos a igual de los defectos de ejecución y calidad que pudieran encontrarse. También es el responsable de procesos o partes que subcontrate, siempre que estas subcontrataciones estén legalmente capacitadas.

#### **5.2.2.5. Equipos y materiales**

El fabricante debe de aportar los equipos, medios y materiales suficientes la realización del producto, además del personal requerido en el proceso.

### **5.2.3. Obligaciones y responsabilidades de proveedores**

#### **5.2.3.1. Suministros**

El fabricante debe de asumir la responsabilidad que se deriven de las empresas de acopio de su proceso productivo, ya sean materiales o subcontrataciones a otro fabricante a todos los efectos: plazos, partes de productos, parte de procesos, características funcionales o seguridad y salud.

### **5.2.4. Obligaciones y responsabilidades del contratante**

#### **5.2.4.1. Desarrollo técnico**

El contratante podrá exigir al proyectista y al fabricante el correcto desarrollo del proyecto y producción del producto dentro de los aspectos contractuales existentes.

#### **5.2.4.2. Personal**

El contratante o coordinador técnico encomendado podrá exigir un nivel técnico y una experiencia adecuada del personal del fabricante, para la correcta ejecución de las tareas que le han sido encomendadas.

#### **5.2.4.3. Interrupción de la producción**

El Contratante podrá renunciar en cualquier momento a la ejecución del producto, teniendo en cuenta lo que establece en cada caso el Código Civil.

#### **5.2.4.4. Actuación en la ejecución del producto**

El contratante no tiene potestad para modificar y ordenar la actuación del fabricante, o introducir cambios, sin la autorización del proyectista, siendo este el que tiene la máxima responsabilidad facultativa del proyecto.

Tampoco tiene la competencia de emplear el producto para un uso, o situación distinta para la que fue proyectada, dada que dicha modificación podría afectar a la seguridad del producto por no estar concebido en las condiciones o requisitos iniciales del proyecto.

#### **5.2.4.5. Honorarios**

El contratante está obligado a satisfacer en el momento acordado y los honorarios que hayan sido contratados con el proyectista, coordinador técnico del proyecto, Sociedad IACS y fabricante, en los términos y plazos establecidos.

### **5.3. Criterios administrativos**

#### **5.3.1. Generalidades**

Toda la producción se ejecutará con estricto seguimiento al proyecto efectuado por el proyectista que sirve como base al fabricante.

Tanto para la adjudicación del proyecto como para la adjudicación de la fabricación del producto, se deberá de realizar de forma contractual, donde el contratante efectúa su propuesta de pedido formal al proyectista y fabricante, y estos deben de responder a esta propuesta en un plazo máximo de 5 días hábiles desde el envío de la solicitud.

Una vez se haya terminado el proceso productivo, el contratista deberá abonar el importe de todos los trabajos ejecutados. Queda dentro del proceso productivo el control de calidad realizado por todas las partes implicadas, la documentación correspondiente y los certificados de conformidad de las partes.

Se puede acordar un pago inicial a la firma del trabajo a definir en las condiciones de compra, el cual sea un importe no superior al 25% del global del trabajo.

El contratista podrá retrasar un 10% del importe total del trabajo hasta 6 meses después de la expedición del producto por parte del fabricante como garantía hasta que el producto llegue a destino en correctas condiciones.

### **5.3.2. Criterios de valoración**

#### **5.3.2.1. Precios contratados**

Se ajustarán a los proporcionados por el proyectista en la oferta.

#### **5.3.2.2. Precios contradictorios**

Aquellos precios de trabajos que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre el contratante y el proyectista, justificando de forma descompuesta estas partidas, siendo necesaria la aprobación para poder ejecutarlos en producción.

#### **5.3.2.3. Indemnizaciones por retraso**

El importe de la indemnización por demoras en el trabajo se establece de la siguiente manera:

- 1ª semana: sin penalización
- Por cada semana de demora: 2% del importe total, con un máximo de 5 semanas (10% del importe máximo).
- Mas de 6 semanas: El contratante puede anular el pedido requiriendo indemnización por daños y perjuicios.



#### **5.3.2.4. Revisiones de precios**

Las revisiones de precio siempre se establecerán de mutuo acuerdo entre el contratante y la parte contratada. Ante cualquier discrepancia, no se procederá a la revisión de precios

#### **5.3.2.5. Criterios para adquirir materiales**

Todos los componentes para la fabricación que interviene en el proyecto deben de cumplir las exigencias establecidas en la memoria constructiva, en este pliego de condiciones y en la normativa vigente.

La persona responsable durante la producción de interpretar dichos criterios es el coordinador técnico del proyecto.

### **5.4. Condiciones técnicas**

#### **5.4.1. Descripción del producto**

El producto que se ha estudiado y diseñado es un cilindro hidráulico para uso naval, el cual está prevista su utilización en operaciones marinas y offshores.

El material con el que se fabrican todas sus partes viene detallado en la memoria constructiva y en los planos descriptivos. El resto de componentes de producción estándar, deben de poseer algún tipo de certificado de calidad en su fabricación, con un mínimo de exigencia de marcado CE.

La empresa productora de esa materia prima, debe estar aprobada por la entidad clasificadora DNVGL, entidad de clasificación IACS. Dichas materias primas deben de estar en posesión de un certificado de producción tipo 3.1 o 3.2 según la norma EN 10204. El material o productos subcontratados deben de cumplir con las mismas exigencias definidas anteriormente.

No se podrá subcontratar procesos industriales que requieran de cualificación expresa como procesos de soldadura o test de presión hidráulica. En el caso de tener que subcontratar algún proceso mencionado, se debe de avisar a la parte contratante y corroborar su aceptación.

#### **5.4.2. Garantía**

El cilindro hidráulico 182-120/854 para uso naval tiene 2 años de garantía. En el caso de que no cumpliera con su correcto funcionamiento durante este tiempo mínimo establecido, la empresa se compromete al recambio de piezas o a realizar la reparación necesaria. Para que el producto tenga el periodo de garantía establecidos por ley, se debe realizar los mantenimientos dentro de las especificaciones establecidas por el fabricante.

Cualquier tipo de material ajeno o subcontratado al fabricante debe de poseer el mismo tipo de garantía del resto de productos del proyecto.

Si las materias primas o productos no cumplieren con las especificaciones o los controles de calidad del proyecto, se deberán sustituir sin que se repercuta ningún tipo de sobrecoste extra. Si el ensamblaje quedara afectado por algún componente que no llegue al mínimo de calidad exigido, el proyectista junto con el coordinador técnico, pueden contemplar algún tipo de solución o protocolo a seguir. De no estar en plena convicción sobre una correcta solución, el conjunto de piezas quedaría invalidado debiéndose de comenzar una nueva serie.

Tras la producción de cada pieza, es indispensable el marcado de las mismas según el sistema de marcaje decidido, para poder establecer el sistema de trazabilidad de los productos.

### **5.4.3. Ejecución del proyecto**

El fabricante debe de realizar un cronograma de los procesos productivos con el fin de informar a la parte contratante de la evolución del proceso productivo. El cronograma se debe de ajustar a los plazos de entrega establecidos en la orden de compra.

Todos los puntos de inspección del proyecto se deben de establecer en las instalaciones de fabricante, a no ser que la parte contratista autorice otra ubicación.

El fabricante deberá facilitar a la dirección facultativa el acceso a las instalaciones, como al material documental relativo al proyecto en cuestión.

### **5.4.4. Certificaciones**

#### **5.4.4.1. Cualificación de la mano de obra**

El fabricante debe comprobar que cada uno de los trabajadores que van estar implicados en el desarrollo y fabricación del producto, tiene formación adecuada y destreza suficiente para la función que debe desarrollar.

El fabricante debe de cerciorarse que aquellos trabajos que precisen de personal certificado o homologado, dicho personal posea dicha titulación y documentación en vigor.

Es indispensable que todo trabajador realice su labor teniendo en cuenta las leyes vigentes sobre la prevención de riesgos laborales.

#### **5.4.4.2. Inspecciones**

El objetivo es reducir al máximo la probabilidad de fallos y erratas durante todo el proceso, se realizarán controles de calidad periódicos y aleatorios a cualquier pieza o proceso productivo en diferentes puestos de trabajos. Toda pieza que no cumpla con los requisitos establecidos será rechazada o reparada



si el coordinador técnico considera esta opción. Cualquier tipo de incidencia debe quedar reflejada por escrito y anotado el parte de NO conformidad detectado.

Solo se aceptarán las piezas que cumplan las tolerancias descritas en los planos. En las piezas sin tolerancia, se aceptará la tolerancia media según la norma UNE EN 22768-1 y UNE EN 22768-2

Además de los diferentes controles dimensionales, será requisito necesario establecer un control visual CertiaEND de nivel 2, con grado de aceptación B.

#### **5.4.4.3. Penalización**

Cualquier tipo de retraso relativo a la fecha indicada de entrega podrá ser causa de penalización económica según lo especificado en la orden de compra, o en su defecto en lo descrito en el “apartado 5.3.2.3. Indemnizaciones por retraso” del presente pliego de condiciones.

#### **5.4.5. Documentación a entregar**

La documentación requerida por el contratante será:

NUM	DOCUMENTO	FECHA DE ENTREGA	NOTAS
1	Plano de conjunto	1 semana tras pedido	
2	Plano o croquis de las soldaduras	1 semana tras pedido	
3	Informe de trazabilidad de los materiales.	A la entrega del equipo	Debe de contener: <ul style="list-style-type: none"><li>• Certificados de los materiales utilizados.</li><li>• Certificado del material de aportación</li></ul>
3.1	Ensayos realizados a los materiales	A la entrega del equipo	Si fuese requerido
4	Informe de inspección visual de soldaduras	A la entrega del equipo	
5	Dossier de soldadura.	A la entrega del equipo	Debe de contener: <ul style="list-style-type: none"><li>• Procedimientos de soldadura empleados</li><li>• Homologación de soldadores</li></ul>
6	Informes END de soldaduras	A la entrega del equipo	Acreditación de nivel 2
7	Informe del control dimensional	A la entrega del equipo	
8	Informe del test de presión	A la entrega del equipo	
9	Informe de pintura	A la entrega del equipo	
10	Certificación sanitaria del embalaje	A la entrega del equipo	Según normativa NIFM 15 / ISMP
11	Certificado de conformidad	A la entrega del equipo	

*Tabla 18. Documentación a entregar*  
Fuente: Elaboración propia



### **5.5. Disposiciones finales**

El proyecto se dará por concluido cuando se termine el producto, supere todos los controles calidad, se envíe toda la documentación requerida al cliente, se envíe a destino y transcurran 6 meses desde su expedición tiempo necesario para la instalación del producto en la ubicación final.

En el momento que el producto supera los controles de calidad finales, y está en disposición de ser enviado al cliente, se efectúa el albarán de entrega. Desde esa fecha, comienza el plazo de garantía. La ley establece dos años para los bienes nuevos. Todo aquel defecto o deterioro no efectuado por mal uso del mismo que surja en esos 2 años, el fabricante debe de asumir la reparación ya que se entiende que proviene originalmente del producto.

Este derecho del consumidor se refleja en el Real Decreto legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, en el cual se aprueba el Texto Refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y usuarios y otras leyes complementarias.

## 6. Presupuesto

El presente documento se desarrolla contabilizando todos los factores del producto diseñado, para su posterior proceso de fabricación. Se van a valorar el estudio, el diseño y el seguimiento de obra por parte del trabajo de ingeniería; la medición de todos los componentes del producto y la presentación del presupuesto final.

El presupuesto se prepara para una producción bajo demanda de sola 1 unidad.

Todos los precios parciales expuestos en el presente documento, no incluyen IVA. Este se va a añadir el presupuesto final del producto.

### 6.1. Mano de obra

Se realiza la estimación del precio de la mano de obra por categoría laborar, implementación del softwares, maquinaria necesaria y recursos indirectos implicados. Con ello, se ponderará el precio de la mano de obra por proceso realizado.

Para el cálculo de horas productivas, se realiza calculando el número de días laborables. Con ello, aplicando días festivos, vacaciones y días de asuntos propios, los días trabajados son de 244 días, (1952 horas) hábiles al año

Las categorías profesionales y procesos implicados en el producto son:

<b>Categoría profesional</b>	<b>Profesionales implicados</b>	<b>Sueldo medio bruto</b>	<b>Sueldo hora</b>
Grupo 1	Ingenieros (proyectista)	30000 €	15.38 €
Grupo 2	Ingeniero técnico (Coordinador técnico)	27000 €	13.85 €
Grupo 3	Jefatura administrativa y de taller	24680 €	12.66 €
Grupo 4	Ayudantes sin titulación	21081 €	10.80 €
Grupo 5	Personal oficial administrativo	18036 €	9.24 €
Grupo 6	Personal subalterno	16884 €	8.65 €

Nota: Sueldo promedio del convenio de oficinas y despachos y de la siderometalúrgica.

Tabla 19. Categorías profesionales

Fuente: Elaboración propia

Por procesos, los departamentos implicados en la elaboración de este producto, aplicando gastos directos de personal y amortización de maquinaria. También los gastos indirectos como personal administrativo, gasto energético, bajas laborales, ... son:

<b>Proceso</b>	<b>Departamento y gastos asociados</b>	<b>Precio / hora</b>
	Ingeniería	
	Gastos directos asociados: Sueldos personal Gr. 1 y Gr. 2 y amortización softwares de gestión, ofimática y diseño.	
Estudio y diseño	Gastos indirectos asociados: Amortización del centro de trabajo, personal administrativo, gasto energético, horas no productivas (reuniones, formación, ...) y material de oficina	50 €
	Se pondera con un beneficio industrial del 25€	



---

	Taller: soldadura, mecanizado y ensamblaje	
	Gastos directos asociados: Sueldos personal Gr. 3, Gr. 4 y Gr. 6 , amortización de maquinaria, consumibles y compra de herramientas .	
Producción	Gastos indirectos asociados: Amortización del centro de trabajo, personal no productivo, gasto energético, softwares de gestión, material de oficina y garantía de material defectuoso	35 €
	Se pondera con un beneficio industrial del 20€	
	Gastos directos asociados: Sueldos personal Gr. 2, y Gr. 4, material metrológico y amortización de software de trabajo.	
Control de calidad	Gastos indirectos asociados: Amortización del centro de trabajo, personal no productivo, gasto energético, material de oficina	40 €
	Se pondera con un beneficio industrial del 20€	

---

*Tabla 20. Precio - hora por departamentos*

Fuente: Elaboración propia

## 6.2. Materiales

En este apartado se justifica la materia prima y material comercial que se va a utilizar en la fabricación de 1 cilindro hidráulico.

Las diferentes columnas se componen del código de la pieza, descripción de la misma, medida en la que se calcula el producto, cantidad de material necesario, precio de cada unidad de medida e importe.

En la elección de proveedores se ha considerado tener un mínimo de 3 precios por artículo, teniendo como prioridad de elección:

1º Cumplir íntegramente los requisitos de la memoria constructiva

2º. Calidad del material ofertado

3º. A igualdad de calidad, mejor precio ofertado

Los precios de estos materiales se realizan con fecha de 11 de enero de 2023 y van a tener validez de 15 días.

Cod.	Descripción	Medida	Cantidad	Precio	Subtotal	Importe
1	Camisa	Kg	Unid.	€	€	€
1a	Tubo Barra perforada E355 dim. 210 x 180 x L990	54,95	1	1,7	93,415	93,415
1b	Tapa trasera Corte plasma chapa EH36 esp 35. Ø190	10,2	1	1,5	15,3	15,3
1c	Orejeta trasera Oxicorte chapa EH36 esp. 80 - 230 x 200	33,9	1	1,5	50,85	50,85
1d	Tomas hidráulicas Redondo S355J2 Ø80 x L 50	1,55	2	1,35	2,0925	4,185
1e	Soporte NS Corte laser + plegado AISI 316 esp. 5 130 x 110	0,6	1	4,1	2,46	2,46
<b>TOTAL MATERIAL PARTIDA</b>						<b>166,21</b>
2	Vástago	Kg				
	Vástago Redondo 1,4462 Ø120 x L1070	96,8	1	5,8	561,44	561,44
<b>TOTAL MATERIAL PARTIDA</b>						<b>561,44</b>
3	Pistón	Kg				
	Pistón Redondo S355J2 Ø180 x L90	20,4	1	1,35	27,54	27,54
<b>TOTAL MATERIAL PARTIDA</b>						<b>27,54</b>
4	Cabeza	Kg				
	Cabeza Oxicorte EH36 Esp. 100 Ø210	30,4	1	1,5	45,6	45,6
<b>TOTAL MATERIAL PARTIDA</b>						<b>45,60</b>
5	Orejeta delantera	Kg				

	Orejeta delantera					
	Oxicorte chapa EH36 esp. 80 - 320 x 200	40,96	1	1,5	61,44	61,44
<b>TOTAL MATERIAL PARTIDA</b>						<b>61,44</b>
6	Tuerca pistón					
	Tuerca piston					
	Redondo C45 Ø140 x L55	6,8	1	1,53	10,404	10,404
<b>TOTAL MATERIAL PARTIDA</b>						<b>10,40</b>
-	Material comercial estándar					
7	Guía pistón Simrit 180-175-9,7		1	4,32	4,32	4,32
8	Kit juntas pistón Simko 320 Ø180		1	12,65	12,65	12,65
9	Junta tórica 70 sh Ø90x4		1	0,68	0,68	0,68
10	Guía vástago Simrit 120-125-14,8		3	3,45	3,45	10,35
11	Junta tórica 70 sh Ø170x5		2	1,65	1,65	3,3
12	Aro antiextrusión simrit Ø170		1	2,05	2,05	2,05
13	Junta collarin Simrit NI 120-140-15		1	6,1	6,1	6,1
14	Rascador Simrit 120-130-7		1	5,95	5,95	5,95
15	Rótula uniball GE-100-2RS libre mantenimiento		2	48,8	48,8	97,6
16	Circlip DIN 472 Ø150		2	0,6	0,6	1,2
17	Tapón ciego 3/8" AISI 316		2	1,42	1,42	2,84
<b>TOTAL PARTIDA</b>						<b>147,04</b>
<b>TOTAL MEDICIONES MATERIAL</b>						<b>1019.70</b>

Tabla 21. Cuadro de mediciones

Fuente: Elaboración propia

### 6.3. Cuadro de precios

A continuación, se realiza un desglose de precios totales de la fabricación de 1 cilindro hidráulico, especificando que concepto se cobra en cada proceso, e indicando la cantidad de horas empleadas.

Num.	Descripción	Medida	Cantidad	Precio	Subtotal	Importe
10	Ejecución del proyecto: Estudio y diseño de un cilindro Hidráulico de uso naval 180-120/854	horas	22	50,00 €	1.100,00 €	1.100,00 €
20	Seguimiento control de obra	horas	20	40,00 €	800,00 €	800,00 €
30	Producción					2.374,67 €
31	Materiales	Unit	1	1.019,67 €	1.019,67 €	
32	Pre-mecanizados, preparación de bordes	horas	5	35,00 €	175,00 €	
33	Recubrimiento de vástago níquel - cromo	Unit	1	90,00 €	90,00 €	
34	Soldadura de camisa y vástago	horas	3	35,00 €	105,00 €	
35	Ensayos no destructivos de soldaduras	horas	2	40,00 €	80,00 €	
36	Mecanizados	horas	15	35,00 €	525,00 €	
37	Mediciones parciales	horas	2	40,00 €	80,00 €	
38	Ensamblaje	horas	3	35,00 €	105,00 €	
39	Control visual y dimensional	Unit	1	40,00 €	40,00 €	
40	Test de presión y fugas	horas	1	35,00 €	35,00 €	
41	Recubrimiento con pintura marina tri-capa con protección C5 M	Unit	1	120,00 €	120,00 €	
60	Embalaje					125,00 €
61	Caja de madera con certificado sanitario NIMF 15	Unit	1	90,00 €	90,00 €	
62	Embalaje y expedición	horas	1	35,00 €	35,00 €	
70	Control de calidad final y gestión documental: Informe de trazabilidad Dossier de soldadura Informes ENDS Informe de control visual y dimensional Informe de test de presión Informe de protección de pintura Certificado de conformidad	horas	4	40,00 €	160,00 €	160,00 €
80	Gastos indirectos de envíos	Unit	1	100,00 €	100,00 €	100,00 €
<b>TOTAL DESGLOSE DE PRECIOS</b>						<b>4.659,67 €</b>

Tabla 22. Cuadros de precio

Fuente: Elaboración propia

## 6.4. Presupuesto final

Finalmente se presenta el modelo de presupuesto final para el cliente: mostrando dos imputas: una de estudio y diseño del cilindro hidráulico para uso naval, y la otra de la fabricación de dicho cilindro.

Cod.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1	Estudio y diseño del cilindro hidráulico 180-120/854, con especificación para uso naval (DNVGL rules)	1	1.100,00 €	1.100,00 €
2	Fabricación del cilindro hidráulico 180-120/854, con especificación para uso naval	1	3.559,67 €	3.559,67 €
Incluye:				
Fabricación completa				
Seguimiento técnico de producción				
Terminación en pintura naval tri-capa calidad C5M				
Embalaje en caja de madera con certificación sanitaria				
Control de calidad y gestión documental				
Informe de trazabilidad				
Dossier de soldadura				
Informes ENDS				
Informe de control visual y dimensional				
Informe de test de presión				
Informe de protección de pintura				
Certificado de conformidad				
No incluye:				
Honorarios DNVGL				
Transporte al destino				
BASE IMPONIBLE				4.659,67 €
IVA 21%				978,53 €
TOTAL				5.638,20 €

Tabla 23. Presupuesto final  
Fuente: elaboración propia



El presente presupuesto asciende a la cantidad de CINCO MIL SEISCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS CON VEINTE CENTIMOS, IVA incluido.

Firmado: Parte contratante

Firmado: Adolfo Maldonado

## 7. Recursos bibliográficos

### 7.1. Literatura científica

Castillo-Bolaños, B. N., Castillo-Castillo, O., & Vega-Hernández, S. M. (2021).

Diseño e implementación de un manual de procedimientos para el mantenimiento correctivo de cilindros hidráulicos.

Codina, E., Khamashta, M., & Salazar, E. (2007). Estudio de la capacidad de carga de cilindros oleohidráulicos. *Scientia et technica*, 1(35).

Moya, F., Alejandro, M., Contreras, O., & Andrés, M. (2016). Estudio de fabricación de cilindros hidráulicos.

Morales Robles, C. (2005). Construcción de cilindros hidráulicos telescópicos.

### 7.2. Webgrafía

Agencia Española de ensayos no destructivos (AEND)

(2023, 4 de enero)

<https://www.aend.org/certiaend.php>

Agencia Española de normalización (AENOR)

(2022, 30 de diciembre)

<https://www.aenor.com>

España, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Agendas sectoriales.

Agenda sectorial de la industria naval

(2022, 2 de diciembre)

<https://industria.gob.es/es-es/servicios/paginas/agendas-sectoriales.aspx>

*Internacional Organization for Standardization*



(2022, 30 de diciembre)

<https://www.iso.org>

Normalización Española

(2022, 30 de diciembre)

<https://www.une.org>

JMG Hidráulica

(2023, 4 de enero)

<http://jmghidraulica.com>

Glual

(2023, 6 de enero)

[www.glual.com/es/descargas/catalogos.html](http://www.glual.com/es/descargas/catalogos.html)

Cicrosa Hidráulica

(2023, 6 de enero)

<https://www.cicrosa.com/>

### **7.3. Normativa**

DNVGL-CG-0498 *Hydraulic Cylinders class guide line*

DNVGL-ST-0498 *Hydraulic Cylinders Standard*

España, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias. Boletín Oficial del Estado, núm. 243, de 11 de octubre de 2021, páginas 123437 a 123574 (138 págs.)

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/09/21/809>



España, Ministerio de la presidencia. Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias. Boletín Oficial del Estado, núm.287, de 30/11/2007  
<https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2007/11/16/1/con>

Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias. España, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. CNAE 24 Fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones  
<https://www.cnae.com.es/obtener-cnae-3.php?nivel=24>

España, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. CNAE 28 Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p.  
<https://www.cnae.com.es/obtener-cnae-3.php?nivel=28>

ISO 10474:2013 *Steel and steel products — Inspection documents*  
<https://www.iso.org/standard/53736.html>

ISO 17025:2017 *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*  
<https://www.iso.org/standard/66912.html>

ISO 17065:2012 *Conformity assessment — Requirements for bodies certifying products, processes and services*  
<https://www.iso.org/standard/46568.html>

ISO 6020-1:2007 Hydraulic fluid power — Mounting dimensions for single rod cylinders, 16 MPa (160 bar) series — Part 1: Medium series  
<https://www.iso.org/standard/40298.html>

ISO 6020-2:2015 Hydraulic fluid power — Mounting dimensions for single rod cylinders, 16 MPa (160 bar) series — Part 2: Compact series

<https://www.iso.org/standard/61339.html>

ISO 8133:2022 Hydraulic fluid power — Mounting dimensions for accessories for single rod cylinders, 16 MPa (160 bar) compact series

<https://www.iso.org/standard/81432.html>

UNE EN 10025-1:2006 Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.

UNE EN 10025-2:2020 Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados.

UNE EN 10025-3:2020 Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 3: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales soldables de grano fino en la condición de normalizado/laminado de normalización.

UNE EN 10025-5:2020 Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 5: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica.

UNE EN 10305-1:2016 Tubos de acero para aplicaciones de precisión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 1: Tubos sin soldadura estirados en frío

UNE EN 10305-6:2016 Tubos de acero para aplicaciones de precisión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 6: Tubos soldados estirados en frío para circuitos hidráulicos y neumáticos.

UNE EN 22768-1:1993 Tolerancia generales. Parte 1: Tolerancias para dimensiones lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.

UNE EN 22768-2:1993 Tolerancia generales. Parte 2: Tolerancias para dimensiones lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.