



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Cálculo, diseño y fabricación de un cilindro hidráulico enfocado al ámbito industrial, partiendo de datos iniciales proporcionados por el cliente.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Galarza Coronel, Kevin Andrés

Tutor/a: Ferri Azor, José Miguel

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

# Título

Cálculo, diseño y fabricación de un cilindro hidráulico enfocado al ámbito industrial, partiendo de datos iniciales proporcionados por el cliente.

## Resumen

En el presente proyecto se describe el proceso de diseño y fabricación de un cilindro hidráulico, este será realizado de forma que cumpla con las especificaciones de calidad y seguirá la normativa vigente, además, este debe ser verificado siguiendo el modelo propuesto por el cliente.

El objetivo principal del trabajo es calcular a partir de ciertos parámetros indicados por el cliente, un cilindro que se ajuste tanto en medidas de la camisa y diámetro del vástago evitando el efecto de pandeo por fuerzas externas para poder cumplir con la fuerza lineal que debe ejercer, conociendo que los cilindros hidráulicos proporcionan fuerza y movimiento lineal a través de un fluido hidráulico, como fluido no compresible se hará uso de aceite mineral. Aprovechando la energía del fluido hace que estos cilindros sean ideales para una amplia variedad de aplicaciones, como la maquinaria pesada, la construcción, la industria alimentaria, elevadores, la agricultura y la industria aeroespacial.

El diseño básico de un cilindro hidráulico incluye un pistón, una camisa, un vástago unido a través de un sistema de empaquetadura que impide que el fluido hidráulico se escape y pierda presión. Cuando se aplica presión hidráulica en un extremo del cilindro, el pistón se mueve hacia el otro extremo, lo que hace que el vástago también se mueva y genere una fuerza lineal.

Se busca crear un cilindro buscando un beneficio económico al momento de su diseño y fabricación, sabiendo que tiene que ser un producto de calidad, cumpliendo normativa y este debe tener un ciclo de vida útil mínimo. Tras la fabricación se realizará pruebas para verificar el correcto ensamblaje y posibles defectos que pueda presentar.

**Palabras clave:** vástago; pistón; maquinaria industrial; hidráulico; empaquetadura; presión hidráulica.

# Títol

Càlcul, disseny i fabricació d'un cilindre hidràulic enfocat a l'àmbit industrial, partint de dades inicials proporcionades pel client.

# Resum

En el present projecte es descriu el procés de disseny i fabricació d'un cilindre hidràulic, aquest serà realitzat de manera que complisca amb les especificacions de qualitat i seguirà la normativa vigent, a més, aquest ha de ser verificat seguint el model proposat pel client.

L'objectiu principal del treball és calcular a partir d'uns certs paràmetres indicats pel client, un cilindre que s'ajuste tant en mesures de la camisa i diàmetre del plançó evitant l'efecte de vinclament per forces externes per a poder complir amb la força lineal que ha d'exercir, coneixent que els cilindres hidràulics proporcionen força i moviment lineal a través d'un fluid hidràulic, com a fluid no compressible es farà ús d'oli mineral. Aprofitant l'energia del fluid fa que aquests cilindres siguin ideals per a una àmplia varietat d'aplicacions, com la maquinària pesant, la construcció, la indústria alimentària, elevadors, l'agricultura i la indústria aeroespacial.

El disseny bàsic d'un cilindre hidràulic inclou un pistó, una camisa, un plançó unit a través d'un sistema de \*empaquetadura que impedeix que el fluid hidràulic s'escape i perda pressió. Quan s'aplica pressió hidràulica en un extrem del cilindre, el pistó es mou cap a l'altre extrem, la qual cosa fa que el plançó també es moga i genere una força lineal.

Es busca crear un cilindre buscant un benefici econòmic al moment del seu disseny i fabricació, sabent que ha de ser un producte de qualitat, complint normativa i aquest ha de tindre un cicle de vida útil mínim. Després de la fabricació es realitzarà proves per a verificar el correcte assemblatge i possibles defectes que puga presentar.

**Paraules clau:** plançó; pistó; maquinària industrial; hidràulic; \*empaquetadura; pressió hidràulica.

## Title:

Calculation, design, and manufacturing of a hydraulic cylinder for industrial applications based on initial data provided by customer.

## Abstract

This project describes the process of designing and manufacturing a hydraulic cylinder, this will be done in such a way that it meets the quality specifications and complies with current regulations, in addition, this must be verified following the model proposed by the client.

The main objective of the project is to calculate, based on certain parameters indicated by the customer, a cylinder that fits in terms of the cylinder barrel dimensions and rod diameter, avoiding the effect of buckling due to external forces in order to meet the required linear force. Hydraulic cylinders provide linear force and movement through a non-compressible hydraulic fluid, such as mineral oil. Taking advantage of the energy of the fluid, these cylinders are ideal for a wide variety of applications, such as heavy machinery, construction, food industry, elevators, agriculture, and aerospace industry.

The basic design of a hydraulic cylinder includes a piston, a sleeve, and a rod attached through a seal system that prevents the hydraulic fluid from escaping and losing pressure. When hydraulic pressure is applied to one end of the cylinder, the piston moves to the other end, causing the rod to move and generate a linear force.

The aim is to create a cylinder that provides economic benefits during its design and manufacturing, while ensuring that it is a quality product that complies with regulations and has a minimum service life. After manufacturing, tests will be carried out to verify correct assembly and identify any possible defects.

**Keywords:** rod; piston; industrial machinery; hydraulic; seal; hydraulic pressure.

## Agradecimientos:

Me gustaría agradecer a las siguientes personas e instituciones por su apoyo y contribución en la realización de mi Trabajo de Fin de Grado (TFG):

Mi supervisor académico: Quiero expresar mi gratitud a mi supervisor/a por su orientación, apoyo y sabias sugerencias a lo largo de todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimiento fueron fundamentales para el éxito de este proyecto

Mi familia: Agradezco sinceramente a mis padres César y Mónica, mi hermano Christian, mi hermana Guliana y demás familiares por su constante apoyo, paciencia y aliento. Su amor incondicional y confianza en mí fueron mi mayor motivación durante este proyecto.

Mis amigos: Quiero agradecer a mis amigos por su apoyo emocional, por escucharme y animarme en momentos de duda. Sus palabras de aliento y su compañía hicieron que este viaje académico fuera más llevadero y enriquecedor.

Bibliotecas y recursos académicos: Expreso mi agradecimiento a las bibliotecas y a las fuentes académicas que consulté para obtener información relevante en mi investigación. Su disponibilidad y acceso a recursos contribuyeron significativamente a la calidad y profundidad de mi trabajo.

Universidad Politécnica de Valencia: Quiero agradecer a mi universidad por brindarme la oportunidad de realizar este TFG y por proporcionarme los recursos necesarios para llevarlo a cabo. Agradezco también a los profesores y personal administrativo que me apoyaron a lo largo de este proceso.

Referencias y autores previos: Reconozco y agradezco a los investigadores, académicos y autores cuyos trabajos y publicaciones fueron fundamentales para el desarrollo de mi TFG. Su contribución previa en el campo de estudio fue esencial para fundamentar mis ideas y enfoques.

Su apoyo fue invaluable y estoy profundamente agradecido con todos y cada uno de ustedes por su ayuda en este viaje académico.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Agradecimientos: .....                       | 3  |
| 1 OBJETO .....                               | 13 |
| 2 ALCANCE .....                              | 13 |
| 3 ANTECEDENTES.....                          | 13 |
| 4 REQUERIMIENTOS.....                        | 14 |
| 5 NORMATIVA .....                            | 15 |
| 6 PRINCIPIOS DE HIDRÁULICA.....              | 16 |
| 6.1 PROPIEDADES.....                         | 16 |
| 6.1.1 FLUJO.....                             | 16 |
| 6.1.2 CAUDAL .....                           | 18 |
| 6.1.3 VISCOSIDAD .....                       | 18 |
| 6.1.4 COMPRESIBILIDAD .....                  | 19 |
| 6.1.5 PRESIÓN .....                          | 20 |
| 6.1.6 PRINCIPIO DE PASCAL.....               | 20 |
| 7 COMPONENTES DE UN CILINDRO HIDRÁULICO..... | 21 |
| 8 CÁLCULOS .....                             | 23 |
| 8.1 CÁLCULO DE LAS CAMISAS.....              | 23 |
| 8.1.1 CÁLCULO DE LA SECCIÓN.....             | 23 |
| 8.2 CÁLCULO DE PANDEO .....                  | 26 |
| 9 ELECCIÓN DEL MATERIAL .....                | 30 |
| 9.1 PIEZAS CILINDRO.....                     | 30 |
| 9.2 JUNTAS DEL CILINDRO.....                 | 35 |
| 9.2.1 RASCADOR .....                         | 36 |
| 9.2.2 COLLARÍN.....                          | 37 |
| 9.2.3 JUNTA TÓRICA MÁS ANILLO DE APOYO ..... | 38 |
| 9.2.4 EMPAQUETADURA O JUNTA DE PISTÓN.....   | 43 |
| 9.2.5 GUÍAS .....                            | 44 |
| 10 DISEÑO.....                               | 46 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 10.1   | DISEÑO DE LA CAMISA.....                                  | 46 |
| 10.2   | DISEÑO DEL VÁSTAGO.....                                   | 47 |
| 10.3   | DISEÑO DE LA GUÍA.....                                    | 48 |
| 10.4   | DISEÑO DEL PISTÓN.....                                    | 49 |
| 10.5   | DISEÑO DE LA TAPA.....                                    | 50 |
| 10.6   | DISEÑO DE LA BRIDA.....                                   | 51 |
| 11     | ENSAMBLAJE.....   | 52 |
| 12     | SIMULACIONES Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....                  | 53 |
| 12.1   | PREPROCESAMIENTO.....                                     | 53 |
| 12.2   | DEFINICIÓN DE MATERIALES Y PROPIEDADES.....               | 55 |
| 12.2.1 | CAMISA.....   | 55 |
| 12.2.2 | VÁSTAGO.....  | 56 |
| 12.2.3 | GUÍA.....   | 56 |
| 12.2.4 | PISTÓN.....   | 57 |
| 12.2.5 | TAPA.....   | 57 |
| 12.2.6 | BRIDA.....  | 58 |
| 12.3   | APLICACIÓN DE CARGAS.....                                 | 58 |
| 12.4   | FORMULACIÓN DE LAS ECUACIONES Y SOLUCIÓN DEL SISTEMA..... | 60 |
| 12.5   | POSTPROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS.....      | 60 |
| 12.6   | INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....                         | 62 |
| 12.7   | SIMULACION DE PRESIÓN DENTRO DEL TUBO.....                | 63 |
| 13     | MAQUINARIA.....   | 65 |
| 13.1   | SIERRA.....   | 65 |
| 13.2   | TORNO CNC.....  | 65 |
| 13.3   | FRESADORA.....  | 66 |
| 13.4   | TALADRO.....  | 67 |
| 13.5   | SOLDADORA MIG/MAG.....                                    | 67 |
| 14     | PROGRAMA CONTROL NUMÉRICO.....                            | 68 |
| 14.1   | PROGRAMA CAMISA CNC.....                                  | 71 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 14.2    | PROGRAMA VÁSTAGO CNC .....                   | 73  |
| 14.3    | PROGRAMA GUÍA CNC .....                      | 74  |
| 14.4    | PROGRAMA PISTÓN CNC .....                    | 76  |
| 14.5    | PROGRAMA TAPA CNC .....                      | 78  |
| 14.6    | PROGRAMA BRIDA CNC.....                      | 80  |
| 15      | TIEMPO DE OPERACIONES .....                  | 83  |
| 16      | PRESUPUESTO .....                            | 84  |
| 17      | VIABILIDAD ECONÓMICA .....                   | 86  |
| 18      | CONCLUSIONES .....                           | 87  |
| 19      | BIBLIOGRAFÍA.....                            | 87  |
| 20      | OBJETIVO .....                               | 92  |
| 21      | Disposiciones Generales .....                | 92  |
| 21.1    | FUERZA MÁXIMA EJERCIDA POR EL CILINDRO ..... | 92  |
| 21.2    | NORMATIVA APLICADA .....                     | 92  |
| 21.2.1  | UNE-EN ISO 9001 .....                        | 94  |
| 21.2.2  | UNE-EN 10020 .....                           | 95  |
| 21.2.3  | DIN ISO 5597.....                            | 96  |
| 21.2.4  | DIN ISO 3320.....                            | 97  |
| 21.2.5  | DIN ISO 3601.....                            | 98  |
| 21.2.6  | DIN ISO 3448.....                            | 98  |
| 21.2.7  | UNE EN ISO 21920.....                        | 99  |
| 21.2.8  | DIN ISO 6547.....                            | 100 |
| 21.2.9  | DIN ISO 6195.....                            | 101 |
| 21.2.10 | DIN ISO 6547.....                            | 102 |
| 21.3    | CONDICIONES DE TRABAJO.....                  | 102 |
| 21.4    | ALMACENAJE Y MANTENIMIENTO .....             | 103 |
| 21.5    | PIEZAS DEL CILINDRO .....                    | 104 |
| 21.6    | MATERIALES UTILIZADOS.....                   | 104 |
| 21.6.1  | CAMISA .....                                 | 105 |



|        |                     |     |
|--------|---------------------|-----|
| 21.6.2 | VÁSTAGO .....       | 105 |
| 21.6.3 | GUÍA.....           | 105 |
| 21.6.4 | PISTÓN Y TAPA ..... | 105 |
| 21.6.5 | BRIDA .....         | 105 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1 Tipos de flujo .....                                | 17 |
| Ilustración 2 Viscosidad.....                                     | 18 |
| Ilustración 3 Compresibilidad ejemplo .....                       | 20 |
| Ilustración 4 Principio de Pascal.....                            | 21 |
| Ilustración 5 Partes de un cilindro hidráulico .....              | 22 |
| Ilustración 6 Tipos de montaje de los cilindros hidráulicos ..... | 27 |
| Ilustración 7 Factores de corrección según montaje .....          | 27 |
| Ilustración 8 Fases de elección de material .....                 | 30 |
| Ilustración 9 Parámetros elección del material.....               | 31 |
| Ilustración 10 Rascador catálogo Interseal.....                   | 36 |
| Ilustración 11 Elección de rascador catálogo Interseal .....      | 37 |
| Ilustración 12 Collarín catálogo Interseal .....                  | 37 |
| Ilustración 13 Elección collarín catálogo Interseal .....         | 38 |
| Ilustración 14 Estanquización estática .....                      | 39 |
| Ilustración 15 Estanquización dinámica.....                       | 40 |
| Ilustración 16 Elección de juntas tóricas vástago .....           | 41 |
| Ilustración 17 Fenómeno de extrusión en juntas tóricas .....      | 42 |
| Ilustración 18 Anillo de apoyo catálogo Interseal .....           | 42 |
| Ilustración 19 Elección de tórica para guía .....                 | 42 |
| Ilustración 20 Junta de pistón catálogo Interseal .....           | 43 |
| Ilustración 21 Elección junta de pistón .....                     | 44 |
| Ilustración 22 Guías catálogo Interseal .....                     | 45 |
| Ilustración 23 Elección guías para pistón.....                    | 45 |
| Ilustración 24 Diseño 3D camisa.....                              | 46 |
| Ilustración 25 Diseño 3D camisa vista interior.....               | 47 |
| Ilustración 26 Diseño 3D vástago.....                             | 47 |
| Ilustración 27 Diseño 3D vástago vista frontal.....               | 48 |
| Ilustración 28 Diseño 3D guía.....                                | 48 |
| Ilustración 29 Diseño 3D guía vista interior.....                 | 49 |
| Ilustración 30 Diseño 3D pistón .....                             | 49 |
| Ilustración 31 Diseño 3D pistón vista interior.....               | 50 |
| Ilustración 32 Diseño 3D tapa vista forntal.....                  | 51 |
| Ilustración 33 Diseño 3D tapa .....                               | 51 |
| Ilustración 34 Diseño 3D brida.....                               | 52 |

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 35 Diseño 3D brida vista interior .....            | 52 |
| Ilustración 36 Modelo 3D ensamblaje final .....                | 53 |
| Ilustración 37 Modelo 3D ensamblaje final transparente.....    | 53 |
| Ilustración 38 Opciones de mallado SoliWorks .....             | 54 |
| Ilustración 39 Mallado conjunto.....                           | 54 |
| Ilustración 40 Equivalencias aceros UNE-DIN-AISI .....         | 55 |
| Ilustración 41 Material para camisa .....                      | 56 |
| Ilustración 42 Material para vástago.....                      | 56 |
| Ilustración 43 Material para guía.....                         | 57 |
| Ilustración 44 Material para pistón .....                      | 57 |
| Ilustración 45 Material para tapa .....                        | 58 |
| Ilustración 46 Material para brida.....                        | 58 |
| Ilustración 47 Sujeciones SolidWorks .....                     | 59 |
| Ilustración 48 Sujeción para simulación .....                  | 59 |
| Ilustración 49 Fuerza para simulación .....                    | 60 |
| Ilustración 50 Resolución de ecuaciones.....                   | 60 |
| Ilustración 51 Simulación tensiones (vonMises).....            | 61 |
| Ilustración 52 Simulación desplazamientos .....                | 61 |
| Ilustración 53 Simulación deformaciones unitarias .....        | 62 |
| Ilustración 54 Simulación factor de seguridad .....            | 62 |
| Ilustración 55 Simulación de presión.....                      | 63 |
| Ilustración 56 Simulación de presión en la camisa.....         | 64 |
| Ilustración 57 Sierra para corte de piezas para cilindro ..... | 65 |
| Ilustración 58 Torno CNC.....                                  | 66 |
| Ilustración 59 Fresadora CNC .....                             | 67 |
| Ilustración 60 Taladro de columna .....                        | 67 |
| Ilustración 61 Máquina para soldar MIG/MAG .....               | 68 |
| Ilustración 62 Herramienta para taladrar.....                  | 69 |
| Ilustración 63 Herramienta para careado.....                   | 69 |
| Ilustración 64 Herramienta para desbaste .....                 | 70 |
| Ilustración 65 Herramienta para contorno.....                  | 70 |
| Ilustración 66 Herramienta para roscado.....                   | 70 |
| Ilustración 67 Tipo de procesos CNC .....                      | 71 |
| Ilustración 68 Condiciones de trabajo camisa CNC .....         | 71 |
| Ilustración 69 Dibujo camisa CNC.....                          | 72 |
| Ilustración 70 Simulación camisa Cara A .....                  | 72 |

|  |     |
|--|-----|
| Ilustración 71 Simulación camisa cara B .....            | 72  |
| Ilustración 72 Condiciones de trabajo vástago CNC .....  | 73  |
| Ilustración 73 Dibujo vástago CNC .....                  | 73  |
| Ilustración 74 Simulación vástago cara A .....           | 74  |
| Ilustración 75 Simulación vástago cara B .....           | 74  |
| Ilustración 76 Condiciones de trabajo guía CNC .....     | 75  |
| Ilustración 77 Dibujo guía CNC .....                     | 75  |
| Ilustración 78 Simulación guía cara A .....              | 76  |
| Ilustración 79 Simulación guía cara B .....              | 76  |
| Ilustración 80 Condiciones de trabajo pistón .....       | 77  |
| Ilustración 81 Dibujo pistón CNC .....                   | 77  |
| Ilustración 82 Simulación pistón cara A .....            | 78  |
| Ilustración 83 Simulación pistón cara B .....            | 78  |
| Ilustración 84 Condiciones de trabajo Tapa .....         | 79  |
| Ilustración 85 Dibujo tapa CNC .....                     | 79  |
| Ilustración 86 Simulación tapa cara A .....              | 80  |
| Ilustración 87 Simulación tapa cara B .....              | 80  |
| Ilustración 88 Condiciones de trabajo brida .....        | 81  |
| Ilustración 89 Dibujo brida CNC .....                    | 81  |
| Ilustración 90 Simulación brida cara A .....             | 82  |
| Ilustración 91 Simulación brida cara B .....             | 82  |
| Ilustración 1 UNE-EN ISO 9001 .....                      | 95  |
| Ilustración 2 UNE-EN ISO 10020 .....                     | 96  |
| Ilustración 3 ISO 5597 .....                             | 97  |
| Ilustración 4 ISO 3320 .....                             | 97  |
| Ilustración 5 ISO 3601 .....                             | 98  |
| Ilustración 6 ISO 3348 .....                             | 99  |
| Ilustración 7 UNE-EN ISO 21920 .....                     | 100 |
| Ilustración 8 ISO 6547 .....                             | 101 |
| Ilustración 9 ISO 6195 .....                             | 102 |
| Ilustración 10 ISO 6547 .....                            | 102 |
| Ilustración 11 Condiciones de trabajo del cilindro ..... | 103 |
| Ilustración 12 Descripción de piezas del cilindro .....  | 104 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Tabla 1 Viscosidad DIN 51519 ..... | 19 |
|------------------------------------|----|

# Memoria Descriptiva

## **1 OBJETO**

El presente proyecto corresponde al Trabajo de fin de Grado (TFG) del alumno Kevin Andrés Galarza Coronel, estudiante de la prestigiosa Universidad Politécnica de Valencia con mención en el grado de Ingeniería Mecánica.

En dicho proyecto, se realizan los cálculos, diseño y fabricación de un cilindro hidráulico con aplicación a maquinaria industrial, partiendo de datos proporcionados por parte del cliente y los cuales se deben tener en cuenta conseguir el objetivo.

El proceso desde que se solicita los cilindros consta de tres fases, siendo la primera fase el cálculo, en ésta hay que tener en cuenta los valores de los requerimientos, tanto de la fuerza que puede ejercer como de la presión que puede soportar, entre otros. Posterior al cálculo se procede a realizar el diseño del cilindro, para esto se hace uso de una herramienta de CAD para verificar que todas las partes del cilindro puedan encajar de manera correcta teniendo en cuenta las tolerancias entre el eje y el agujero y evitar errores en el momento de fabricación o ensamblaje. Además, se debe tener en cuenta, a la hora de diseñar, la normativa vigente, en este caso la Norma ISO 3320 para cilindros hidráulicos ya que estos deben ser adecuados para aplicaciones estacionarias, sometidas a cargas estáticas y dinámicas. Con ayuda de un programa de elementos finitos se realizan estudios para verificar que el material pueda soportar los esfuerzos a los que va a estar sometido y que no influya de manera negativa con la integridad del cilindro. Con el diseño finalizado se mandarían los planos al cliente para su confirmación de diseño y presupuesto. En la fase de fabricación se hará uso de un programa de control numérico para mecanizar las partes del cilindro y posteriormente pasar a la fase de montaje.

## **2 ALCANCE**

El desarrollo de este proyecto está enfocado al ámbito industrial, específicamente para maquinaria industrial hidráulica. En este caso los cilindros son para una máquina inyectora de plásticos. La presión que debe ejercer depende del material y de la superficie de la pieza que se desea inyectar.

## **3 ANTECEDENTES**

El presente proyecto tiene lugar en la empresa Hylinders Solutions S.L. como parte de un proyecto nuevo que se va a desarrollar dentro de la empresa con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente. Esta empresa fundada en el año 2013 ubicada en Alcoy, provincia de Alicante se dedica al diseño y fabricación de cilindros hidráulicos y productos relacionados con la hidráulica en general. Se caracteriza por la eficacia, seguridad y garantía de sus productos. Además, cuenta con profesionales con más de 20 años de experiencia en el sector.

## 4 REQUERIMIENTOS

En primer lugar, se debe tener en cuenta que el cilindro que se va a fabricar tiene que cumplir con los requisitos que exige el cliente, que se detallan a continuación:

- El cilindro tiene que poder superar una fuerza de 41202 Newtons equivalente a 4200 kilogramos.
- No debe existir pandeo en el vástago, no se debe superar el límite elástico del material de aproximadamente  $3.7 \text{ N/m}^2$ .
- Presentan sujeciones especiales según diseño de máquina
- Las entradas de aceite o racores deben ser de 1/2 de pulgada Gas, al contar los latiguillos no es importante la posición de los racores.
- La presión de trabajo debe ser de 200 bar.
- La carrera debe ser de 400 mm.
- Verificar que las juntas utilizadas puedan soportar temperaturas de entre  $-5$  y  $80^\circ\text{C}$ .



## 5 NORMATIVA

La normativa aplicada para la construcción de los cilindros es la ISO 3320. Indica el diámetro interior de la camisa al igual que el diámetro que debe tener el vástago y las relaciones de áreas.

También hay que tener en cuenta la normativa de calidad, las juntas de estanqueidad, el fluido de trabajo, entre otros.

Para el cilindro que se va a fabricar se han tenido en cuenta las siguientes normativas que se detallan a continuación:

- UNE-EN ISO 9001: Sistemas de gestión de calidad.- Esta norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad cuando una organización necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios, además, para empresas que aspiren aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente, el aspecto legal y reglamentario aplicable.
- UNE-EN 10020: En España es la norma que regula la clasificación de los aceros.
- DIN ISO 5597: Potencia de fluido hidráulico. Cilindros. Dimensiones y tolerancias de los alojamientos para sellos de vástago y pistón de simple efectos en aplicaciones reciprocas.
- DIN ISO 3320: Cylinder bores and piston rod diameters and area ratios — Metric series
- DIN ISO 3601: Fluid power systems - O-rings - Part 1: Inside diameters, cross-sections, tolerances and designation codes
- DIN ISO 3448: ISO viscosity classification for industrial liquid lubricants.
- EN-UNE ISO 21920: Indication of surface texture in technical product documentation: establece que el acabado de una superficie se indica según el valor máximo de la rugosidad superficial ( $R_{\text{máx}}$ ) o bien, mediante la rugosidad media ( $R_a$ ).
- DIN ISO 6547: Determina los alojamientos para juntas de pistones con guías integradas.
- DIN ISO 6195: Establece los alojamientos para rascadores.
- DIN ISO 6547: Detalla los alojamientos para juntas de baja fricción, compuestas de un anillo de deslizamiento en PTFE y una junta de elastómero para el apriete del anillo de PTFE.

## 6 PRINCIPIOS DE HIDRÁULICA

En primer lugar, se debe saber que es un fluido. Un fluido es una sustancia que puede fluir y adaptar su forma a la de su contenedor. Los fluidos pueden existir en tres estados: líquido, gas y plasma. Tanto los líquidos como los gases son considerados fluidos, ya que ambos tienen la capacidad de fluir y no tienen una forma definida.

Los fluidos se caracterizan por su capacidad para fluir y su falta de resistencia al cambio de forma. Esto se debe a que las moléculas en un fluido tienen libertad para moverse y deslizarse unas sobre otras. A diferencia de los sólidos, que tienen una estructura fija, los fluidos pueden cambiar su forma y ocupar el volumen del recipiente que los contiene.

Los fluidos son fundamentales en muchas áreas de la ciencia y la ingeniería, incluyendo la hidrodinámica (el estudio de los fluidos en movimiento), la aerodinámica (el estudio de los gases en movimiento), la hidráulica (el uso de fluidos para transmitir energía) y muchos otros campos relacionados. Permiten multiplicar la fuerza aplicada, un sistema hidráulico puede variar la relación de transmisión de movimiento modificando la fuerza o la velocidad resultante.

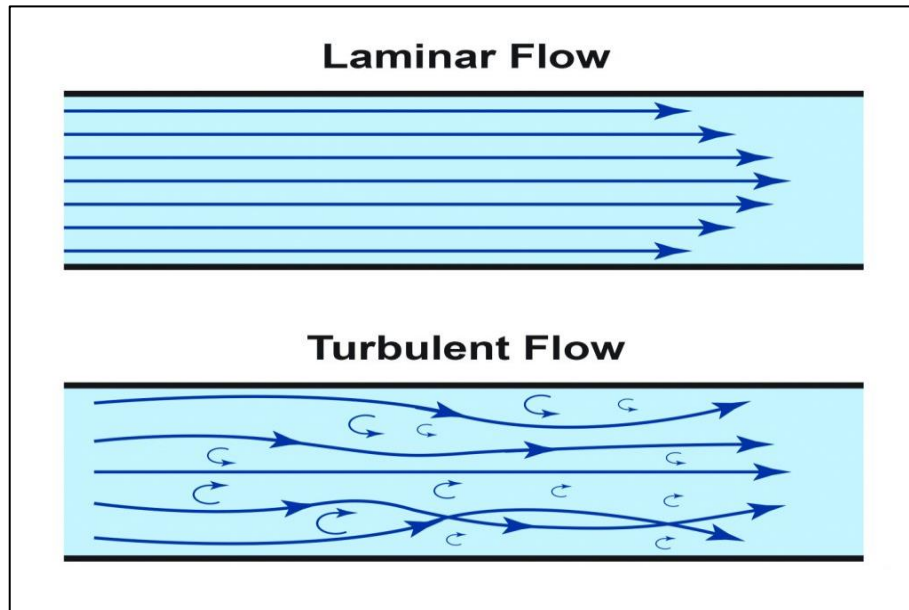
### 6.1 PROPIEDADES

Tienen propiedades físicas que permiten caracterizar y cuantificar su comportamiento, así como diferenciar unos de otros. Presentan propiedades como la viscosidad, tensión superficial y presión de vapor en los líquidos y gases. Sin embargo, la masa específica, el peso específico y la densidad son atributos de cualquier materia.

#### 6.1.1 FLUJO

Existen dos tipos de flujos permanentes en el caso de fluidos reales, que es necesario conocer y entender: flujo laminar y el flujo turbulento. Ambos flujos son gobernados por distintas leyes.

La viscosidad hace que las distintas capas de un fluido se muevan con diferente rapidez en respuesta a un esfuerzo cortante. Este movimiento relativo de capas es conocido como flujo laminar y es característico del flujo estable de líquidos viscosos a baja velocidad. A velocidades más altas, el flujo se vuelve turbulento.



*Ilustración 1 Tipos de flujo*

#### 6.1.1.1 FLUJO LAMINAR

El flujo laminar es un tipo de flujo de fluido caracterizado por capas que se deslizan suavemente unas sobre otras, sin mezclarse de manera significativa. En un flujo laminar, las partículas de fluido siguen trayectorias ordenadas y paralelas, lo que resulta en un movimiento suave y predecible.

En un flujo laminar, la velocidad del fluido en cada punto es constante y la dirección del flujo no varía significativamente en el tiempo. Este tipo de flujo se observa típicamente en fluidos con bajas velocidades o en conductos de tamaño reducido, donde la viscosidad del fluido es dominante y las fuerzas de fricción prevalecen sobre las fuerzas inerciales.

#### 6.1.1.2 FLUJO TURBULENTO

El flujo turbulento es un tipo de flujo de fluido caracterizado por un movimiento caótico y desordenado de las partículas de fluido. A diferencia del flujo laminar, en el flujo turbulento las partículas se mueven en direcciones aleatorias y se producen vórtices, remolinos y fluctuaciones de velocidad.

En un flujo turbulento, las partículas de fluido se mezclan de manera intensa, lo que resulta en una mayor transferencia de masa, calor o cantidad de movimiento en comparación con

el flujo laminar. El flujo turbulento se produce a altas velocidades o en fluidos con alta viscosidad y se caracteriza por tener una mayor resistencia al flujo.

### 6.1.2 CAUDAL

Se refiere a la cantidad de fluido que fluye a través de una sección de un conducto en un intervalo de tiempo. Normalmente se expresa en unidades de volumen por unidad de tiempo. El caudal se calcula dividiendo el volumen del fluido que pasa por un punto dado entre el tiempo transcurrido. En el Sistema internacional se expresa como metros cúbicos partido segundos.

$$Q = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)}}{\text{tiempo (s)}}$$

### 6.1.3 VISCOSIDAD

La viscosidad es una propiedad física de los fluidos que se refiere a la resistencia que presenta a las deformaciones graduales por tensiones cortante o tensiones de tracción del fluido. Los fluidos con alta viscosidad son más espesos por lo que presentan mayor resistencia al flujo mientras que una menor viscosidad significa que fluyen de manera más fácil.

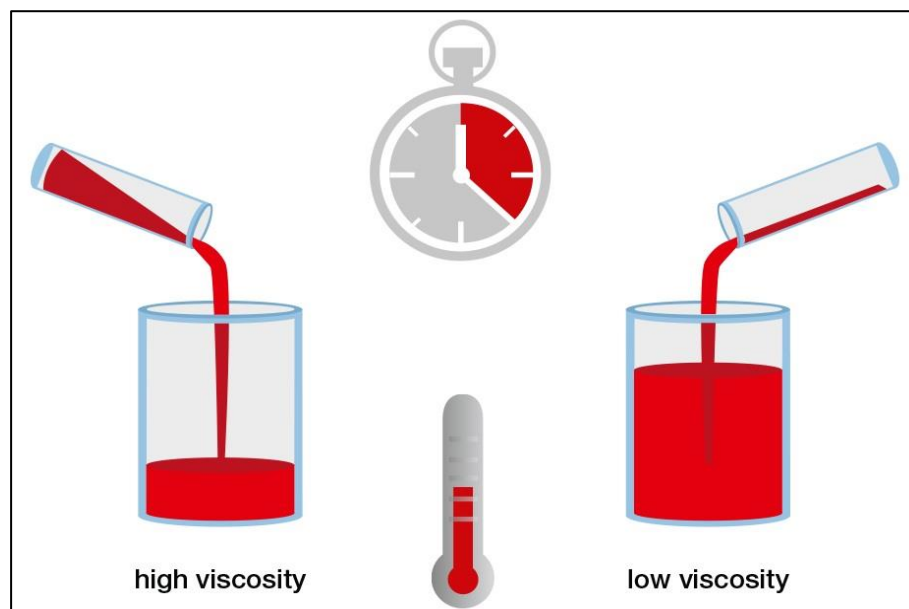


Ilustración 2 Viscosidad

La viscosidad se puede medir de diversas formas y la unidad más común para expresarla es el poise (P) o el centipoise (cP), aunque también se puede usar el Pascal-segundo (Pa·s) en el Sistema Internacional de Unidades (SI).

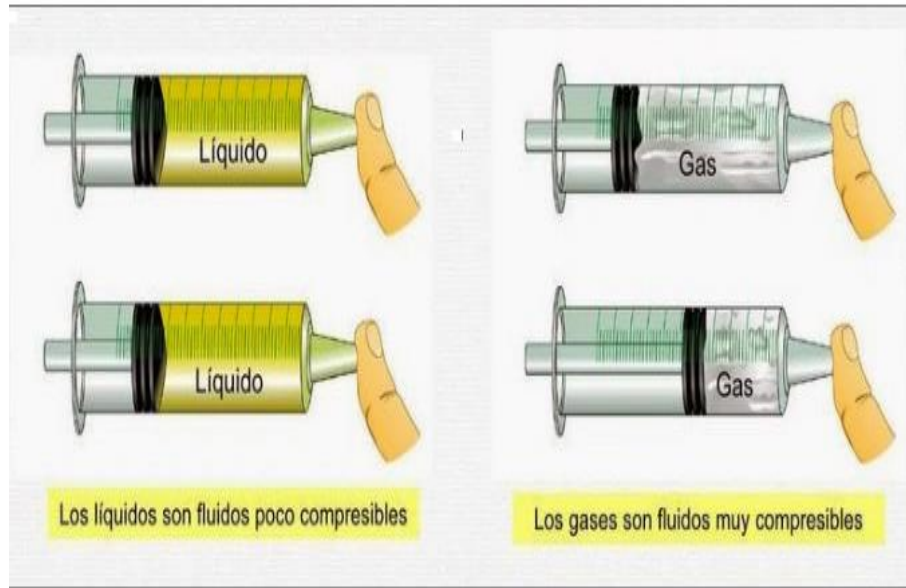
| Tabla de viscosidad DIN 51519 |   |                       |        |  |
|-------------------------------|---|-----------------------|--------|--|
| Viscosidad ISO                | Viscosidad a 40 °C [mm <sup>2</sup> /s] | Límites de viscosidad |        |  |
| Nominal                       | Media                                   | Mínima                | Máxima |  |
| ISO VG 2                      | 2.2                                     | 1.98                  | 2.42   |  |
| ISO VG 3                      | 3.2                                     | 2.88                  | 3.52   |  |
| ISO VG 5                      | 4.6                                     | 4.14                  | 5.06   |  |
| ISO VG 7                      | 6.8                                     | 6.12                  | 7.48   |  |
| ISO VG 10                     | 10                                      | 9.00                  | 11     |  |
| ISO VG 15                     | 15                                      | 13.50                 | 16.5   |  |
| ISO VG 22                     | 22                                      | 19.80                 | 24.2   |  |
| ISO VG 32                     | 32                                      | 28.80                 | 35.2   |  |
| ISO VG 46                     | 46                                      | 41.40                 | 50.6   |  |
| ISO VG 68                     | 68                                      | 61.20                 | 74.8   |  |
| ISO VG 100                    | 100                                     | 90.00                 | 110    |  |
| ISO VG 150                    | 150                                     | 135.00                | 165    |  |
| ISO VG 220                    | 220                                     | 198.00                | 242    |  |
| ISO VG 320                    | 320                                     | 288.00                | 352    |  |
| ISO VG 460                    | 460                                     | 414.00                | 506    |  |
| ISO VG 680                    | 680                                     | 612.00                | 748    |  |
| ISO VG 1000                   | 1000                                    | 900.00                | 1100   |  |
| ISO VG 2200                   | 2200                                    | 1,980.00              | 2420   |  |
| ISO VG 3200                   | 3200                                    | 2,880.00              | 3520   |  |

Tabla 1 Viscosidad DIN 51519

La escala ISO es aplicable a aceites industriales. Suele definirse por ISO VG, cuyas siglas significan “International Standard Organization” “Viscosity Grade”.

#### 6.1.4 COMPRESIBILIDAD

La compresibilidad es una propiedad física de la materia que se refiere a la capacidad que presenta un material para disminuir su volumen cuando se somete a una fuerza externa, como la presión. Aunque no hay fluidos rigurosamente incompresibles, se consideran como tales a aquellos que su densidad varía muy poco con la presión como el caso de los líquidos.



*Ilustración 3 Compresibilidad ejemplo*

### 6.1.5 PRESIÓN

La presión es una magnitud escalar que describe la fuerza ejercida por unidad de superficie. Cuando sobre una superficie plana de área  $A$  se le aplica una fuerza normal  $F$  de manera uniforme, la presión  $P$  se obtiene dividiendo la fuerza por el área. La unidad de presión en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el pascal (Pa), que equivale a una fuerza de un newton (N) aplicada sobre un área de un metro cuadrado ( $m^2$ ):

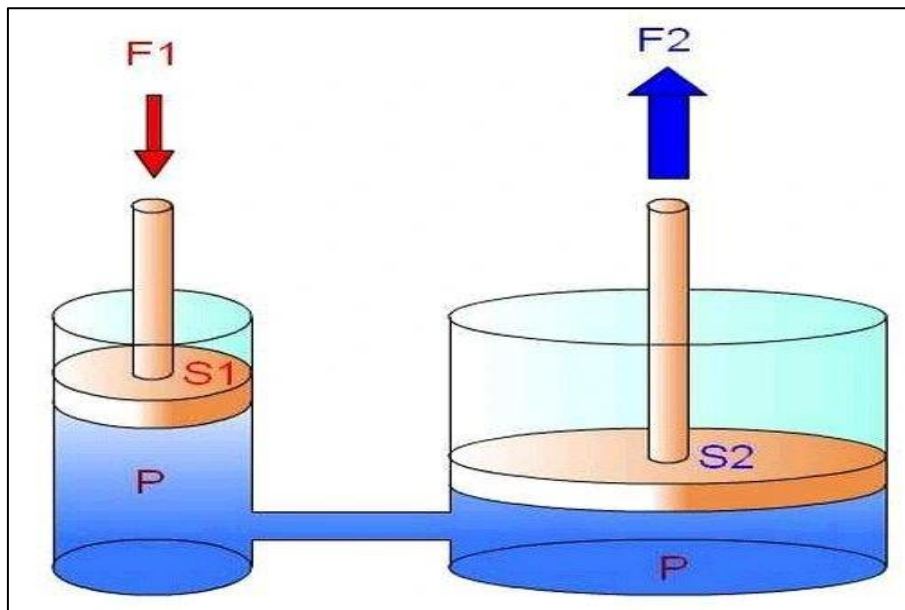
$$Presión (Pa) = \frac{Fuerza (N)}{Superficie (m^2)}$$

### 6.1.6 PRINCIPIO DE PASCAL

El principio de Pascal es parte fundamental de la hidrostática (rama de la física que estudia los fluidos en reposo) enunciado por el matemático, físico e inventor francés Blaise Pascal en el siglo XVII. Este principio establece que, en un fluido en equilibrio, cualquier cambio de presión aplicado en cualquier punto del fluido se transmite de manera uniforme e inalterada en todas las direcciones del fluido.

En términos más simples, esto significa que, si aplicamos una presión a un fluido contenido en un recipiente, esa presión se transmitirá a lo largo y ancho del fluido sin importar

dónde se aplicó originalmente. Esto es válido siempre que el fluido sea incompresible, es decir, que su densidad no cambie significativamente bajo las condiciones dadas.



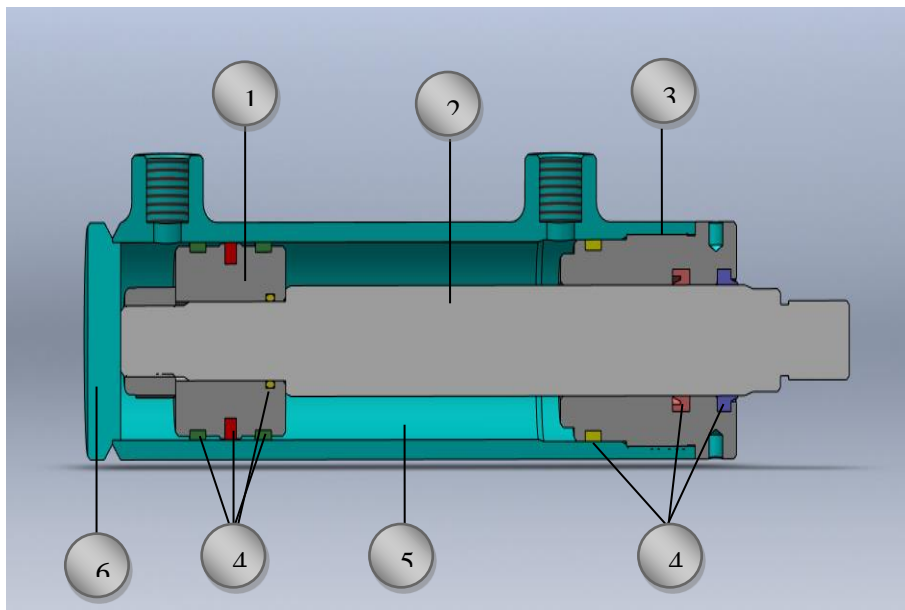
*Ilustración 4 Principio de Pascal*

## 7 COMPONENTES DE UN CILINDRO HIDRÁULICO

Un cilindro hidráulico es un dispositivo mecánico que se utiliza en sistemas hidráulicos para generar fuerza y movimiento lineal a través de la aplicación de presión hidráulica. Los componentes principales de un cilindro hidráulico general son los siguientes:

- (5) Camisa o Tubo: Es todo el cuerpo del cilindro donde se aloja el vástago y el pistón. Contiene el fluido hidráulico y proporciona soporte estructural para el resto de los componentes internos.
- (2) Vástago: Es una barra sólida que se extiende a lo largo de la camisa y sobresale en un extremo, este realiza un movimiento lineal. Tiene que ser de un material resistente para soportar los esfuerzos.
- (1) Pistón o émbolo: Es una pieza circular que se desplaza a través de la parte interior de la camisa y suele dividir al cilindro en dos cámaras, una de alta presión y otra de baja presión. El pistón es el que recibe la fuerza hidráulica y ésta la transmite al vástago.

- (3) Guía o Cabezal: Es una parte que conforma el cilindro y se encuentra en la parte delantera de este, sirve como apoyo para el vástago y generalmente es donde se suelen alojar las juntas de estanqueidad.
- (4) Sellos o juntas: Son los encargados de evitar fugas o pérdidas de aceite, además de dividir el cilindro en dos cámaras de forma que no haya traspaso de fluido de una a otra. También evitan la contaminación del fluido.
- (6) Tapa: Va en la parte trasera del cilindro y suele ir soldada a la guía. En caso de ir solo roscada debe llevar juntas para evitar filtraciones y pérdidas de presión.



*Ilustración 5 Partes de un cilindro hidráulico*



## 8 CÁLCULOS

Para este apartado se calculará el diámetro necesario del cilindro para que este pueda superar una fuerza de 41202 Newtons, además hay que tener en cuenta los datos de la bomba hidráulica que se va a utilizar.

### 8.1 CÁLCULO DE LAS CAMISAS

#### 8.1.1 CÁLCULO DE LA SECCIÓN

Al conocer la fuerza que tiene que superar el cilindro y saber que la presión de trabajo de la bomba hidráulica es de 200 bares, se puede despejar de la fórmula de la presión, la fuerza. En este caso vamos a trabajar en MPa para usar la fórmula en el sistema internacional.

$$1Mpa = 10bar$$

$$20Mpa = 200bar$$

$$F = 41202(N)$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$20(Mpa) = \frac{41202(N)}{\frac{\pi * D^2}{4}}$$

$$Diámetro = 51,22 (mm)$$

En este caso el diámetro aconsejable de la camisa interior del cilindro es de 51,22 mm, por lo que se hará uso de un diámetro inmediatamente superior de 63 mm de diámetro.

El cliente dispone de su propio sistema hidráulico, en este caso hacen referencia a la bomba hidráulica y al motor, es necesario conocer las revoluciones del motor al igual que el caudal suministrado por la bomba, los datos son proporcionados por el cliente y se sabe que el motor gira a 1500 rpm y una bomba que suministra 8 l/min.

$$QBomba = 8 \left( \frac{\text{litros}}{\text{minuto}} \right)$$

$$Motor = 1500 \text{ (rpm)}$$

$$Volumen \text{ de salida} = \frac{\pi * D_{camisa}^2}{4} * CARRERA$$

$$Volumen \text{ de salida} = \frac{\pi * 0,063^2 (m^2)}{4} * 0,4(m)$$

$$Volumen \text{ de salida} = 0,00125 (m^3) \approx 1,25 \text{ (litros)}$$

$$Volumen \text{ de entrada} = Volumen \text{ de salida} - \frac{\pi * D_{vástago}^2}{4} * CARRERA$$

$$Volumen \text{ de entrada} = 0,00125 (m^3) - \frac{\pi * 0,036^2 (m^2)}{4} * 0,4 (m)$$

$$Volumen \text{ de entrada} = 0,00084 (m^3) \approx 0,84 \text{ (litros)}$$

Con el diámetro de la camisa podemos sacar el tiempo de entrada y salida del vástago para posterior poder sacar las velocidades de entrada y salida del vástago.

$$Q_{bomba} \left( \frac{\text{litros}}{\text{min}} \right) = \frac{Volumen \text{ de salida (litros)}}{tiempo \text{ de salida (s)}}$$

$$Tiempo \text{ de salida (s)} = \frac{Volumen \text{ de salida (litros)}}{Q_{bomba} \left( \frac{\text{litros}}{\text{segundo}} \right)}$$

$$Tiempo \text{ de salida (s)} = \frac{1,25 * 60}{8}$$

$$Tiempo \text{ de salida} = 9,37 \text{ (segundos)} \approx 0,16 \text{ (minutos)}$$

$$\text{Tiempo de entrada (s)} = \frac{\text{Volumen de entrada(litros)}}{Q_{\text{bomba}} \left( \frac{\text{litros}}{\text{segundo}} \right)}$$

$$\text{Tiempo de entrada (s)} = \frac{0,84 * 60}{8}$$

$$\text{Tiempo de entrada} = 6,3 \text{ (segundos)} \approx 0,1 \text{ (minutos)}$$

$$\text{Velocidad de salida} = \frac{\text{Carrera(m)}}{\text{tiempo de salida (s)}}$$

$$\text{Velocidad de Salida} = \frac{0,4(m)}{9,37(s)}$$

$$\text{Velocidad de Salida} = 0,043 \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$\text{Velocidad de entrada} = \frac{\text{Carrera(m)}}{\text{tiempo de salida (s)}}$$

$$\text{Velocidad de entrada} = \frac{0,4 (m)}{6,3 (s)}$$

$$\text{Velocidad de Entrada} = 0,063 \left( \frac{m}{s} \right)$$

Con estos valores se puede sacar el caudal de retorno y la potencia mínima del motor para garantizar el correcto funcionamiento de los cilindros.

$$Q_{\text{retorno}} = \frac{\text{Volumen de salida(litros)}}{\text{Tiempo de entrada (min)}}$$

$$Q_{\text{retorno}} = \frac{1,25 \text{ (litros)}}{0,1 \text{ (min)}}$$

$$Q_{\text{retorno}} = 12,5 \left( \frac{\text{litros}}{\text{minutos}} \right)$$

Como último cálculo se sacará la fuerza real de salida y la fuerza real de entrada del cilindro.

$$\text{Fuerza real de salida} = \text{Presión (MPa)} * \text{Área de camisa (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Fuerza real de salida} = 20 * \frac{\pi * 63^2}{4}$$

$$\text{Fuerza real de salida} = 62344,91 \text{ (N)} \approx 6355,24 \text{ (Kg)}$$

*Fuerza real de entrada*

$$= \text{Presión(MPa)} * [\text{Área de camisa (mm}^2\text{)} - \text{Área del vástago(mm}^2\text{)}]$$

$$\text{Fuerza real de entrada} = 20(\text{MPa}) * \left[ \frac{\pi * 63^2}{4} - \frac{\pi * 36^2}{4} \right]$$

$$\text{Fuerza real de entrada} = 41987,38 \text{ (N)} \approx 4280,06 \text{ (Kg)}$$

*Diferencia entre fuerza real y cálculo*

$$= \text{Fuerza real de entrada(Kg)} - \text{Fuerza dimensionado(Kg)}$$

$$\text{Diferencia entre fuerza real y cálculo} = 6355,24 \text{ (Kg)} - 4280,06 \text{ (Kg)}$$

$$\text{Diferencia entre fuerza real y cálculo} = 2075,18 \text{ (Kg)}$$

En este caso existe una diferencia de 2075,18 kilogramos con respecto al cálculo que se ha hecho para el dimensionado y al valor real, la fuerza supera los 4200 kilogramos requeridos por lo que se procede a realizar los siguientes cálculos.

## 8.2 CÁLCULO DE PANDEO

El cálculo de pandeo o cálculo de inestabilidad lateral es un análisis importante en ingeniería estructural que se realiza para determinar la capacidad de un elemento estructural, en este caso del vástago del cilindro, para soportar cargas sin fallar debido al pandeo.

El pandeo ocurre cuando un elemento estructural es sometido a cargas de compresión, y debido a su longitud y rigidez, no puede resistir adecuadamente dichas fuerzas lo que resulta en la deformación o en el peor de los casos la rotura. La  $L$  depende del tipo de fijación y la longitud desde ésta hasta el final.

$$Lk = f * L$$

- $Lk$  = longitud virtual de pandeo
- $L$  = longitud entre fijaciones
- $F$  = factor de carrera.

En primer lugar, hay que determinar el factor de corrección según el tipo de montaje del cilindro según la siguiente tabla.

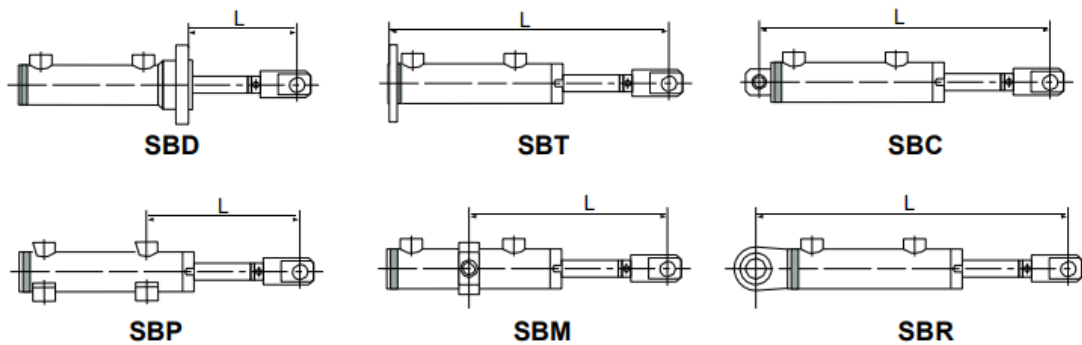


Ilustración 6 Tipos de montaje de los cilindros hidráulicos

| Tipo fijación | Conexión vástago          | Montaje | Factor de carrera              | Tipo fijación | Conexión vástago               | Montaje | Factor de carrera |
|---------------|---------------------------|---------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|---------|-------------------|
| BD            | Fijo y apoyado            |         | 2                              | BC            | Articulado y apoyado           |         | 4                 |
|               | Fijo y rigidamente guiado |         | 0.5                            | BCR           | Articulado y articulado guiado |         | 2                 |
|               | Fijo y articulado guiado  |         | 0.7                            | BP            | Fijo y apoyado                 |         | 2                 |
| BT            | Fijo y apoyado            |         | 4                              |               | Fijo y rigidamente guiado      |         | 0.5               |
|               | Fijo y rigidamente guiado |         | 1                              |               | Fijo y articulado guiado       |         | 0.7               |
|               | Fijo y articulado guiado  |         | 1.5                            | BM            | Articulado y apoyado           |         | 3                 |
|               |                           |         | Articulado y articulado guiado |               |                                | 1.5     |                   |

Ilustración 7 Factores de corrección según montaje

El factor de corrección es 0.5, ya que el cilindro está sujeto con bridas y el vástago es guiado en su parte delantera. La salida del vástago tiene que ser de 60 mm con una longitud de rosca de 32 mm y métrica 27x2. Por tanto, se toma la salida del vástago desde la parte delantera de la brida hasta la parte que sobresale del vástago.

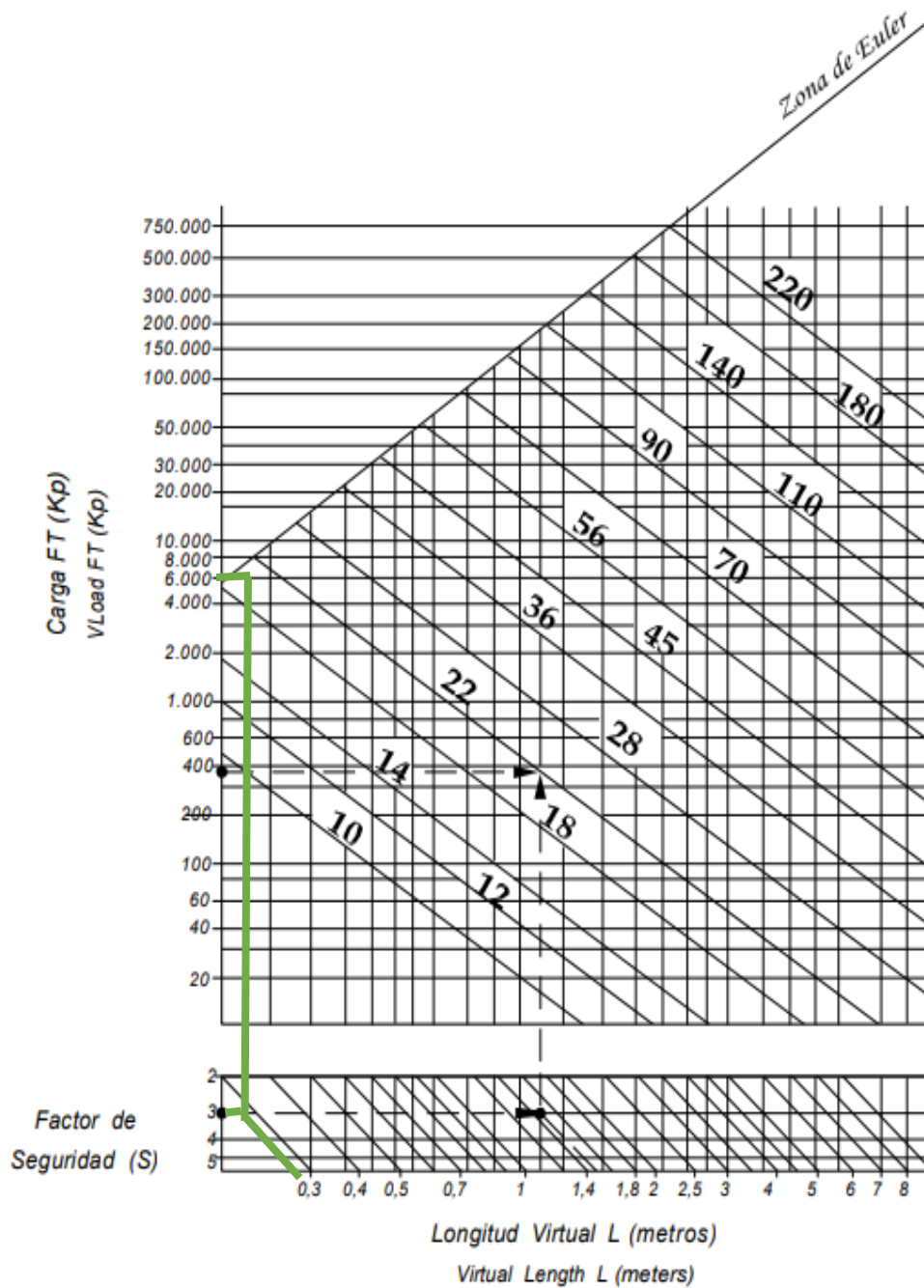
$$Lk = (400 + 60) * 0,5$$

$$Lk = 230 \text{ (mm)}$$

El factor de seguridad para este tipo de casos tiene que ser igual o superior a 1,5. Debido a que en la industria muchas veces el cilindro se encuentra trabajando en ambientes no ideales, también existe descompensación de cargas, entre otros, todos estos factores generan esfuerzos adicionales, por lo que para el cálculo se ha escogido el valor 3 como factor de seguridad.

Con estos valores se ha de utilizar la siguiente tabla para verificar si el vástago escogido cumple o se ha de tomar otro de mayor diámetro. Se busca el punto de intersección del factor de seguridad con la longitud virtual en metros, posteriormente se traza una línea horizontal con el valor de la carga, se hace que ambas líneas se junten en un punto y se verifica el diámetro que debe tener el vástago para evitar el efecto de pandeo.

$$62.344,91(N) = 6355,24 (Kp)$$

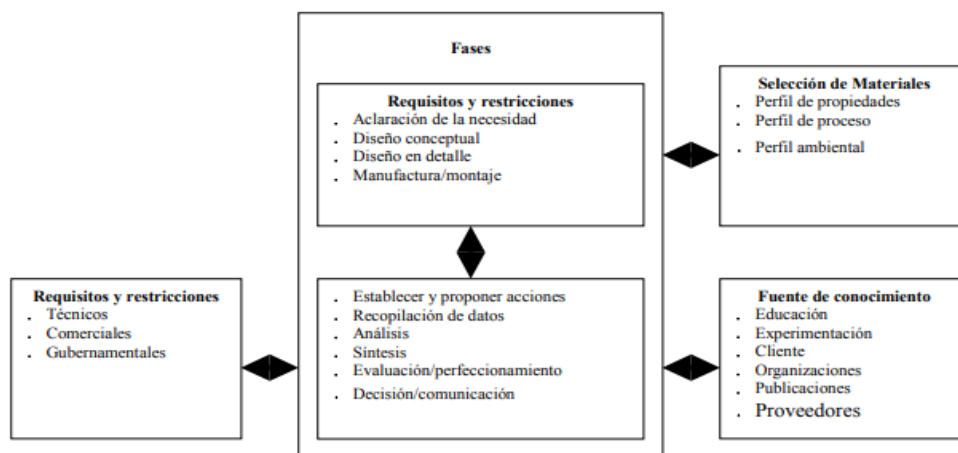


Gracias a la gráfica podemos ver que un vástago de 18 podría sobrar, por lo que con un vástago de 36 no debería haber ningún problema de pandeo. De igual manera se realizarán simulaciones para corroborar los resultados obtenidos en la tabla.

## 9 ELECCIÓN DEL MATERIAL

### 9.1 PIEZAS CILINDRO

Los avances tecnológicos de la actualidad se han apoyado en el descubrimiento y desarrollo de materiales de ingeniería. Una adecuada selección de materiales garantiza a los diseñadores de partes mecánicas, su correcto funcionamiento de los componentes diseñados. Se puede seguir varias fases o etapas para la elección del material.



*Ilustración 8 Fases de elección de material*

Los métodos para la elección de materiales se basan en una serie de parámetros como pueden ser las propiedades mecánicas. Algunos de los parámetros para la elección del material se pueden visualizar en la siguiente tabla.



| Propiedades insensibles a la microestructura   | Propiedades sensibles a la microestructura   |
|--|--|
| Densidad, $\rho$<br>Módulo de elasticidad, E<br>Conductividad térmica<br>Coeficiente de expansión térmica lineal, $\alpha$<br>Punto de fusión, T <sub>f</sub><br>Temperatura de transición vítrea, T <sub>v</sub> para polímeros<br>Corrosión uniforme, mm/año<br>Costo por unidad de masa | Resistencia, $\sigma$ (a la fluencia, a la tracción, última, etc)<br>Ductilidad<br>Tenacidad a la fractura, K <sub>ic</sub><br>Fatiga y propiedades cíclicas, fatiga por corrosión<br>Termofluencia<br>Impacto<br>Dureza |
| <b>Otras propiedades</b>   |  |
| Facilidad de colado<br>Facilidad para tratar térmicamente<br>Conformabilidad<br>Maquinabilidad<br>Soldabilidad   |  |

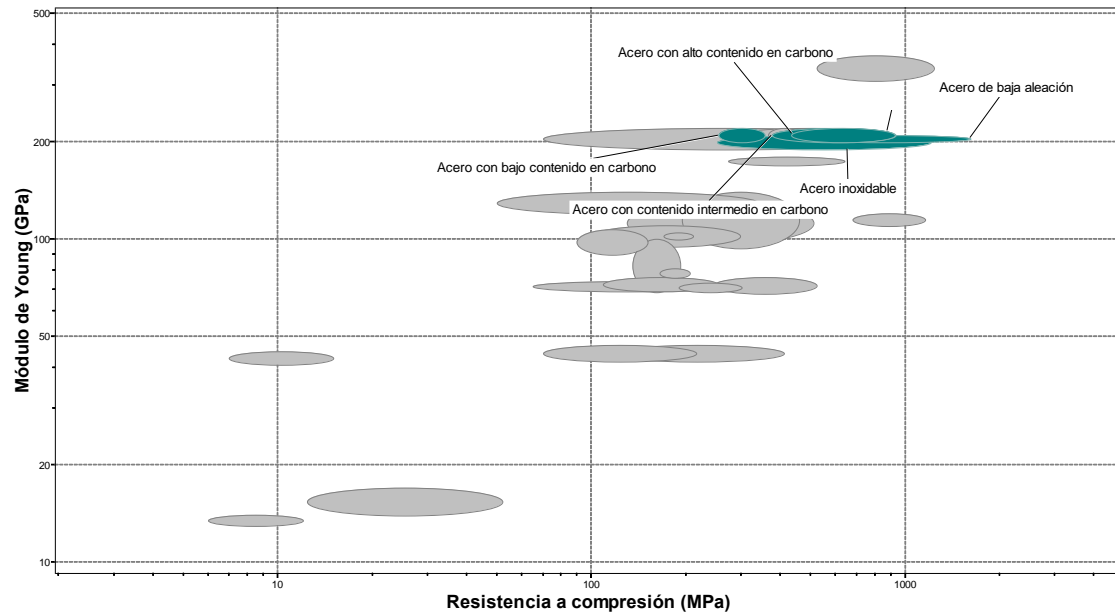
*Ilustración 9 Parámetros elección del material*

Existen varios métodos para la elección de materiales, estos hacen una refinación más o menos amplia de los parámetros mostrados en la tabla anterior. A continuación, se muestran los métodos:

- Método Tradicional
- Método Gráfico
- Método con ayuda de bases de datos

Para este apartado se hará uso del método con ayuda de bases de datos. Este método es el resultado de investigaciones en ensayos de materiales. La selección del material con ayuda de estas bases, parte del conocimiento de las principales propiedades que debe tener para conseguir que se adapte a los requerimientos del producto. Entonces, se introducen ciertos parámetros aproximados del material y como resultado se muestran una serie de materiales que pueden servir.

El programa utilizado para la elección del material es el Granta EduPack, donde se colocan ciertas propiedades mecánicas que debe cumplir y se hace elección de uno o varios para posteriormente pasar al siguiente apartado de diseño. Se ha buscado un material con un límite elástico de alrededor de 200 Gpa y que presente buena resistencia a compresión ya que el vástago estará sometido a estos esfuerzos, se ha filtrado en el programa ambos requerimientos y se ha obtenido la siguiente gráfica donde reflejan los aceros que presentan las características requeridas.



Tras revisar los posibles materiales se ha seleccionado el acero con contenido medio en carbono. De igual manera en el programa se puede verificar en los usos del material que normalmente se usa en ejes, guías, entre otros. A continuación, se muestran las propiedades que presenta el material.

### Propiedades generales

|  |                   |   |       |
|--|-------------------|---|-------|
| Densidad                               | 7.8e3             |   |       |
|  | kg/m <sup>3</sup> |   |       |
| Precio                                 | * 0.671           | - | 0.698 |
|  | EUR/kg            |   |       |
| Fecha de primer uso ("-" significa AC) | 1610              |   |       |

### Propiedades mecánicas

|  |       |   |        |     |
|--|-------|---|--------|-----|
| Módulo de Young                                  | 200   | - | 220    | GPa |
| Módulo de cortante                               | 77    | - | 85     | GPa |
| Módulo en volumen                                | 160   | - | 180    | GPa |
| Coefficiente de Poisson                          | 0.28  | - | 0.29   |     |
| Límite elástico                                  | 376   | - | 929    | MPa |
| Resistencia a tracción                           | 591   | - | 1.19e3 | MPa |
| Resistencia a compresión                         | * 376 | - | 929    | MPa |
| Elongación<br>strain                             | 11    | - | 30     | %   |
| Dureza-Vickers                                   | 183   | - | 415    | HV  |
| Resistencia a fatiga para 10 <sup>7</sup> ciclos | * 295 | - | 483    | MPa |
| Tenacidad a fractura                             | * 32  | - | 71.9   |     |

Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)

### Propiedades térmicas

|                                |                |   |        |    |
|--------------------------------|----------------|---|--------|----|
| Punto de fusión                | 1.42e3         | - | 1.51e3 | °C |
| Máxima temperatura en servicio | * 275          | - | 350    | °C |
| Mínima temperatura en servicio | * -53.2        | - | -18.2  | °C |
| ¿Conductor térmico o aislante? | Buen conductor |   |        |    |
| Conductividad térmica          | 47             | - | 54     |    |
|                                | W/m.°C         |   |        |    |

|  |                |
|--|----------------|
| Calor específico                                   | 440 - 505      |
|  | J/kg.°C        |
| Coefficiente de expansión térmica                  | 10.5 - 13.5    |
|  | µstrain/°C     |
| <b>Propiedades eléctricas</b>                      |                |
| ¿Conductor eléctrico o aislante?                   | Buen conductor |
| Resistividad eléctrica                             | 16 - 19        |
|  | µohm.cm        |
| <b>Propiedades ópticas</b>                         |                |
| Transparencia                                      | Opaco          |
| <b>Material Crítico</b>                            |                |
| ¿Riesgo de Material Altamente Crítico?             | No             |
| <b>Procesabilidad</b>                              |                |
| Colabilidad  | 2 - 3          |
| Conformabilidad                                    | 4 - 5          |
| Mecanizabilidad                                    | 3 - 4          |
| Soldabilidad                                       | 4 - 5          |
| Aptitud a soldeo o brazing                         | 5              |
| <b>Durabilidad: Agua y disoluciones acuosas</b>    |                |
| Agua dulce   | Aceptable      |
| Agua salada  | Uso limitado   |
| Suelos ácidos (turba)                              | Aceptable      |
| Suelos alcalinos (arcilla)                         | Aceptable      |
| Vino   | Inaceptable    |
| <b>Durabilidad: ácidos</b>                         |                |
| Ácido acético (10%)                                | Uso limitado   |
| Ácido acético (glacial)                            | Inaceptable    |
| Ácido cítrico (10%)                                | Inaceptable    |
| Ácido clorhídrico (10%)                            | Inaceptable    |
| Ácido clorhídrico (36%)                            | Inaceptable    |
| Ácido fluorhídrico (40%)                           | Inaceptable    |
| Ácido nítrico (10%)                                | Inaceptable    |
| Ácido nítrico (70%)                                | Inaceptable    |
| Ácido fosfórico (10%)                              | Inaceptable    |
| Ácido fosfórico (85%)                              | Inaceptable    |
| Ácido sulfúrico (10%)                              | Inaceptable    |
| Ácido sulfúrico (70%)                              | Inaceptable    |
| <b>Durabilidad: bases</b>                          |                |
| Hidróxido de sodio (10%)                           | Excelente      |
| Hidróxido de sodio (60%)                           | Aceptable      |
| <b>Durabilidad: gasolinas, aceites y solventes</b> |                |
| Acetato de amilo                                   | Excelente      |
| Benceno  | Excelente      |
| Tetracloruro de carbono                            | Excelente      |
| Cloroformo   | Excelente      |
| Crudo  | Excelente      |
| Diesel   | Excelente      |
| Lubricantes  | Excelente      |
| Parafinas, keroseno                                | Excelente      |
| Petróleo (gasolina)                                | Excelente      |
| Siliconas líquidas                                 | Excelente      |
| Toluenos   | Excelente      |
| Terpenos   | Excelente      |
| Aceites vegetales (general)                        | Excelente      |
| Gasolina Blanca                                    | Excelente      |
| <b>Durabilidad: alcohol, aldehídos, cetonas</b>    |                |
| Acetaldehídos                                      | Uso limitado   |
| Acetona  | Excelente      |

|  |               |   |       |
|--|---------------|---|-------|
| Etanol   | Aceptable     |   |       |
| Etilenglicol   | Aceptable     |   |       |
| Formaldehído   | Inaceptable   |   |       |
| Glicerol   | Excelente     |   |       |
| Metanol  | Aceptable     |   |       |
| <b>Durabilidad: halógenos y gases</b>                              |               |   |       |
| Cloro seco (gas)   | Aceptable     |   |       |
| Flúor (gas)  | Excelente     |   |       |
| O <sub>2</sub> (oxígeno gas)                                       | Uso limitado  |   |       |
| Dióxido de azufre (gas)  | Aceptable     |   |       |
| <b>Durabilidad: entornos construidos</b>                           |               |   |       |
| Atmósfera industrial   | Uso limitado  |   |       |
| Atmósfera rural  | Aceptable     |   |       |
| Atmósfera marina   | Uso limitado  |   |       |
| Radiación UV (luz solar)   | Excelente     |   |       |
| <b>Durabilidad: Inflamabilidad</b>                                 |               |   |       |
| Inflamabilidad   | No inflamable |   |       |
| <b>Durabilidad: ambiente térmico</b>                               |               |   |       |
| Tolerancia a temperaturas criogénicas                              | Inaceptable   |   |       |
| Tolerancia hasta 150°C (302 F)                                     | Excelente     |   |       |
| Tolerancia hasta 250°C (482 F)                                     | Excelente     |   |       |
| Tolerancia hasta 450°C (842 F)                                     | Aceptable     |   |       |
| Tolerancia hasta 850°C (1562 F)                                    | Inaceptable   |   |       |
| Tolerancia a mas de 850°C (1562 F)                                 | Inaceptable   |   |       |
| <b>Datos geo-económicos para componentes principales</b>           |               |   |       |
| Producción anual mundial, componente principal                     | 3.9e9         |   |       |
|  | tonne/yr      |   |       |
| Reservas, componente principal                                     | 8.1e10        |   |       |
|  | tonne         |   |       |
| <b>Producción de materia prima: CO<sub>2</sub>, energía y agua</b> |               |   |       |
| Contenido en energía, producción primaria                          | 30.8          | - | 34    |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Huella de CO <sub>2</sub> , producción primaria                    | 2.26          | - | 2.49  |
|  | kg/kg         |   |       |
| Agua consumida   | * 45          | - | 49    |
|  |               |   | l/kg  |
| <b>Procesado de material: energía</b>                              |               |   |       |
| Energía en fundición   | * 10.8        | - | 12    |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Energía de extrusión, laminado en hoja                             | * 9.63        | - | 10.6  |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Energía de perfilado, forja  | * 4.96        | - | 5.47  |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Energía de trefilado   | * 35.3        | - | 38.9  |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Energía en sinterización   | * 37.7        | - | 41.6  |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Energía de vaporización  | * 1.09e4      | - | 1.2e4 |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Energía de desbaste (p/u peso eliminado)                           | * 1.17        | - | 1.29  |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Energía de mecanizado final (p/u peso eliminado)                   | * 7.48        | - | 8.25  |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Energía de lijado (p/u peso eliminado)                             | * 14.5        | - | 16    |
|  | MJ/kg         |   |       |
| Energía en el procesado no convencional (p/u peso eliminado)       | * 109         | - | 120   |
|  | MJ/kg         |   |       |

### Procesado de material: huella de CO2

|   |          |   |        |
|---|----------|---|--------|
| CO2 en colada   | * 0.813  | - | 0.897  |
|   | kg/kg    |   |        |
| CO2 en extrusión, laminado en hoja                    | * 0.722  | - | 0.796  |
|   | kg/kg    |   |        |
| CO2 en perfilado, forja                               | * 0.372  | - | 0.41   |
|   | kg/kg    |   |        |
| CO2 en trefilado                                      | * 2.65   | - | 2.92   |
|   | kg/kg    |   |        |
| CO2 en sinterización                                  | * 3.02   | - | 3.33   |
|   | kg/kg    |   |        |
| CO2 en vaporización                                   | * 817    | - | 901    |
|   | kg/kg    |   |        |
| CO2 en desbaste (p/u peso eliminado)                  | * 0.0874 | - | 0.0964 |
|   | kg/kg    |   |        |
| CO2 en mecanizado final (p/u peso eliminado)          | * 0.561  | - | 0.619  |
|   | kg/kg    |   |        |
| CO2 en lijado (p/u peso eliminado)                    | * 1.09   | - | 1.2    |
|   | kg/kg    |   |        |
| CO2 en procesado no convencional (p/u peso eliminado) | * 8.17   | - | 9.01   |
|   | kg/kg    |   |        |

### Reciclado del material: energía, CO2 y fracción reciclable

|  |           |   |       |
|--|-----------|---|-------|
| Reciclaje                                  | Verdadero |   |       |
| Contenido en energía, reciclado            | * 8.12    | - | 8.96  |
|  | MJ/kg     |   |       |
| Huella de CO2, reciclado                   | * 0.638   | - | 0.703 |
|  | kg/kg     |   |       |
| Fracción reciclable en suministro habitual | 40        | - | 44 %  |
| Reciclado inferior                         | Verdadero |   |       |
| Combustión para recuperar energía          | Falso     |   |       |
| Vertedero                                  | Verdadero |   |       |
| Biodegradable                              | Falso     |   |       |
| Ratio de toxicidad                         | No toxico |   |       |
| Fuente renovable                           | Falso     |   |       |

### Usos típicos

Construcción en general, ingeniería mecánica en general, automoción, herramientas, ejes, engranajes, cojinetes, cigüeñales, campanas, guías, cuchillos y tijeras.

## 9.2 JUNTAS DEL CILINDRO

Las juntas de estanqueidad en cilindros hidráulicos son de gran importancia para evitar fugas de fluido hidráulico y mantener la presión en el interior, de igual manera evitar el paso del fluido de una cámara a otra.

Para la elección de juntas se ha escogido el catálogo de Interseal S.A. que es uno de los proveedores de la empresa, trabajando en conjunto varios años. Existen varios tipos de juntas con diferentes funciones, a continuación, se detallan cada junta:

- Rascador

- Collarín
- Junta tórica + anillo de apoyo (opcional)
- Empaquetadura o junta de pistón
- Guías

Tras la elección de los diferentes tipos de juntas se procede al diseño del cilindro con los encajes que deben tener para garantizar el correcto funcionamiento, verificando en el catálogo las medidas que deben tener.

### 9.2.1 RASCADOR

Su función principal es la de prevenir la introducción de polvo e impurezas dentro del cilindro, además, retiene el residuo del film de aceite que pasa a través de la junta del vástago. El material utilizado para la fabricación del rascador es poliuretano que garantiza excelente propiedad de movimiento en seco y proporciona resistencia a la abrasión.

#### RASCADOR DE VÁSTAGO CON COLLARÍN

##### DESCRIPCIÓN

Rascador de vástago bidireccional con collarín.

##### MATERIAL DEL RASCADOR

Topología: Poliuretano.  
 Designación: SEALPUR 93  
 Dureza: 93 °ShA

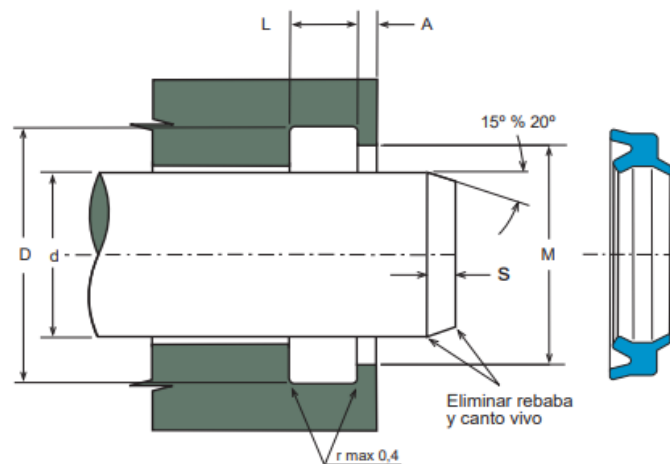


Ilustración 10 Rascador catálogo Interseal

Condiciones de ejercicio:

- Velocidad < 0.8 m/segundo
- Presión: 15 bar
- Temperatura: -40 °C a 100 °C
- Fluido: Aceite hidráulico a base de minerales

| MEDIDA          | d <sub>f7</sub> | D <sub>H10</sub> | L + 0,2 | M + 0,2 | MEDIDA            | d <sub>f7</sub> | D <sub>H10</sub> | L + 0,2 | M + 0,2 |
|-----------------|-----------------|------------------|---------|---------|-------------------|-----------------|------------------|---------|---------|
| RPC 10 20 6     | 10              | 20               | 6,5     | 14      | RPC 40 48 5 ISO   | 40              | 48               | 5       | 43      |
| RPC 12 18,6 3,8 | 12              | 18,6             | 3,8     | 15      | RPC 40 48,6 5,3   | 40              | 48,6             | 5,3     | 43      |
| RPC 14 20 4 ISO | 14              | 20               | 4       | 16,5    | RPC 45 53,6 5,3   | 45              | 53,6             | 5,3     | 48      |
| RPC 18 24,6 3,8 | 18              | 24,6             | 3,8     | 21      | RPC 50 58,6 5,3   | 50              | 58,6             | 5,3     | 53      |
| RPC 20 28,6 5,3 | 20              | 28,3             | 5,3     | 23      | RPC 55 63,6 5,3   | 55              | 63,6             | 5,3     | 58      |
| RPC 22 28 4 ISO | 22              | 28               | 4       | 24,5    | RPC 60 68,6 5,3   | 60              | 68,6             | 5,3     | 63      |
| RPC 22 30,6 5,3 | 22              | 30,6             | 5,3     | 25      | RPC 63 71,6 5,3   | 63              | 71,6             | 5,3     | 66      |
| RPC 25 33,6 5,3 | 25              | 33,6             | 5,3     | 28      | RPC 65 73,6 5,3   | 65              | 73,6             | 5,3     | 68      |
| RPC 28 36,6 5,3 | 28              | 36,6             | 5,3     | 31      | RPC 70 78,6 5,3   | 70              | 78,6             | 5,3     | 73      |
| RPC 28 36 5 ISO | 28              | 36               | 5       | 31      | RPC 75 83,6 5,3   | 75              | 83,6             | 5,3     | 78      |
| RPC 30 38 5     | 30              | 38               | 5       | 33      | RPC 80 88,6 5,3   | 80              | 88,6             | 5,3     | 83      |
| RPC 30 38,6 5,3 | 30              | 38,6             | 5,3     | 33      | RPC 85 97,2 7,1   | 85              | 97,2             | 7,1     | 91      |
| RPC 32 40,6 5,3 | 32              | 40,6             | 5,3     | 35      | RPC 90 102,2 7,1  | 90              | 102,2            | 7,1     | 96      |
| RPC 35 43,6 5,3 | 35              | 43,6             | 5,3     | 38      | RPC 100 112,2 7,1 | 100             | 112,2            | 7,1     | 106     |
| RPC 36 44,6 5,3 | 36              | 44,6             | 5,3     | 39      | RPC 110 122,2 7,1 | 110             | 122,2            | 7,1     | 116     |

Ilustración 11 Elección de rascador catálogo Interseal

## 9.2.2 COLLARÍN

El collarín es una pieza esencial para garantizar el funcionamiento del cilindro hidráulico, estable y eficiente, evitando posibles fugas de aceite, además de reducir la contaminación del sistema hidráulico. El material utilizado para la fabricación es un poliuretano con excelentes propiedades de antiextrusión y que asegura la elevada vida de ejercicio.

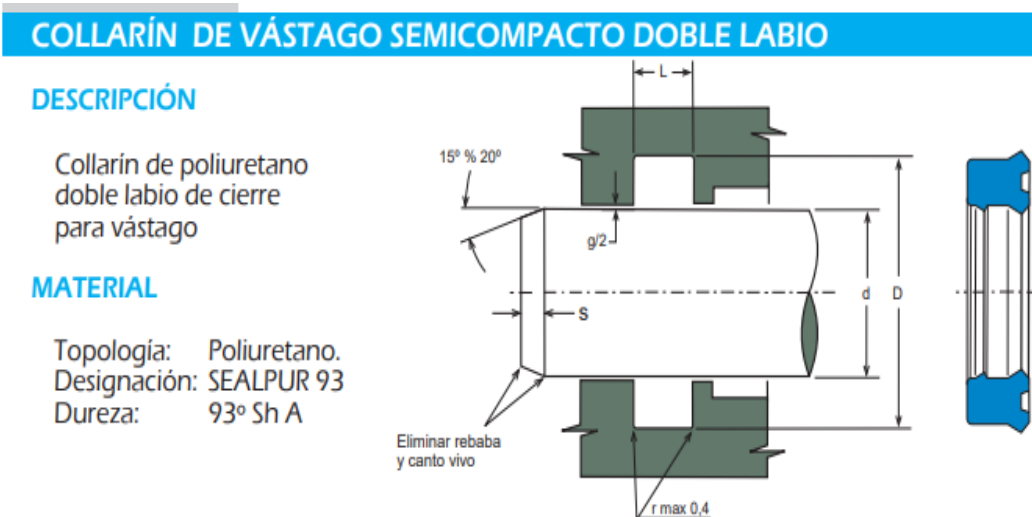


Ilustración 12 Collarín catálogo Interseal

Condiciones de ejercicio:

- Velocidad < 0.5 m/segundo
- Presión: 40 Mpa
- Temperatura: -40 °C a 100 °C
- Fluido: Aceite hidráulico a base de minerales

| MEDIDA |    |      |         | df | D <sub>H10</sub> | L <sub>±0,25</sub> | MEDIDA |    |    |        | df | D <sub>H10</sub> | L <sub>±0,25</sub> |
|--------|----|------|---------|----|------------------|--------------------|--------|----|----|--------|----|------------------|--------------------|
| CPDV   | 6  | 14   | 5.8 ISO | 6  | 14               | 6.3                | CPDV   | 32 | 40 | 6.7    | 32 | 40               | 7.7                |
| CPDV   | 8  | 15   | 5.8     | 8  | 15               | 6.3                | CPDV   | 32 | 40 | 8      | 32 | 40               | 9                  |
| CPDV   | 8  | 16   | 5.8 ISO | 8  | 16               | 6.3                | CPDV   | 32 | 42 | 7 ISO  | 32 | 42               | 8                  |
| CPDV   | 10 | 18   | 5.8 ISO | 10 | 18               | 6.3                | CPDV   | 32 | 42 | 10 ISO | 32 | 42               | 11                 |
| CPDV   | 12 | 19   | 5.6     | 12 | 19               | 6.1                | CPDV   | 32 | 47 | 10     | 32 | 47               | 11                 |
| CPDV   | 12 | 19   | 5.8     | 12 | 19               | 6.3                | CPDV   | 35 | 43 | 5.8    | 35 | 43               | 6.30               |
| CPDV   | 12 | 20   | 5.8 ISO | 12 | 20               | 6.3                | CPDV   | 35 | 43 | 6.2    | 35 | 43               | 7                  |
| CPDV   | 12 | 23   | 6.5     | 12 | 23               | 7.5                | CPDV   | 35 | 43 | 8      | 35 | 43               | 9                  |
| CPDV   | 14 | 20   | 4.8     | 14 | 20               | 5.3                | CPDV   | 35 | 44 | 7      | 35 | 44               | 8                  |
| CPDV   | 14 | 22   | 5.8 ISO | 14 | 22               | 6.3                | CPDV   | 35 | 45 | 5.8    | 35 | 45               | 6.3                |
| CPDV   | 15 | 21.5 | 4.2     | 15 | 21.5             | 5                  | CPDV   | 35 | 45 | 7      | 35 | 45               | 8                  |
| CPDV   | 15 | 23   | 5.8     | 15 | 23               | 6.3                | CPDV   | 35 | 45 | 10     | 35 | 45               | 11                 |
| CPDV   | 16 | 24   | 5.8 ISO | 16 | 24               | 6.3                | CPDV   | 35 | 45 | 12.5   | 35 | 45               | 13.5               |
| CPDV   | 18 | 24   | 4.7     | 18 | 24               | 5.5                | CPDV   | 35 | 50 | 10     | 35 | 50               | 11                 |
| CPDV   | 18 | 25   | 5       | 18 | 25               | 5.7                | CPDV   | 36 | 44 | 5.8    | 36 | 44               | 6.3                |
| CPDV   | 18 | 26   | 5.8 ISO | 18 | 26               | 6.3                | CPDV   | 36 | 44 | 8      | 36 | 44               | 9                  |
| CPDV   | 18 | 26   | 8       | 18 | 26               | 9                  | CPDV   | 36 | 46 | 7      | 36 | 46               | 8                  |
| CPDV   | 18 | 28   | 5.8     | 18 | 28               | 6.3                | CPDV   | 36 | 46 | 10     | 36 | 46               | 11                 |

Ilustración 13 Elección collarín catálogo Interseal

### 9.2.3 JUNTA TÓRICA MÁS ANILLO DE APOYO

La junta tórica, también conocida como O-ring en inglés, es un tipo de sello mecánico ampliamente utilizado en diversas aplicaciones para evitar fugas de fluidos, como líquidos o gases. Las juntas tóricas funcionan mediante la compresión entre dos superficies, creando un sello hermético que impide que los fluidos escapen o entren en ciertas áreas.

Para el dimensionado de los alojamientos de las juntas tóricas hay que tener en cuenta si esta es dinámica o estática. Para este cilindro se diseñarán haciendo uso de los dos tipos de estanqueización, dinámica para el vástago y estática para la guía.



### ESTANQUEIZACIÓN ESTÁTICA

Como regla general de aproximación se debe considerar que en estanqueización estática la tórica debe ser deformada (apretada) entre el 15 y el 25% de su diámetro de toro ( $d_2$ ).

En aplicación dinámica la deformación será también de entre el 15 y el 25% para aplicaciones hidráulicas y entre el 3 y el 6% para aplicaciones neumáticas.

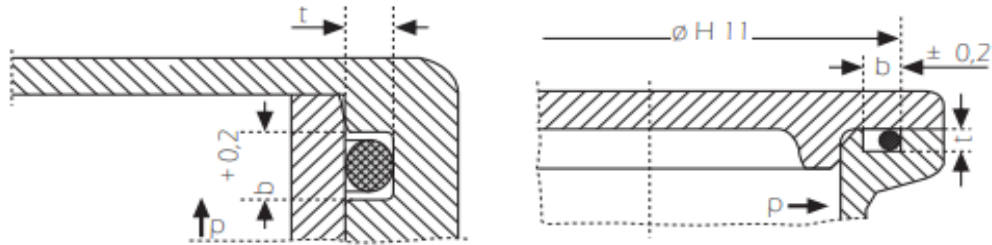


Fig. 5

#### Estanqueización radial

| $d_2$ | t    | b   |
|-------|------|-----|
| 1     | 0,8  | 1,3 |
| 1,5   | 1,1  | 1,9 |
| 1,6   | 1,2  | 2,1 |
| 1,78  | 1,3  | 2,3 |
| 1,9   | 1,4  | 2,4 |
| 2     | 1,5  | 2,6 |
| 2,4   | 1,8  | 3,1 |
| 2,5   | 1,9  | 3,2 |
| 2,62  | 2    | 3,4 |
| 2,7   | 2,1  | 3,5 |
| 3     | 2    | 3,9 |
| 3,5   | 2,7  | 4,5 |
| 3,53  | 2,7  | 4,5 |
| 3,6   | 2,8  | 4,7 |
| 4     | 3,15 | 5,2 |
| 4,5   | 3,6  | 5,8 |

#### Estanqueización axial

| $d_2$ | t    | b    |
|-------|------|------|
| 5     | 4    | 6,5  |
| 5,33  | 4,3  | 6,9  |
| 5,5   | 4,5  | 7,1  |
| 5,7   | 4,65 | 7,4  |
| 6     | 4,95 | 7,8  |
| 6,5   | 5,4  | 8,4  |
| 6,99  | 5,85 | 9,1  |
| 7     | 5,85 | 9,1  |
| 7,5   | 6,3  | 9,7  |
| 8     | 6,75 | 10,4 |
| 8,4   | 7,15 | 10,9 |
| 8,5   | 7,25 | 11   |
| 9     | 7,7  | 11,7 |
| 9,5   | 8,2  | 12,3 |
| 10    | 8,65 | 13   |

Ilustración 14 Estanqueización estática

## ESTANQUEIZACIÓN DINÁMICA

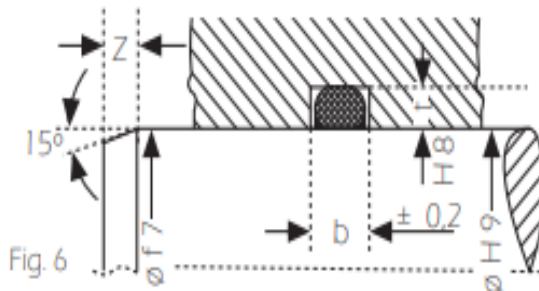


Fig. 6

En los sistemas hidráulicos las juntas tóricas se emplean exclusivamente en aquellos casos en los que el espacio para el montaje de un collarín no es posible.

En recorridos pequeños de escasa frecuencia y en aquellos que no exige una hermetización absoluta.

La pérdida de estanquidad depende de:

- Tipo de fluido
- Presión
- Velocidad de deslizamiento

Las dimensiones de la ranura equivalen según el espesor de la junta a una deformación media de la sección del 10 al 15%, no debiendo ser nunca inferior a un 6%.

Tabla 4

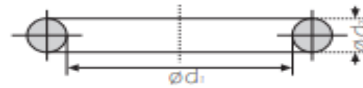
| d <sub>1</sub> | t    | b    | z   |
|----------------|------|------|-----|
| 1              | 0,9  | 1,3  | 1   |
| 1,5            | 1,3  | 1,9  | 1   |
| 1,78           | 1,5  | 2,3  | 1,1 |
| 2              | 1,7  | 2,4  | 1,2 |
| 2,4            | 2,1  | 2,9  | 1,4 |
| 2,5            | 2,2  | 3    | 1,4 |
| 2,62           | 2,3  | 3,1  | 1,5 |
| 3              | 2,6  | 3,6  | 1,6 |
| 3,5            | 3,1  | 4,2  | 1,8 |
| 3,53           | 3,1  | 4,2  | 1,8 |
| 4              | 3,5  | 4,8  | 2   |
| 4,5            | 4    | 5,4  | 2,3 |
| 5              | 4,45 | 6    | 2,5 |
| 5,33           | 4,7  | 6,4  | 2,7 |
| 5,5            | 4,95 | 6,6  | 2,8 |
| 5,7            | 5,1  | 6,9  | 3   |
| 6              | 5,4  | 7,2  | 3,1 |
| 6,5            | 5,8  | 7,8  | 3,3 |
| 6,99           | 6,3  | 8,4  | 3,6 |
| 7              | 6,3  | 8,4  | 3,6 |
| 7,5            | 6,7  | 9    | 3,8 |
| 8              | 7,2  | 9,6  | 4   |
| 8,4            | 7,6  | 10,1 | 4,2 |
| 8,5            | 7,7  | 10,2 | 4,2 |
| 9              | 8,2  | 10,8 | 4,3 |
| 9,5            | 8,6  | 11,4 | 4,4 |
| 10             | 9,1  | 12   | 4,5 |

Ilustración 15 Estanqueización dinámica

# JUNTAS TÓRICAS

V - Vitón E - Epdm S - Silicona

## Medidas



| d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> |  | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> |  | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> |  | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> |  |
|----------------|----------------|--|----------------|----------------|--|----------------|----------------|--|----------------|----------------|--|
| 23,50 x 1,50   | V              |  | 25,10 x 1,60   |                |  | 27,50 x 2,50   | V              |  | 29,74 x 2,95   |                |  |
| 23,50 x 2,00   | V              |  | 25,12 x 1,78   | V              |  | 27,50 x 3,00   | V              |  | 29,74 x 3,53   | VES            |  |
| 23,50 x 2,40   | V              |  | 25,20 x 3,00   |                |  | 27,50 x 4,50   | V              |  | 29,82 x 2,62   | VE             |  |
| 23,50 x 2,50   | V              |  | 25,30 x 2,40   |                |  | 27,60 x 2,40   |                |  | 29,87 x 1,78   | V              |  |
| 23,50 x 3,00   | V              |  | 25,50 x 1,50   |                |  | 27,80 x 3,60   | VE             |  | 30,00 x 1,50   | V              |  |
| 23,50 x 6,00   | V              |  | 25,50 x 2,00   | V              |  | 27,94 x 5,33   | V              |  | 30,00 x 2,00   | V              |  |
| 23,52 x 1,78   | V              |  | 25,50 x 2,50   |                |  | 28,00 x 1,00   |                |  | 30,00 x 2,50   | VS             |  |
| 23,81 x 2,62   | V              |  | 25,50 x 3,00   | VE             |  | 28,00 x 1,50   | V              |  | 30,00 x 3,00   | V              |  |
| 24,00 x 1,00   | V              |  | 25,80 x 3,53   | VE             |  | 28,00 x 2,00   | V              |  | 30,00 x 3,50   | V              |  |
| 24,00 x 1,50   | V              |  | 26,00 x 1,50   | V              |  | 28,00 x 2,50   | V              |  | 30,00 x 4,00   | V              |  |
| 24,00 x 2,00   | V              |  | 26,00 x 2,00   | V              |  | 28,00 x 3,00   | V              |  | 30,00 x 4,50   | V              |  |
| 24,00 x 2,50   | V              |  | 26,00 x 2,50   |                |  | 28,00 x 3,50   | VS             |  | 30,00 x 5,00   | VS             |  |
| 24,00 x 3,00   | VES            |  | 26,00 x 3,00   | V              |  | 28,00 x 4,00   | V              |  | 30,00 x 6,00   | V              |  |
| 24,00 x 3,50   | V              |  | 26,00 x 3,50   | V              |  | 28,00 x 4,50   | V              |  | 30,00 x 7,00   |                |  |
| 24,00 x 4,00   | VES            |  | 26,00 x 4,00   | V              |  | 28,00 x 5,00   | V              |  | 30,00 x 10,00  |                |  |
| 24,00 x 4,50   |                |  | 26,00 x 4,50   | V              |  | 28,00 x 6,00   | V              |  | 30,20 x 3,00   |                |  |
| 24,00 x 5,00   | V              |  | 26,00 x 5,00   | V              |  | 28,17 x 3,53   | VES            |  | 30,30 x 2,40   |                |  |
| 24,00 x 5,50   | V              |  | 26,00 x 6,00   | V              |  | 28,24 x 2,62   | VE             |  | 30,50 x 1,50   |                |  |
| 24,00 x 6,00   | V              |  | 26,00 x 7,00   |                |  | 28,30 x 1,78   | V              |  | 30,50 x 2,00   | V              |  |
| 24,20 x 3,00   | V              |  | 26,20 x 3,00   | VE             |  | 28,50 x 1,50   |                |  | 30,50 x 2,50   | V              |  |
| 24,50 x 1,00   |                |  | 26,20 x 3,60   | VE             |  | 28,50 x 2,00   |                |  | 30,50 x 3,00   |                |  |
| 24,50 x 1,50   | V              |  | 26,30 x 2,40   |                |  | 28,50 x 2,50   | V              |  | 30,80 x 3,60   | VE             |  |
| 24,50 x 2,00   |                |  | 26,34 x 5,33   | V              |  | 28,50 x 3,00   | V              |  | 31,00 x 1,50   | V              |  |
| 24,50 x 2,40   | V              |  | 26,50 x 1,50   | V              |  | 28,50 x 4,50   |                |  | 31,00 x 2,00   | VE             |  |
| 24,50 x 2,50   |                |  | 26,50 x 2,00   | V              |  | 29,00 x 1,50   | V              |  | 31,00 x 2,50   | V              |  |
| 24,50 x 3,00   | V              |  | 26,50 x 2,50   | V              |  | 29,00 x 2,00   | V              |  | 31,00 x 3,00   | V              |  |
| 24,50 x 4,50   |                |  | 26,50 x 3,00   | V              |  | 29,00 x 2,50   | V              |  | 31,00 x 3,50   | V              |  |
| 24,60 x 3,00   |                |  | 26,57 x 3,53   | VES            |  | 29,00 x 3,00   | VE             |  | 31,00 x 4,00   | V              |  |
| 24,60 x 3,60   | V              |  | 26,64 x 2,62   | VE             |  | 29,00 x 3,50   | V              |  | 31,00 x 4,50   | V              |  |
| 24,77 x 5,33   | V              |  | 26,70 x 1,78   | V              |  | 29,00 x 4,00   | V              |  | 31,00 x 5,00   | V              |  |
| 24,99 x 3,53   | VES            |  | 27,00 x 1,50   | V              |  | 29,00 x 4,50   |                |  | 31,00 x 6,00   |                |  |
| 25,00 x 1,00   | VE             |  | 27,00 x 2,00   | V              |  | 29,00 x 5,00   | V              |  | 31,12 x 5,33   | V              |  |
| 25,00 x 1,50   | V              |  | 27,00 x 2,50   | VES            |  | 29,00 x 6,00   |                |  | 31,20 x 3,00   |                |  |
| 25,00 x 2,00   | V              |  | 27,00 x 3,00   | V              |  | 29,10 x 1,60   | V              |  | 31,34 x 3,53   | VE             |  |
| 25,00 x 2,40   | VE             |  | 27,00 x 3,50   | V              |  | 29,10 x 2,55   | V              |  | 31,42 x 2,62   | V              |  |
| 25,00 x 2,50   | VE             |  | 27,00 x 4,00   | V              |  | 29,20 x 3,00   | V              |  | 31,47 x 1,78   | VE             |  |
| 25,00 x 3,00   | VS             |  | 27,00 x 4,50   | V              |  | 29,20 x 2,40   |                |  | 31,50 x 1,50   |                |  |
| 25,00 x 3,50   | V              |  | 27,00 x 5,00   | V              |  | 29,30 x 3,60   | V              |  | 31,50 x 2,00   | V              |  |
| 25,00 x 4,00   | V              |  | 27,00 x 6,00   |                |  | 29,50 x 1,50   | V              |  | 31,50 x 2,50   | V              |  |
| 25,00 x 4,50   | V              |  | 27,10 x 1,60   |                |  | 29,50 x 2,00   | V              |  | 31,50 x 3,00   | V              |  |
| 25,00 x 5,00   | V              |  | 27,30 x 2,70   |                |  | 29,50 x 2,50   | V              |  | 31,50 x 4,50   |                |  |
| 25,00 x 6,00   | V              |  | 27,50 x 1,50   | V              |  | 29,50 x 3,00   | V              |  | 31,60 x 2,40   | V              |  |
| 25,00 x 7,00   |                |  | 27,50 x 2,00   | V              |  | 29,50 x 4,50   | V              |  | 32,00 x 1,50   | V              |  |
| 25,07 x 2,62   | VE             |  | 27,50 x 2,40   | V              |  | 29,51 x 5,33   | V              |  | 32,00 x 2,00   | V              |  |

Ilustración 16 Elección de juntas tóricas vástago

Los aros de apoyo permiten evitar la deformación de la junta tórica, al alcanzar determinados valores de presión, se produce una situación límite para la junta que comienza a extrusionarse, al dejar de actuar o cambiar el sentido de la presión y repetirse el ciclo de trabajo, la junta termina pellizcada o dañada, de esta manera se puede perder la efectividad del cierre y creando fugas. Para contrarrestar este fenómeno se monta la junta con un anillo de apoyo de contrapresión. Dependiendo del diámetro de la tórica se tendrán en cuenta las longitudes que deben tener los encajes.

Material y condiciones de ejercicio:

- NBR Acrilonitrilo
- Temperatura -30°C + 120°C

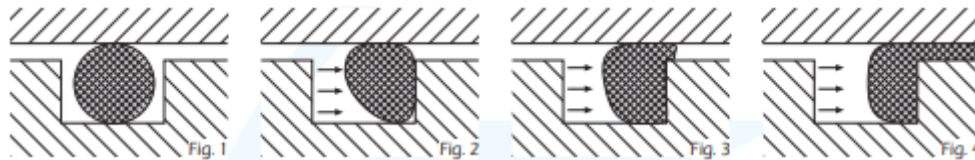


Ilustración 17 Fenómeno de extrusión en juntas tóricas

## ANILLOS PB

**ANILLOS DE APOYO PB**

|          | ESPESOR | W    | T   |
|----------|---------|------|-----|
| O - Ring | 1,78    | 1,35 | 1,4 |
| O - Ring | 2,62    | 2,18 | 1,4 |
| O - Ring | 3,53    | 2,95 | 1,4 |
| O - Ring | 5,33    | 4,65 | 1,9 |
| O - Ring | 6,99    | 5,95 | 2,8 |

Ilustración 18 Anillo de apoyo catálogo Interseal

| REFERENCIA | Medida O - Ring<br>Ø M | REFERENCIA | Medida O - Ring<br>Ø M | REFERENCIA | Medida O - Ring<br>Ø M |
|------------|------------------------|------------|------------------------|------------|------------------------|
| PB 212     | 21,82 x 3,53           | PB 252     | 132,94 x 3,53          | PB 335     | 69,22 x 5,33           |
| PB 213     | 23,40 x 3,53           | PB 253     | 136,12 x 3,53          | PB 336     | 72,40 x 5,33           |
| PB 214     | 24,99 x 3,53           | PB 254     | 139,29 x 3,53          | PB 337     | 75,57 x 5,33           |
| PB 215     | 26,58 x 3,53           | PB 255     | 142,47 x 3,53          | PB 338     | 78,74 x 5,33           |
| PB 216     | 28,17 x 3,53           | PB 256     | 145,65 x 3,53          | PB 339     | 81,92 x 5,33           |
| PB 217     | 29,75 x 3,53           | PB 257     | 148,82 x 3,53          | PB 340     | 85,09 x 5,33           |
| PB 218     | 31,34 x 3,53           | PB 258     | 151,99 x 3,53          | PB 341     | 88,27 x 5,33           |
| PB 219     | 32,92 x 3,53           | PB 259     | 158,34 x 3,53          | PB 342     | 91,44 x 5,33           |
| PB 220     | 34,52 x 3,53           | PB 260     | 164,69 x 3,53          | PB 343     | 94,62 x 5,33           |
| PB 221     | 36,10 x 3,53           | PB 261     | 171,04 x 3,53          | PB 344     | 97,80 x 5,33           |
| PB 222     | 37,69 x 3,53           | PB 262     | 177,39 x 3,53          | PB 345     | 100,97 x 5,33          |
| PB 223     | 40,87 x 3,53           | PB 263     | 183,74 x 3,53          | PB 346     | 104,14 x 5,33          |
| PB 224     | 44,04 x 3,53           | PB 264     | 190,10 x 3,53          | PB 347     | 107,32 x 5,33          |
| PB 225     | 47,22 x 3,53           | PB 265     | 196,44 x 3,53          | PB 348     | 110,49 x 5,33          |
| PB 226     | 50,40 x 3,53           | PB 266     | 202,79 x 3,53          | PB 349     | 113,67 x 5,33          |
| PB 227     | 53,57 x 3,53           | PB 267     | 209,14 x 3,53          | PB 350     | 116,84 x 5,33          |
| PB 228     | 56,74 x 3,53           | PB 268     | 215,49 x 3,53          | PB 351     | 120,02 x 5,33          |
| PB 229     | 59,92 x 3,53           | PB 269     | 221,84 x 3,53          | PB 352     | 123,19 x 5,33          |
| PB 230     | 63,09 x 3,53           | PB 270     | 228,19 x 3,53          | PB 353     | 126,37 x 5,33          |
| PB 231     | 66,27 x 3,53           | PB 271     | 234,54 x 3,53          | PB 354     | 129,54 x 5,33          |
| PB 232     | 69,44 x 3,53           | PB 272     | 240,89 x 3,53          | PB 355     | 132,72 x 5,33          |
| PB 233     | 72,62 x 3,53           | PB 273     | 247,24 x 3,53          | PB 356     | 135,89 x 5,33          |
| PB 234     | 75,80 x 3,53           | PB 274     | 253,59 x 3,53          | PB 357     | 139,07 x 5,33          |

Ilustración 19 Elección de tórica para guía

### 9.2.4 EMPAQUETADURA O JUNTA DE PISTÓN

Las juntas de pistón ranuras para asegurar que el fluido hidráulico no se filtre a través de ambas cámaras, además, de evitar la pérdida de presión en el sistema ya que es un cilindro de doble efecto.

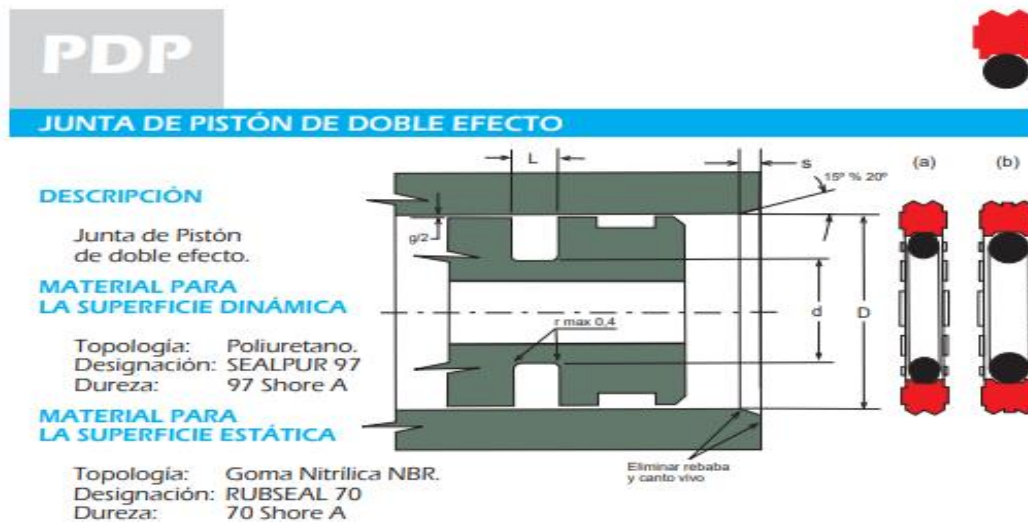



Ilustración 20 Junta de pistón catálogo Interseal

Condiciones de ejercicio:

- Velocidad < 0.5 m/segundo
- Presión < 400 bar
- Temperatura: -30 °C a 100 °C
- Fluido: Aceite hidráulico a base de minerales

PDP



| JUNTA DE PISTÓN DE DOBLE EFECTO |    |      |     |           |         |         |     |         |
|---------------------------------|----|------|-----|-----------|---------|---------|-----|---------|
| MEDIDA                          |    |      |     | $D_{H10}$ | $d+0,1$ | $L+0,2$ | OR  | TIPO    |
| PDP 15                          | 15 | 7,5  | 3,2 |           | 15      | 7,5     | 3,2 | 108 (a) |
| PDP 16                          | 16 | 8,5  | 3,2 | ISO       | 16      | 8,5     | 3,2 | 109 (a) |
| PDP 20                          | 20 | 12,5 | 3,2 | ISO       | 20      | 12,5    | 3,2 | 112 (a) |
| PDP 22                          | 22 | 14,5 | 3,2 |           | 22      | 14,5    | 3,2 | 113 (a) |
| PDP 25                          | 25 | 14   | 4,2 | ISO       | 25      | 14      | 4,2 | 207 (b) |
| PDP 25                          | 25 | 17,5 | 3,2 | ISO       | 25      | 17,5    | 3,2 | 115 (a) |
| PDP 30                          | 30 | 22,5 | 3,2 |           | 30      | 22,5    | 3,2 | 118 (a) |
| PDP 32                          | 32 | 21   | 4,2 | ISO       | 32      | 21      | 4,2 | 211 (b) |
| PDP 32                          | 32 | 24,5 | 3,2 | ISO       | 32      | 24,5    | 3,2 | 119 (a) |
| PDP 35                          | 35 | 27,5 | 3,2 |           | 35      | 27,5    | 3,2 | 121 (a) |
| PDP 38                          | 38 | 30,5 | 3,2 |           | 38      | 30,5    | 3,2 | 123 (a) |
| PDP 40                          | 40 | 32,5 | 3,2 |           | 40      | 32,5    | 3,2 | 124 (a) |
| PDP 40                          | 40 | 29   | 4,2 | ISO       | 40      | 29      | 4,2 | 216 (b) |
| PDP 40                          | 40 | 24,5 | 6,3 |           | 40      | 24,5    | 6,3 | 318 (b) |
| PDP 42                          | 42 | 31   | 4,2 |           | 42      | 31      | 4,2 | 217 (b) |
| PDP 45                          | 45 | 29,5 | 6,3 |           | 45      | 29,5    | 6,3 | 320 (b) |
| PDP 45                          | 45 | 34   | 4,2 |           | 45      | 34      | 4,2 | 219 (b) |
| PDP 48                          | 48 | 37   | 4,2 |           | 48      | 37      | 4,2 | 221 (b) |
| PDP 49                          | 49 | 38   | 4,2 |           | 49      | 38      | 4,2 | 222 (b) |
| PDP 50                          | 50 | 34,5 | 6,3 |           | 50      | 34,5    | 6,3 | 324 (b) |
| PDP 50                          | 50 | 39   | 4,2 | ISO       | 50      | 39      | 4,2 | 222 (b) |
| PDP 52                          | 52 | 36,5 | 6,3 |           | 52      | 36,5    | 6,3 | 324 (b) |
| PDP 54                          | 54 | 43   | 4,2 |           | 54      | 43      | 4,2 | 826 (b) |
| PDP 55                          | 55 | 39,5 | 6,3 |           | 55      | 39,5    | 6,3 | 325 (b) |
| PDP 55                          | 55 | 44   | 4,2 |           | 55      | 44      | 4,2 | 224 (b) |
| PDP 60                          | 60 | 44,5 | 6,3 |           | 60      | 44,5    | 6,3 | 327 (b) |
| PDP 60                          | 60 | 49   | 4,2 |           | 60      | 49      | 4,2 | 225 (b) |
| PDP 63                          | 63 | 47,5 | 6,3 |           | 63      | 47,5    | 6,3 | 328 (b) |
| PDP 63                          | 63 | 52   | 4,2 | ISO       | 63      | 52      | 4,2 | 226 (b) |
| PDP 65                          | 65 | 49,5 | 6,3 |           | 65      | 49,5    | 6,3 | 328 (b) |
| PDP 65                          | 65 | 54   | 4,2 |           | 65      | 54      | 4,2 | 227 (b) |
| PDP 70                          | 70 | 54,4 | 6,3 |           | 70      | 54,4    | 6,3 | 330 (b) |

Ilustración 21 Elección junta de pistón

### 9.2.5 GUÍAS

Las guías o anillos guía evitan el contacto entre superficies, además, de asegurar la dirección perpendicular del movimiento, en este caso se utilizará para que el pistón no ejerza fricción por contacto con la camisa.

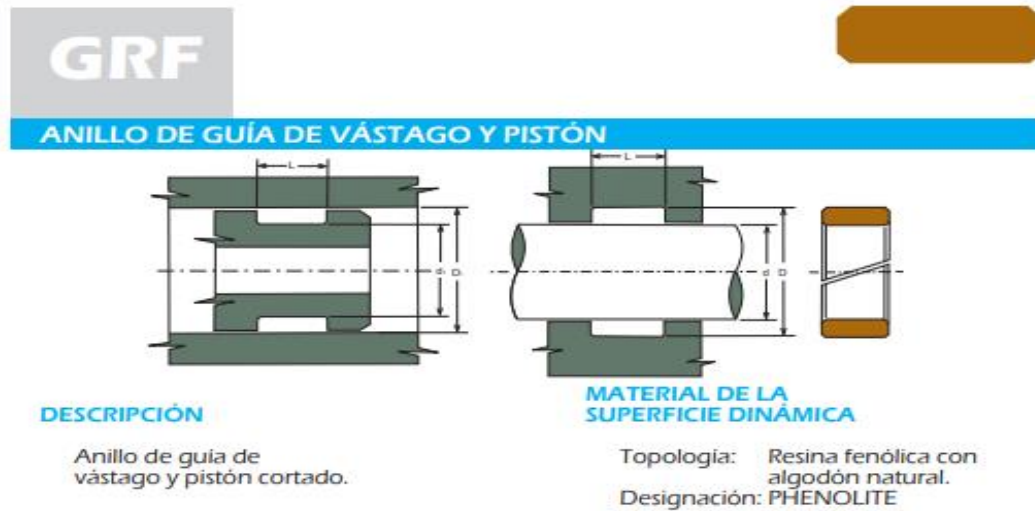


Ilustración 22 Guías catálogo Interseal

Condiciones de ejercicio:

- Velocidad < 1 m/s
- Temperatura: -34 °C a 130 °C
- Cargas admisibles < 90 N/mm<sup>2</sup> a 20 °C
- Fluido: Aceite hidráulico a base de minerales

**GRF**

**ANILLO DE GUÍA DE VÁSTAGO Y PISTÓN**

| MEDIDA | Pistón | Pistón  |                  | L+0.2 | MEDIDA | Pistón  | Pistón           |         | L+0.2 |                  |
|--------|--------|---------|------------------|-------|--------|---------|------------------|---------|-------|------------------|
|        |        | Vástago | d <sub>1H8</sub> |       |        |         | D <sub>1H9</sub> | Vástago |       | d <sub>1H8</sub> |
| GRF 20 |        |         | 20               | 25    | 9,7    | GRF 105 | A                | 105     | 110   | 15               |
| GRF 25 |        |         | 25               | 30    | 9,7    | GRF 110 |                  | 110     | 115   | 9,7              |
| GRF 27 |        |         | 27               | 32    | 9,7    | GRF 110 | A                | 110     | 115   | 15               |
| GRF 30 |        |         | 30               | 35    | 9,7    | GRF 115 |                  | 115     | 120   | 9,7              |
| GRF 35 |        |         | 35               | 40    | 9,7    | GRF 115 | A                | 115     | 120   | 15               |
| GRF 36 |        |         | 36               | 41    | 9,7    | GRF 120 |                  | 120     | 125   | 9,7              |
| GRF 36 | A      |         | 36               | 41    | 15     | GRF 120 | A                | 120     | 125   | 15               |
| GRF 37 |        |         | 37               | 42    | 9,7    | GRF 125 |                  | 125     | 130   | 9,7              |
| GRF 40 |        |         | 40               | 45    | 9,7    | GRF 125 | A                | 125     | 130   | 15               |
| GRF 45 |        |         | 45               | 50    | 9,7    | GRF 130 |                  | 130     | 135   | 9,7              |
| GRF 50 |        |         | 50               | 55    | 9,7    | GRF 130 | A                | 130     | 135   | 15               |
| GRF 50 | A      |         | 50               | 55    | 15     | GRF 135 |                  | 135     | 140   | 9,7              |
| GRF 55 |        |         | 55               | 60    | 9,7    | GRF 135 | A                | 135     | 140   | 15               |
| GRF 55 | A      |         | 55               | 60    | 15     | GRF 140 |                  | 140     | 145   | 9,7              |
| GRF 56 |        |         | 56               | 61    | 9,7    | GRF 140 | A                | 140     | 145   | 15               |
| GRF 58 |        |         | 58               | 63    | 9,7    | GRF 145 |                  | 145     | 150   | 9,7              |
| GRF 58 | A      |         | 58               | 63    | 15     | GRF 145 | A                | 145     | 150   | 15               |

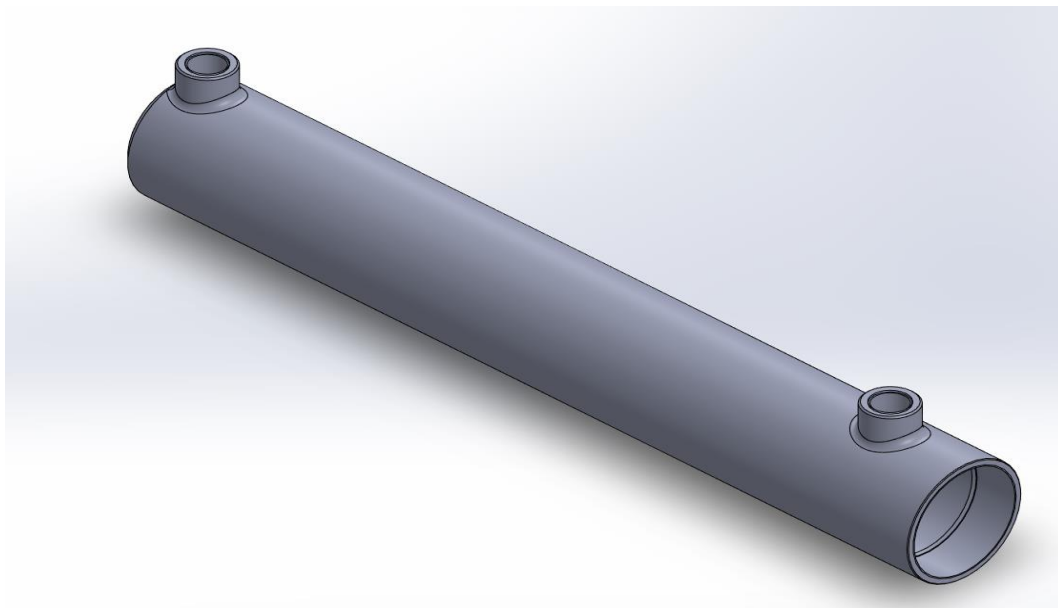
Ilustración 23 Elección guías para pistón

## 10 DISEÑO

Para este apartado de diseño se hará uso de un programa CAD como es el SolidWorks para el diseño de todas las piezas, verificando que cumpla con los requisitos previamente solicitados por el cliente, aquí se verificará que todas las piezas encajen correctamente y no exista algún error, de igual manera, que el aceite pueda entrar en el cilindro y tenga una cámara para poder despegar. Además, se buscó que en el momento de montar el cilindro fuera de la forma más rápida posible y con el uso de herramientas de taller. Para verificar los planos ver anexo PLANOS.

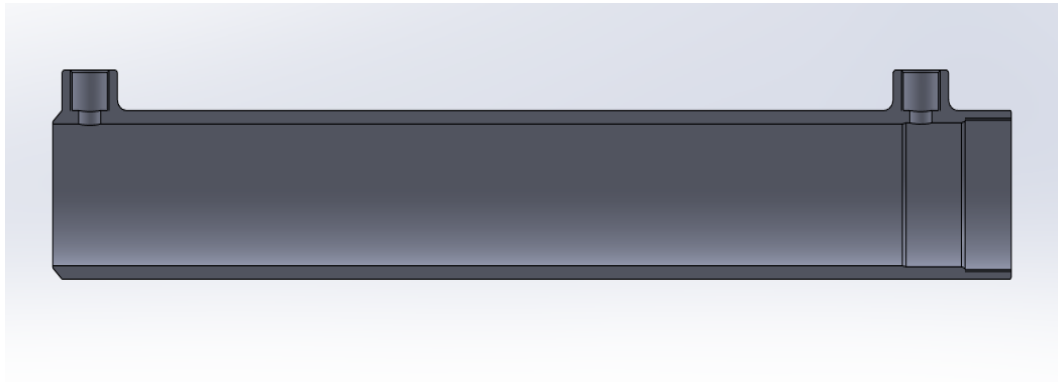
### 10.1 DISEÑO DE LA CAMISA

Para el diseño de la camisa hay que tener en cuenta que la parte delantera donde va la guía tiene que ir roscada para su fácil mantenimiento, también debe tener un encaje para la brida ya que ésta debe ir soldada a la camisa. También se colocaron las entradas de aceite ya que irán soldadas al tubo.



*Ilustración 24 Diseño 3D camisa*

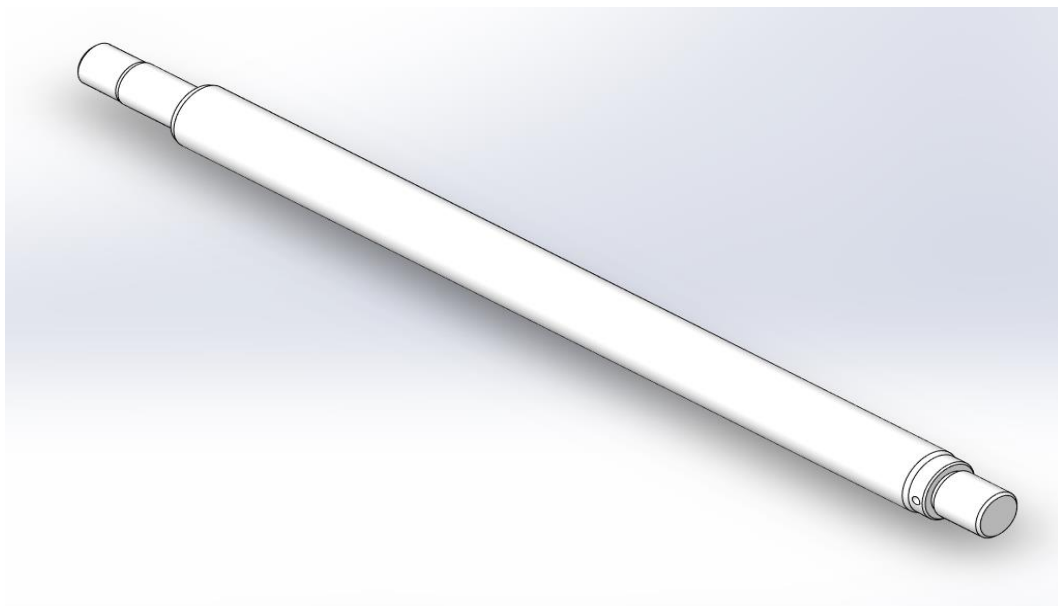




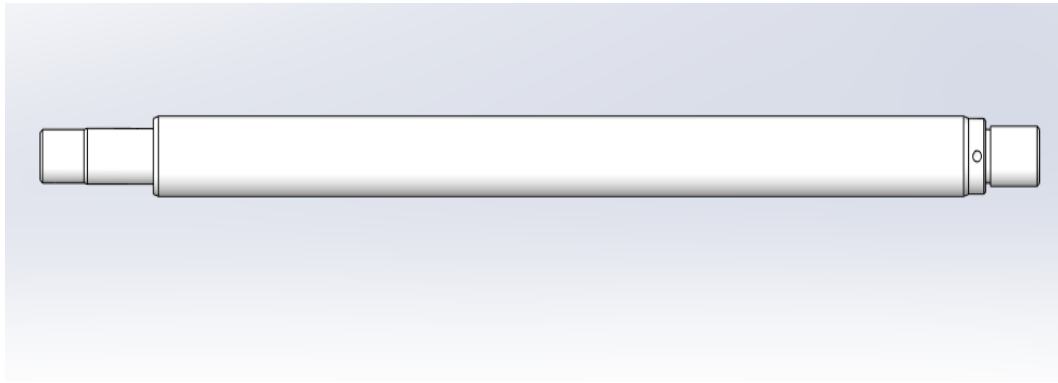
*Ilustración 25 Diseño 3D camisa vista interior*

## 10.2 DISEÑO DEL VÁSTAGO

En el vástago la parte trasera donde va el pistón y hace tope con la culata se ha diseñado según piezas estándar que hay en almacén para ahorrar tiempo al no necesitar mecanizado, según especificaciones del cliente se ha diseñado la salida del vástago con la longitud de rosca y la métrica, además de cumplir con la carrera requerida.



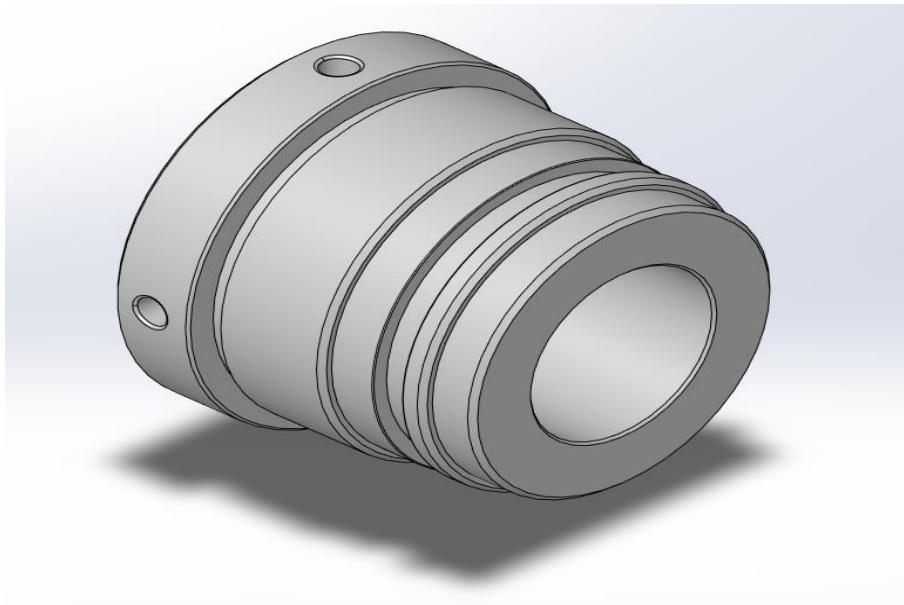
*Ilustración 26 Diseño 3D vástago*



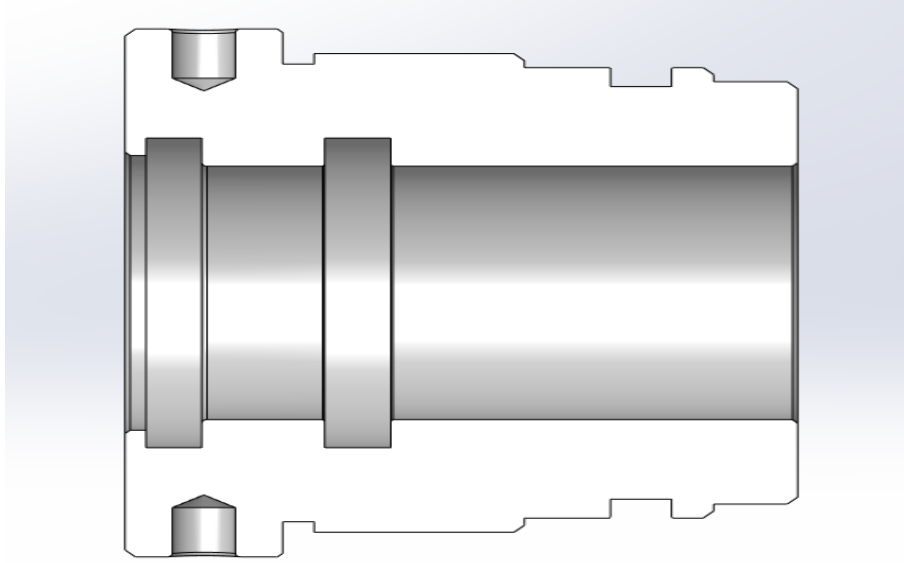
*Ilustración 27 Diseño 3D vástago vista frontal*

### **10.3 DISEÑO DE LA GUÍA**

En este caso la guía va a llevar las juntas por lo que se ha diseñado a partir de catálogos de las juntas de estanqueidad y esta debe ir roscada al tubo.



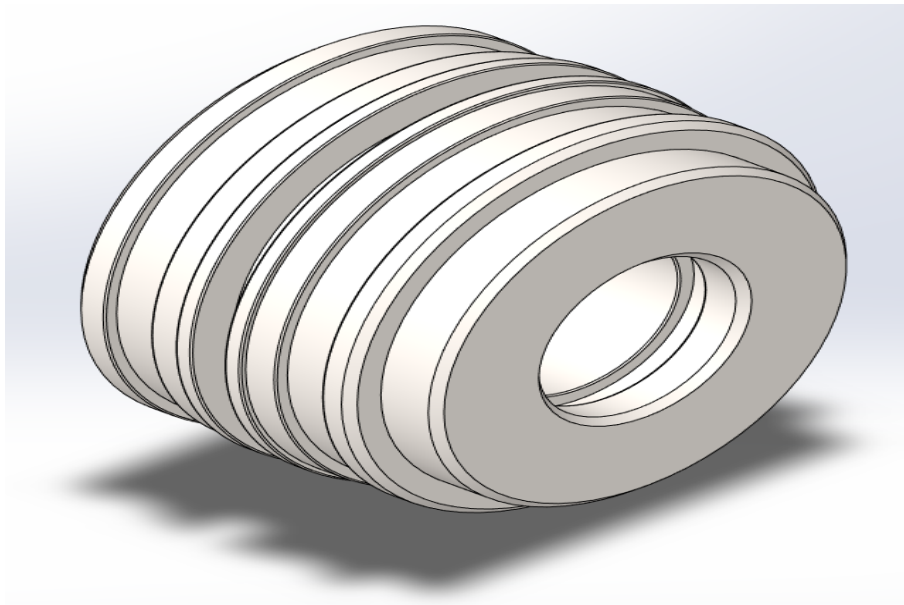
*Ilustración 28 Diseño 3D guía*



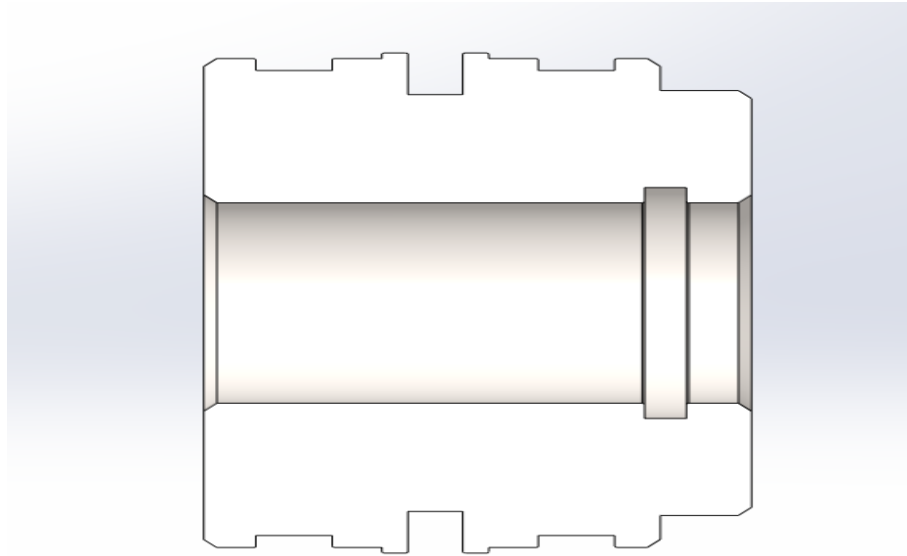
*Ilustración 29 Diseño 3D guía vista interior*

#### 10.4 DISEÑO DEL PISTÓN

El pistón ha sido diseñado de modo que no hace falta una tuerca para que haga presión al pistón con el vástago y evite el movimiento con el tiempo, sino que está incluida en el mismo diseño.



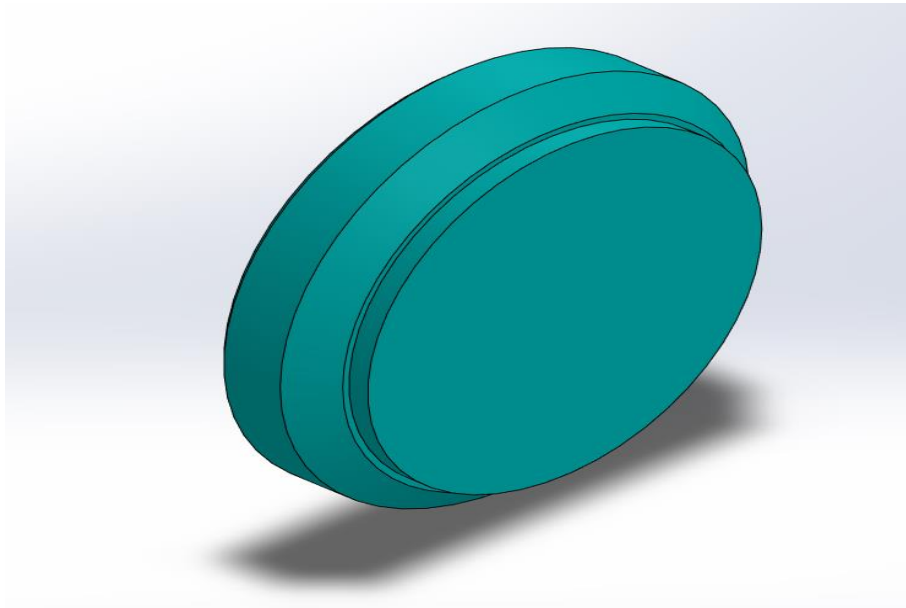
*Ilustración 30 Diseño 3D pistón*



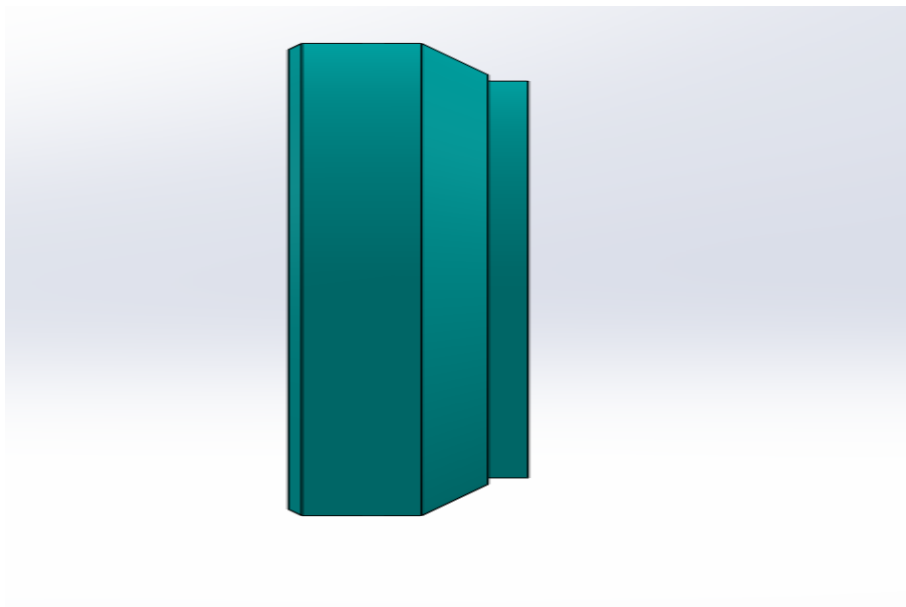
*Ilustración 31 Diseño 3D pistón vista interior*

## **10.5 DISEÑO DE LA TAPA**

La tapa fue diseñada de modo que hiciera tope en la parte interna el vástago por lo que se hizo un encaje y se dejó una pequeña superficie para que pudiera entrar el cordón de soldadura de forma limpia. De igual manera tiene un punto en el centro para poder colocar en el brazo para soldar y agilizar el proceso.



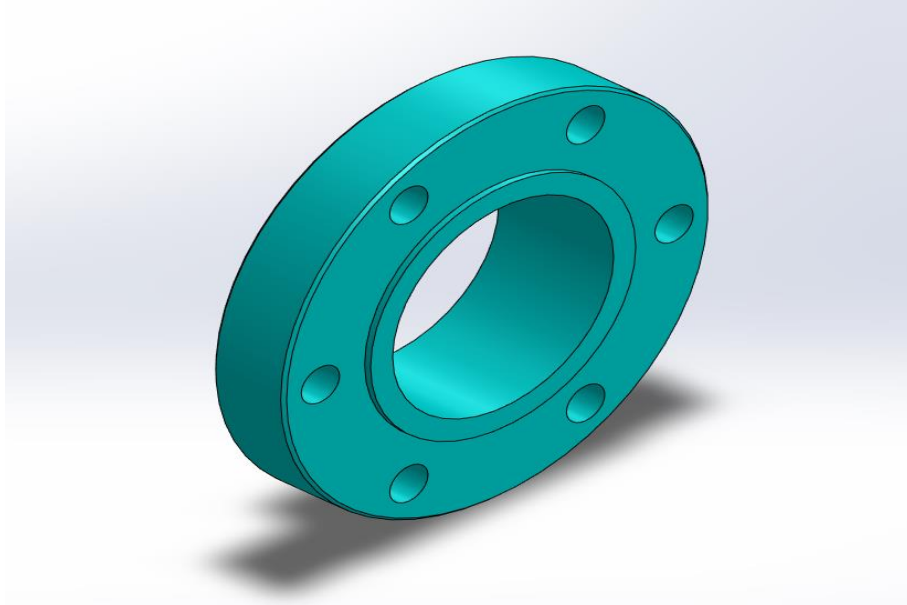
*Ilustración 32 Diseño 3D tapa vista forntal*



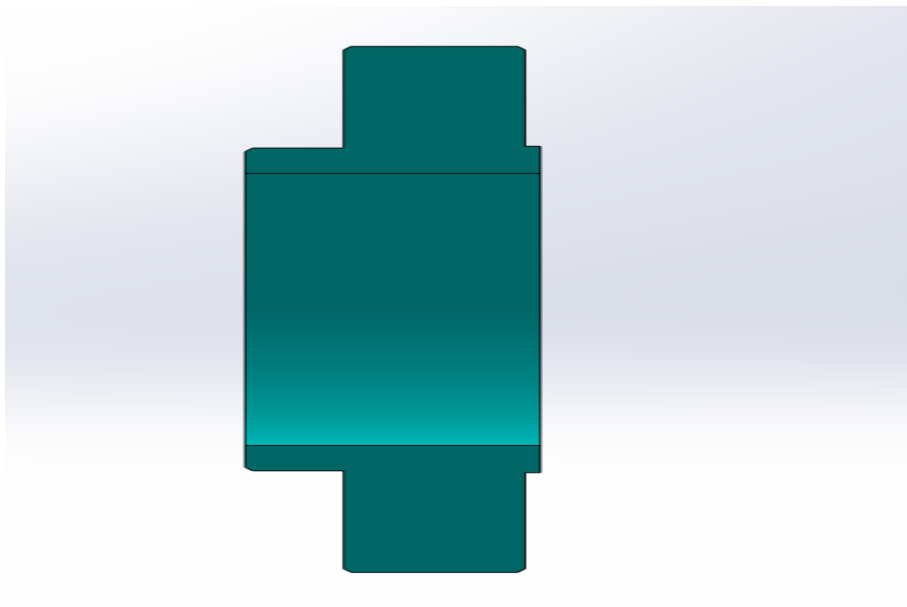
*Ilustración 33 Diseño 3D tapa*

## **10.6 DISEÑO DE LA BRIDA**

La brida se ha diseñado según ISO 3320 para un cilindro de diámetro 80 milímetros, siguiendo las medidas del centrador y la anchura que debe tener.



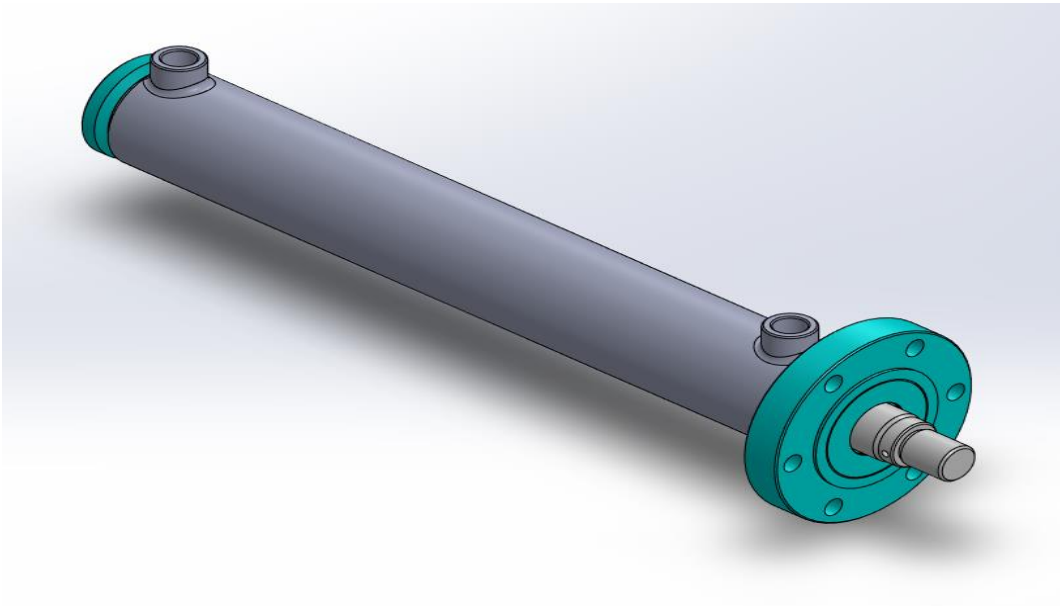
*Ilustración 34 Diseño 3D brida*



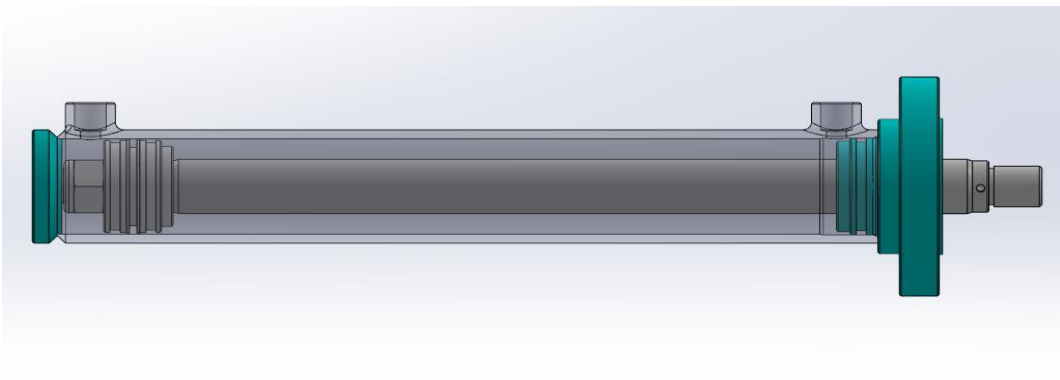
*Ilustración 35 Diseño 3D brida vista interior*

## **11 ENSAMBLAJE**

Tras haber acabado la fase de diseño se hace un ensamblaje de todas las piezas para garantizar el correcto montaje del conjunto



*Ilustración 36 Modelo 3D ensamblaje final*



*Ilustración 37 Modelo 3D ensamblaje final transparente*

## 12 SIMULACIONES Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para este apartado se hicieron simulaciones de los esfuerzos a los que estará sometido el cilindro hidráulico. El análisis se hizo en SolidWorks que permite el estudio de elementos finitos dentro del mismo programa. Este programa permite aplicar cargas y condiciones de contorno, realizar análisis numérico y visualizar los resultados. Para realizar el cálculo del cilindro, se dividió en varias etapas numeradas en los siguientes subapartados.

### 12.1 PREPROCESAMIENTO

En esta etapa se definieron las dimensiones, formas y detalles del modelo para poder crear la malla de elementos finitos, es decir, se discretiza la geometría en elementos más pequeños. Teniendo en cuenta que un mayor número de malla implica resultados más semejantes a la realidad, pero el tiempo de procesado incrementa, mientras que un tamaño de malla más pequeño hace que los resultados varíen.

En primer lugar, hay que activar la herramienta de simulación del programa SolidWorks y escoger análisis estático dentro de este apartado. Posteriormente hacemos un mallado fino de todo el cilindro.

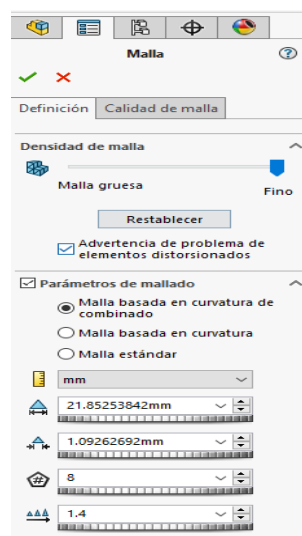


Ilustración 38 Opciones de mallado SolidWorks

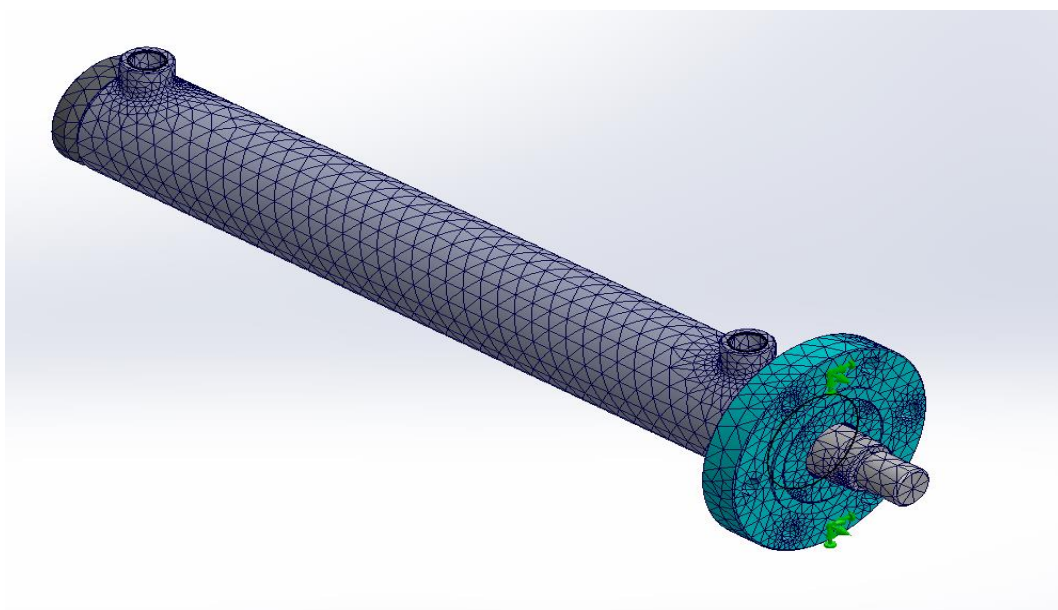


Ilustración 39 Mallado conjunto



## 12.2 DEFINICIÓN DE MATERIALES Y PROPIEDADES

Posteriormente se asignaron las propiedades mecánicas y los materiales a cada elemento de la malla. El software permite elegir entre una amplia variedad de materiales y definir propiedades como el módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, densidad, coeficiente de expansión térmica, entre otros.

Se colocaron los materiales previamente seleccionados en el apartado 9, en el programa SolidWorks existen materiales por defecto y también norma DIN por lo que se buscó en la siguiente tabla las equivalencias.

| España | Europa    | Alemania         | USA           |               |
|--------|-----------|------------------|---------------|---------------|
| UNE    | EN        | W.NR.<br>STANDAR | DIN           | AISI/SAE/ASTM |
| F1140  | C45E      | 1.1191           | CK45          | 1045          |
| B1252  | 42CrMo4   | 1.7225           | 42CrMo4       | 4140          |
|        | 19MnVS6   | 1.5217           | 20MnV6        |               |
|        | 1.4021    | 1.4021           | X20Cr13       | 420           |
|        | 1.4057    | 1.4057           | X19CrNi172    | 431           |
|        | 1.4057    | 1.4057           | X19CrNi172    | 431           |
| F3504  | 1.4301    | 1.4301           | X5CrNi1810    | 304           |
| F3534  | 1.4401    | 1.4401           | X5CrNiMo17122 | 316           |
|        | E235      |                  |               | 1.010         |
| A590   | E355      | 1.0580           | E355          | 1024          |
| F2132  | 36SMnPb14 |                  |               | 11L37         |
|        |           | 1.1180           | Cm35          | 1035          |

*Ilustración 40 Equivalencias aceros UNE-DIN-AISI*

### 12.2.1 CAMISA

Para la camisa se utilizó un tubo lapeado de tolerancia H8 seleccionándose el AISI 1020 que tiene propiedades mecánicas similares al AISI 1024.

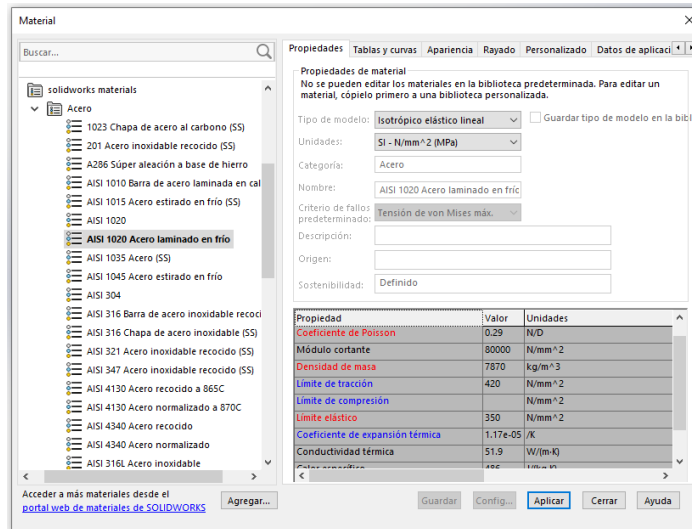


Ilustración 41 Material para camisa

### 12.2.2 VÁSTAGO

El vástago debe de ser una barra de acero cromada F1140 por lo que se escoge AISI 1045 en la tabla.

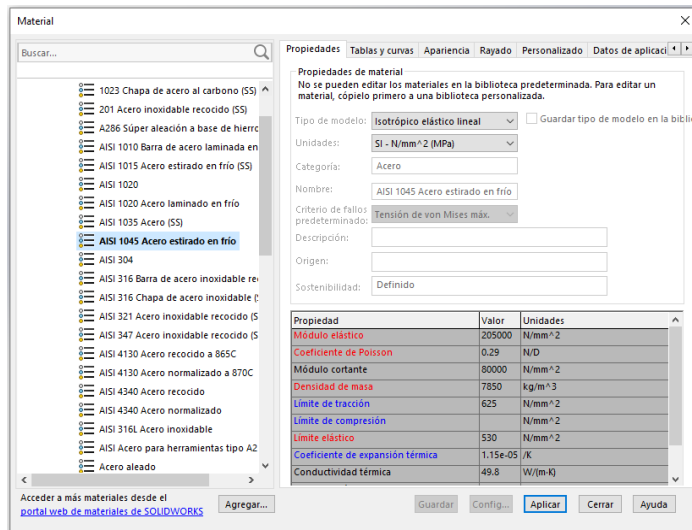


Ilustración 42 Material para vástago

### 12.2.3 GUÍA

Para la guía se utilizó fundición para evitar gripado del material.

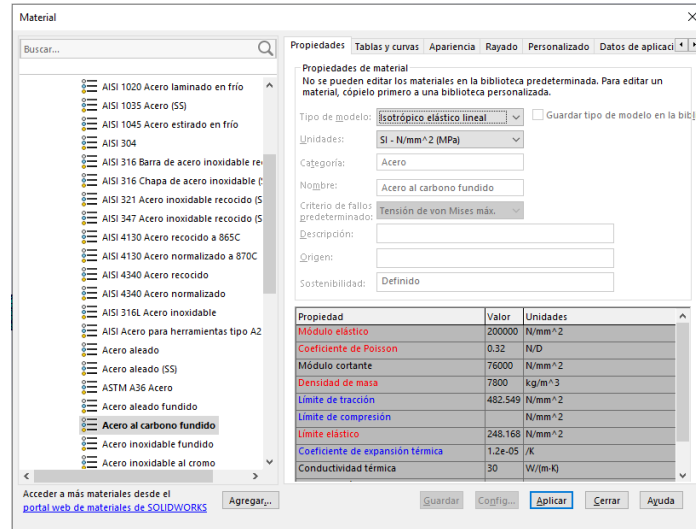


Ilustración 43 Material para guía

### 12.2.4 PISTÓN

Para el pistón se escogió el mismo material que el vástago AISI 1045, pero este no era necesario que fuera cromado ya que va a ser mecanizado a partir de una barra redonda de mayor diámetro.

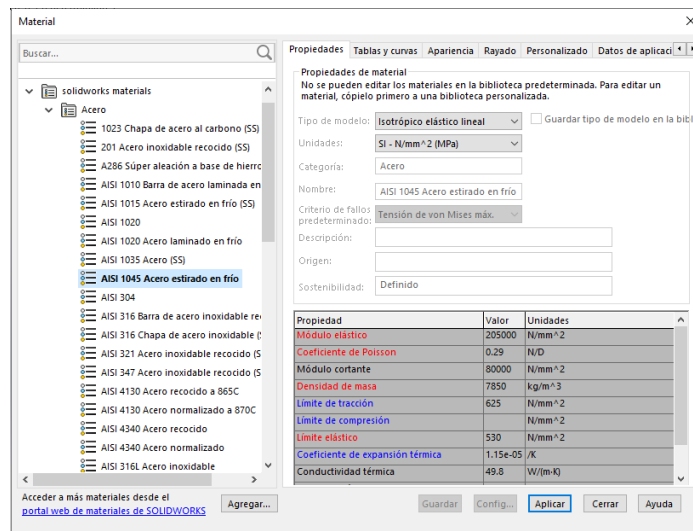


Ilustración 44 Material para pistón

### 12.2.5 TAPA

Para la tapa se seleccionó el mismo material de acero AISI 1045, partiendo de una barra redonda calibrada.

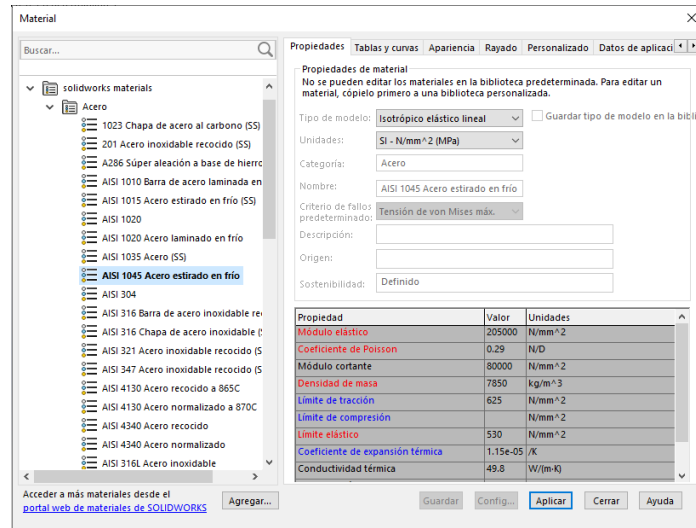


Ilustración 45 Material para tapa

### 12.2.6 BRIDA

Para la brida se seleccionó el mismo material que el vástago, pero partiendo de una barra redonda laminada, el material es el AISI 1045.

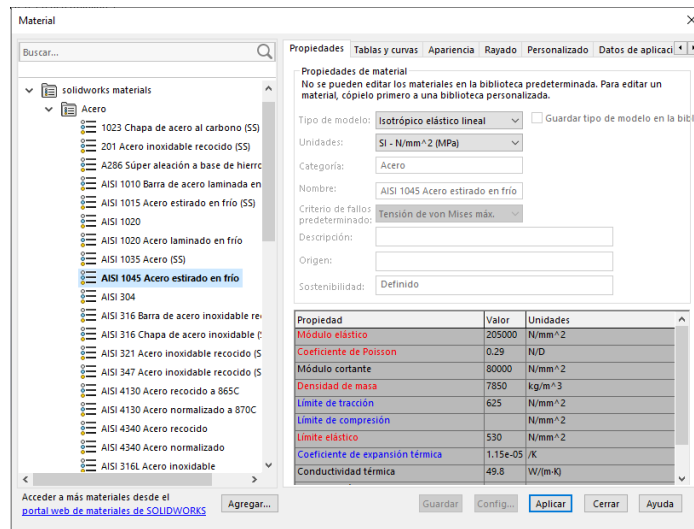


Ilustración 46 Material para brida

## 12.3 APLICACIÓN DE CARGAS

Se definieron las cargas, fuerzas, presiones y restricciones en el modelo para simular el comportamiento real del objeto bajo diferentes escenarios. Las condiciones de contorno incluyeron restricciones de movimiento, apoyos, entre otros.

Dentro del apartado de sujeciones se ha de seleccionar la cara delantera de la brida como sujeción fija ya que se fijará con tornillos métrica 12.

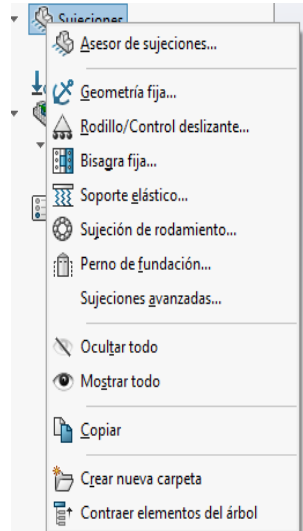


Ilustración 47 Sujeciones SolidWorks

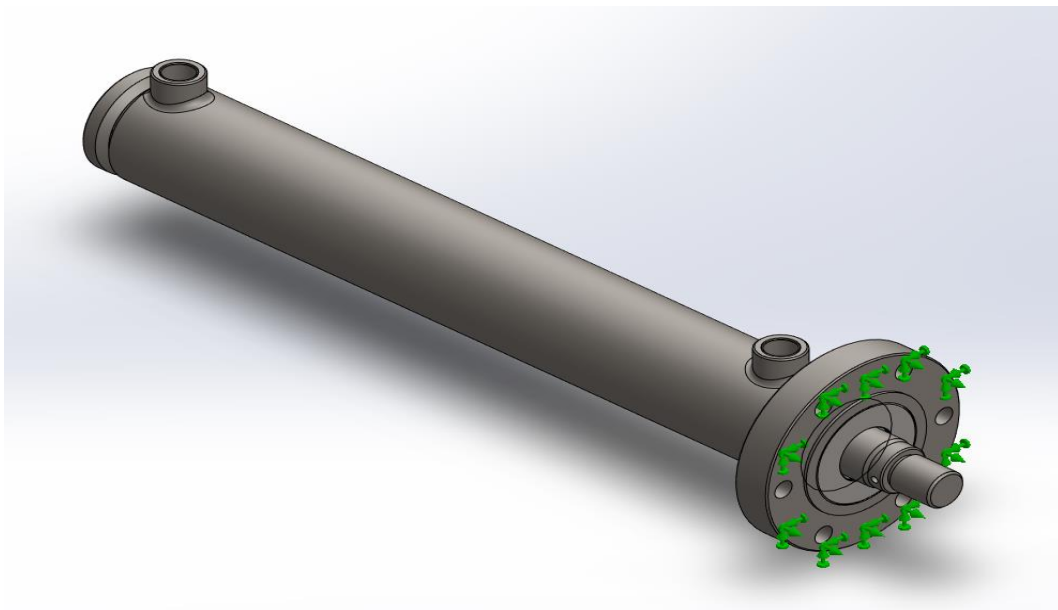


Ilustración 48 Sujeción para simulación

A continuación, se colocó una fuerza en Newtons para simular la fuerza de cierre que se ejercerá.

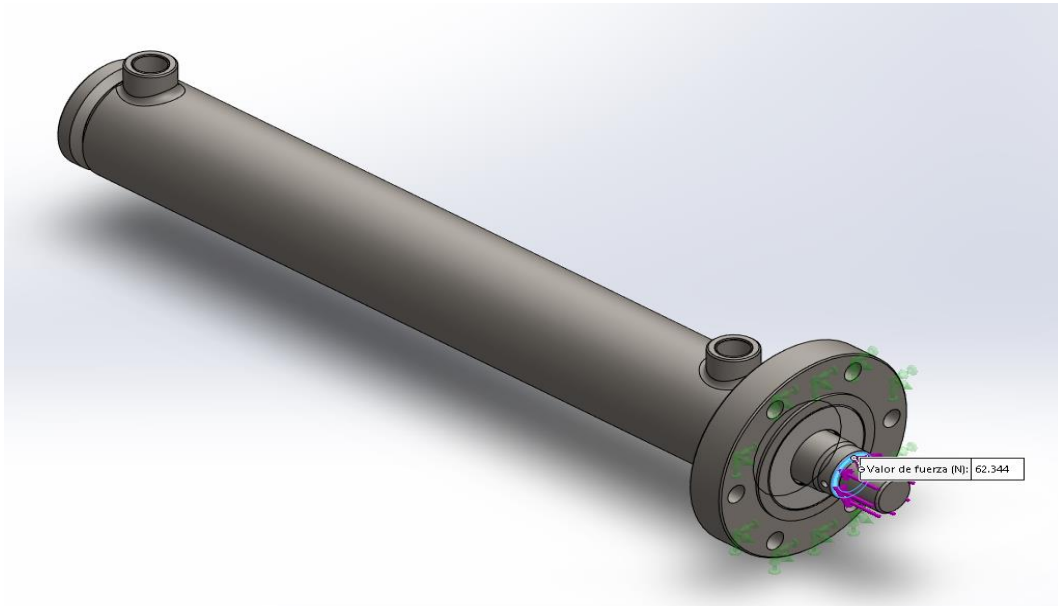


Ilustración 49 Fuerza para simulación

## 12.4 FORMULACIÓN DE LAS ECUACIONES Y SOLUCIÓN DEL SISTEMA

Una vez que se ha definido el modelo, las propiedades y las condiciones de carga, el software utiliza métodos numéricos para resolver el sistema de ecuaciones resultante de la discretización.

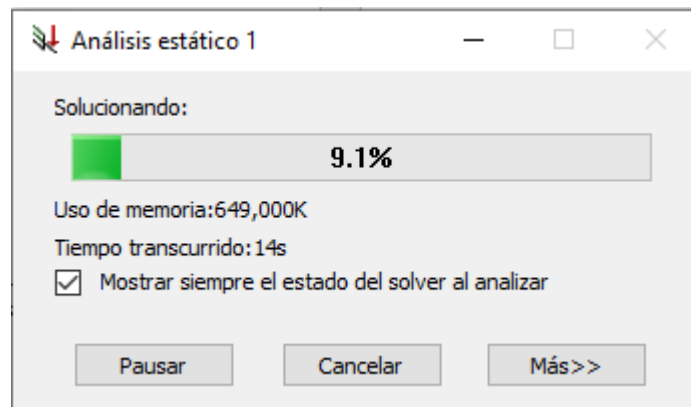
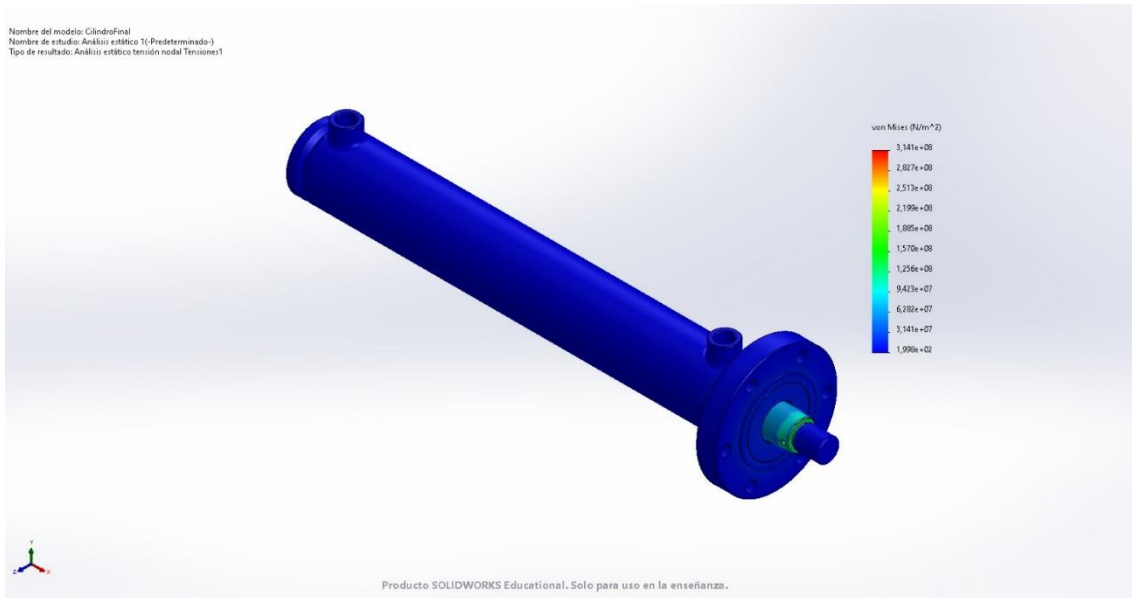


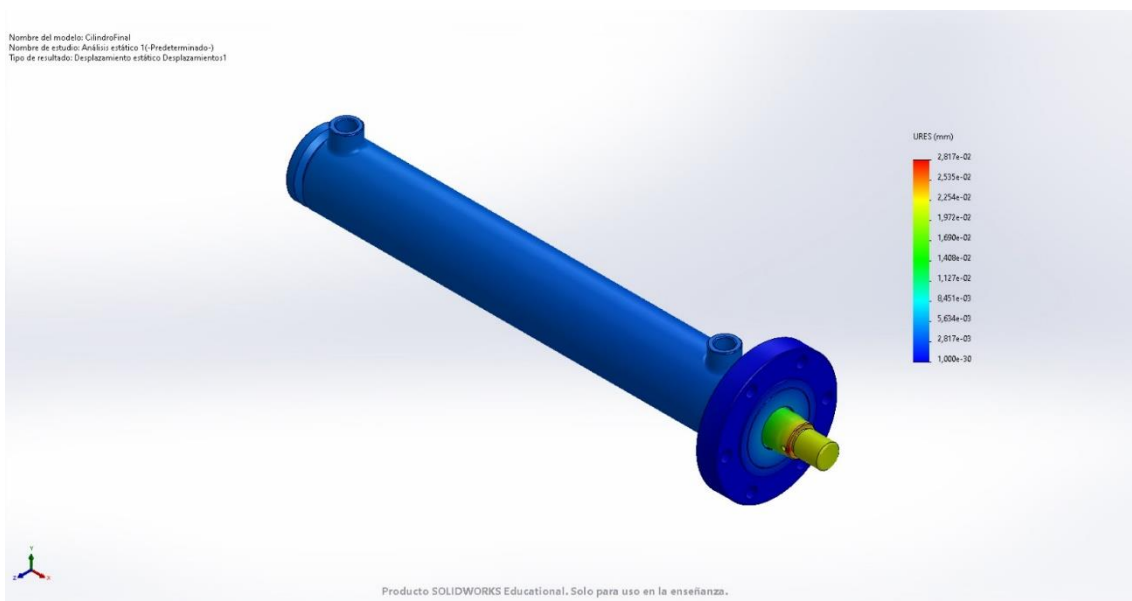
Ilustración 50 Resolución de ecuaciones

## 12.5 POSTPROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Tras haber realizar el análisis, el software permite visualizar los resultados obtenidos. Incluidas gráficas de los desplazamientos, deformaciones sufridas por el objeto, esfuerzos y tensiones a las que está sometida la pieza.



*Ilustración 51 Simulación tensiones (vonMises)*



*Ilustración 52 Simulación desplazamientos*

Nombre del modelo: CilindroFinal  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado)  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1

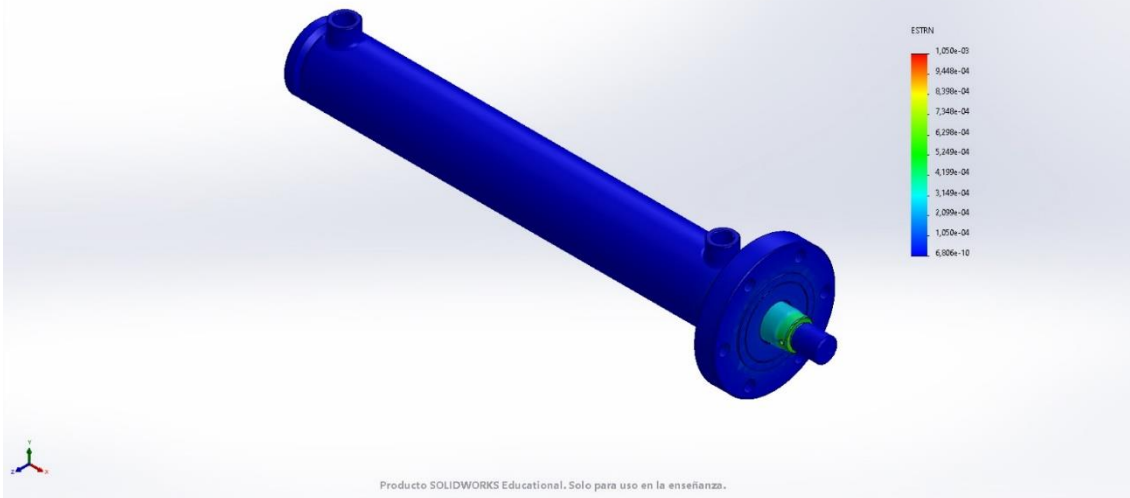


Ilustración 53 Simulación deformaciones unitarias

Nombre del modelo: CilindroFinal  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1,7



Ilustración 54 Simulación factor de seguridad

## 12.6 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del análisis de esfuerzos permiten evaluar el comportamiento estructural bajo las cargas y condiciones de contorno definidas. Se pueden identificar áreas donde la pieza sufre esfuerzos críticos, deformaciones, etc.



En la ilustración 51 sobre la tensión de Von Mises hay que saber que cuando un material está sometido a cargas, se generan tensiones internas en diferentes direcciones. La tensión de Von Mises es una medida teórica de la tensión equivalente que representa la combinación de las tensiones principales en el material. Este concepto se basa en la idea de que el fallo o la deformación plástica de un material ocurre cuando la tensión equivalente alcanza un valor crítico. El resultado de la simulación es de  $3,14 \text{ N/m}^2$  y el límite elástico del acero utilizado es de  $3,70 \text{ N/m}^2$  por lo que el material no tendría problema en soportar la carga a la que va a estar sometida sin producirse el efecto de pandeo.

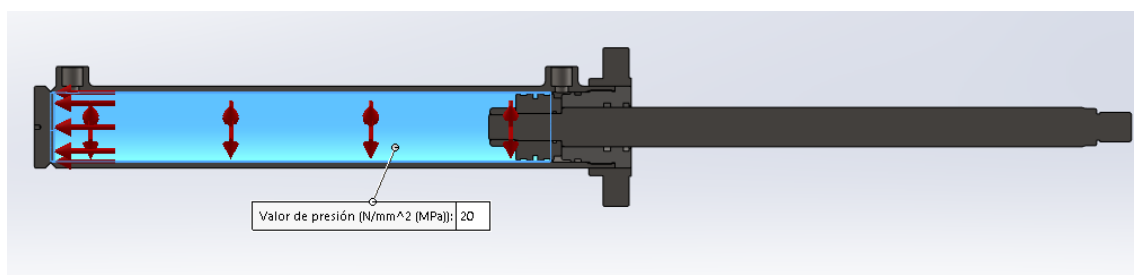
En la ilustración 52 referente a los desplazamientos sufridos por el cilindro cuando se ha sometido a una fuerza externa, se puede verificar que el valor más crítico o máximo es de  $0,02871 \text{ mm}$ , esto hace referencia a los desplazamientos independientes de los nodos, al ser un valor muy pequeño, se puede decir que no sufre este fenómeno.

En la ilustración 52 se muestra las deformaciones unitarias que puede presentar el cilindro, siendo el valor máximo  $0,00105$  por lo que se puede decir que el material no se deforma.

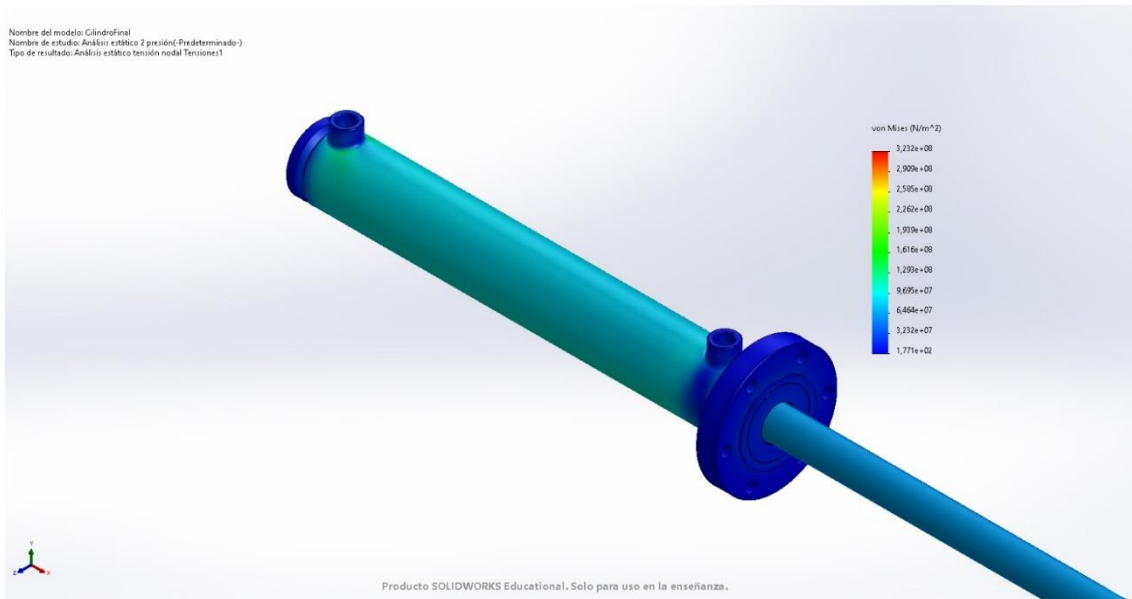
Con respecto al factor de seguridad de la ilustración 54 se puede observar que el valor mínimo del vástago de  $1,687$ . Como se ha explicado anteriormente en este campo de la ingeniería, el valor suele estar sobre  $1,5$  y  $3$ , por lo que el resultado obtenido tras la simulación es válido.

## 12.7 SIMULACION DE PRESIÓN DENTRO DEL TUBO

Para este apartado se hizo una simulación con la presión que se trabajará dentro del cilindro, por lo que se seleccionaron todas las caras que estarán en contacto con el fluido, la presión de trabajo será de  $200 \text{ bares}$  por lo que la equivalencia es de  $20 \text{ Mpa}$ .



*Ilustración 55 Simulación de presión*



*Ilustración 56 Simulación de presión en la camisa*

Como se puede observar en la simulación de la presión dentro del cilindro no afecta en nada a la tensión de Von Mises, siendo el mismo valor que se ha obtenido en el apartado anterior. Esto significa que el tubo puede soportar la presión de trabajo en el interior del cilindro sin peligro de colapso.

## 13 MAQUINARIA

Este apartado detalla la maquinaria utilizada para poder fabricar el cilindro hidráulico, una vez se haya montado se realizarán pruebas para verificar que no existen fugas por el cordón de soldadura y tampoco que ninguna junta se haya partido en el momento de ensamblaje.

### 13.1 SIERRA

La sierra es una herramienta que permite cortar diversos materiales, en este caso se utilizará para cortar las piezas necesarias para el cilindro, para las camisas se parte de un tubo hueco, para el vástago se parte de una barra cromada, para la guía se utiliza una barra de fundición, el pistón, la tapa y la brida parten de una barra redonda cada uno de un diámetro distinto para minimizar el desperdicio del material mientras se mecanizan.



*Ilustración 57 Sierra para corte de piezas para cilindro*

### 13.2 TORNO CNC

Un torno CNC (Control Numérico por Computadora) es una máquina herramienta utilizada en la industria para mecanizar piezas de metal, madera, plástico y otros materiales. A diferencia de los tornos convencionales, los tornos CNC están equipados con un controlador numérico que permite automatizar y programar los movimientos de la herramienta de corte con precisión.

El funcionamiento del torno CNC se basa en una serie de instrucciones programadas previamente en un lenguaje específico, como el G-code. Estas instrucciones indican al controlador cómo mover la herramienta de corte y el carro portaherramientas en varios ejes, como el eje X, Y, y Z. Al seguir el programa, la herramienta de corte realiza los cortes y operaciones de mecanizado necesarias para dar forma a la pieza según el diseño deseado.



*Ilustración 58 Torno CNC*

### **13.3 FRESADORA**

Una fresadora es una máquina herramienta utilizada para realizar operaciones de mecanizado en piezas de trabajo, como cortes, ranuras, superficies planas, perfiles, entre otros. Funciona mediante la rotación de una herramienta de corte llamada fresa, que tiene múltiples filos cortantes.



*Ilustración 59 Fresadora CNC*

### **13.4 TALADRO**

El taladro de columna es una máquina estacionaria utilizada para perforar agujeros precisos en el tubo. A diferencia de los taladros portátiles o de mano, los taladros de columna están diseñados para ser montados en un soporte vertical, lo que proporciona mayor estabilidad y precisión en el proceso de perforación.



*Ilustración 60 Taladro de columna*

### **13.5 SOLDADORA MIG/MAG**

Este tipo de soldadura por arco eléctrico utiliza una protección de gas para proteger el cordón de soldadura ante impurezas o la propia contaminación del lugar.



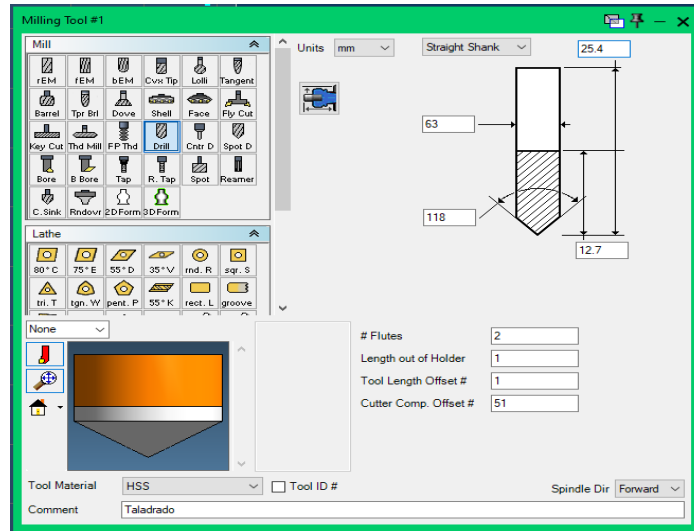
*Ilustración 61 Máquina para soldar MIG/MAG*

## 14 PROGRAMA CONTROL NUMÉRICO

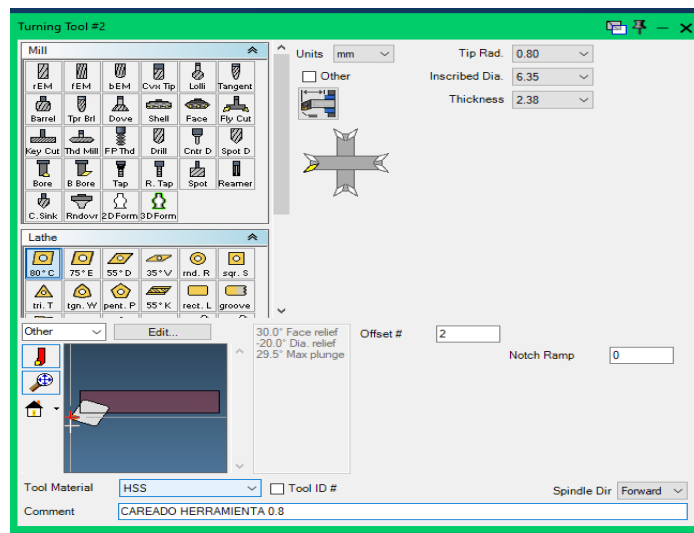
En este apartado se utilizará un software de control numérico por computadora (CNC) para mecanizar las partes del cilindro con gran precisión. Se pueden realizar programas para fresado, torneado y mecanizado multitarea. En la presente sección se utilizará para el torno.

Para la realización de los programas se importa la pieza dibujada desde SolidWorks en formato Parasolid y se ajusta de modo que el origen de la pieza corresponda con el origen del programa. Se define el espacio de trabajo en el GibbsCAM. De no poder importar la pieza desde el Solidwors se debe dibujar el contorno de la pieza que se va a mecanizar tanto para la cara A y para la cara B, teniendo en cuenta todos los chaflanes y redondeos que lleva la pieza para evitar superficies cortantes. Después se ha de seleccionar la herramienta ya sea de plaquitas, plaquitas inclinadas, de ranurado, de roscado, brocas entre otras que se encuentran en el taller, además, escoger el tipo de mecanizado que se requiere para posteriormente pasar al renderizado y verificar que todas las dimensiones y roscas sean correctas según el plano de fabricación.

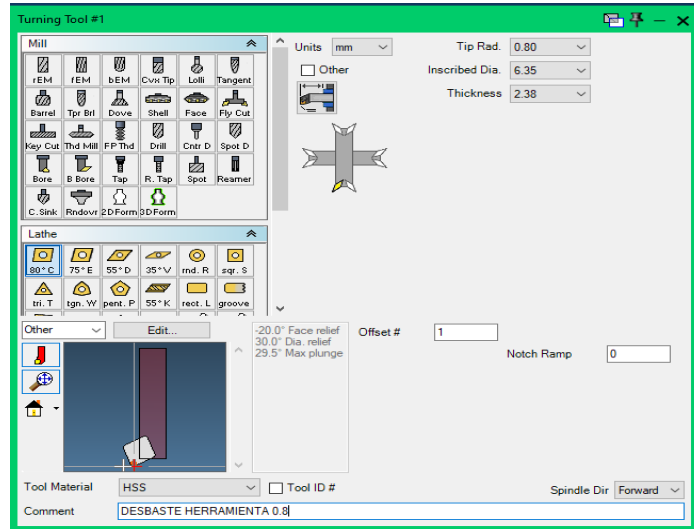
A continuación, se muestran varias herramientas y procesos utilizados para el mecanizado de todas las piezas:



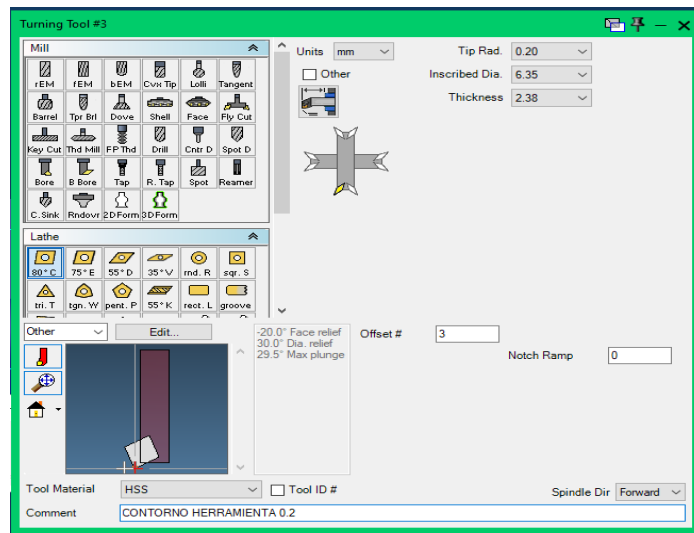
*Ilustración 62 Herramienta para taladrar*



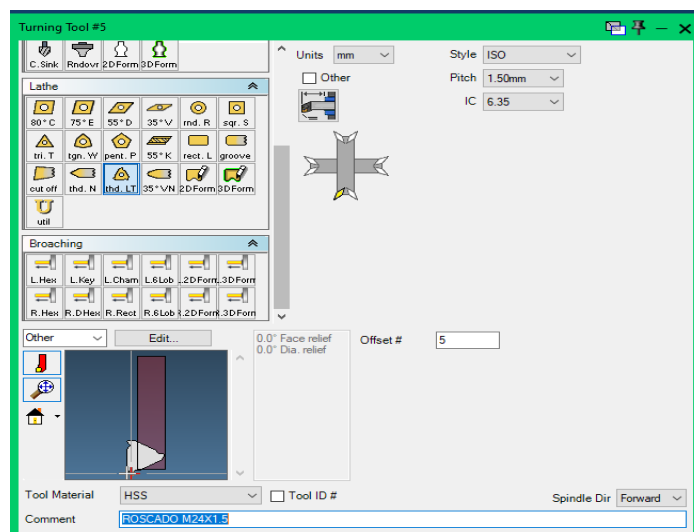
*Ilustración 63 Herramienta para careado*



*Ilustración 64 Herramienta para desbaste*



*Ilustración 65 Herramienta para contorno*



*Ilustración 66 Herramienta para roscado*



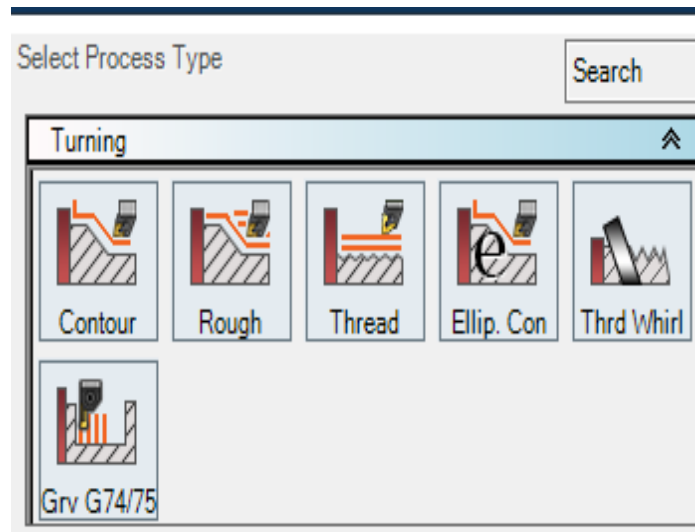


Ilustración 67 Tipo de procesos CNC

## 14.1 PROGRAMA CAMISA CNC

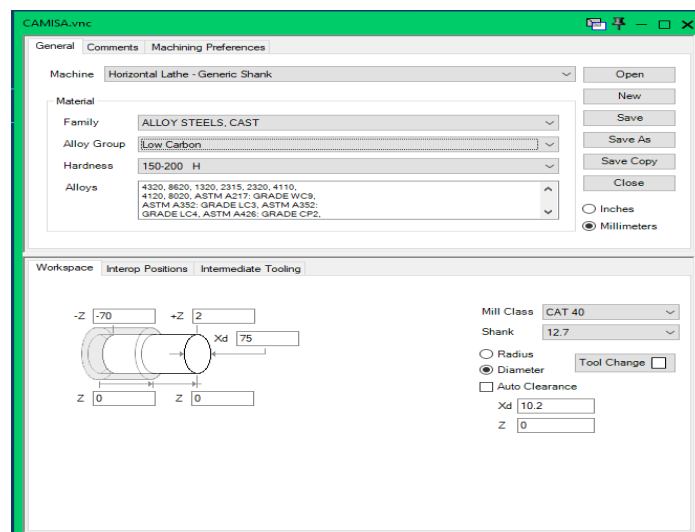


Ilustración 68 Condiciones de trabajo camisa CNC

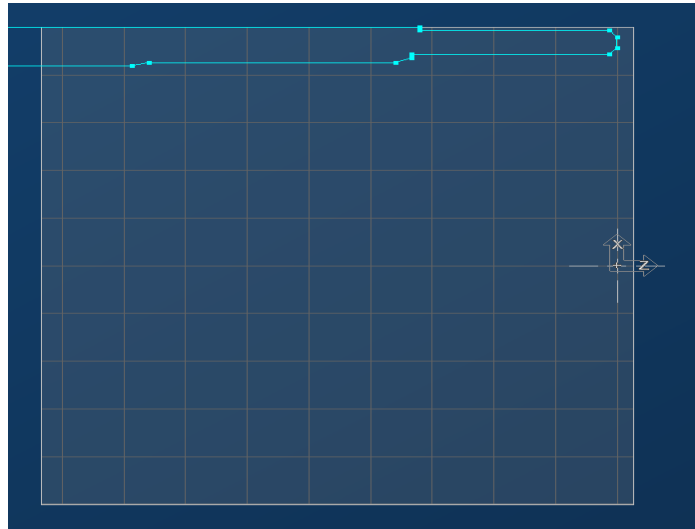


Ilustración 69 Dibujo camisa CNC

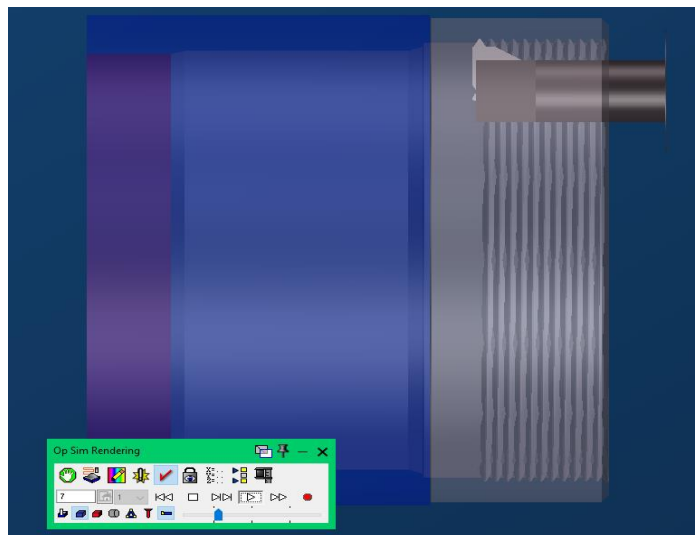


Ilustración 70 Simulación camisa Cara A

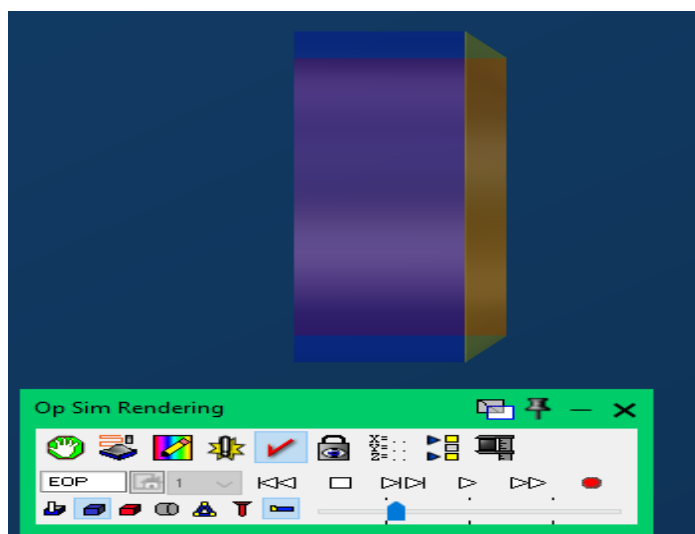


Ilustración 71 Simulación camisa cara B

## 14.2 PROGRAMA VÁSTAGO CNC

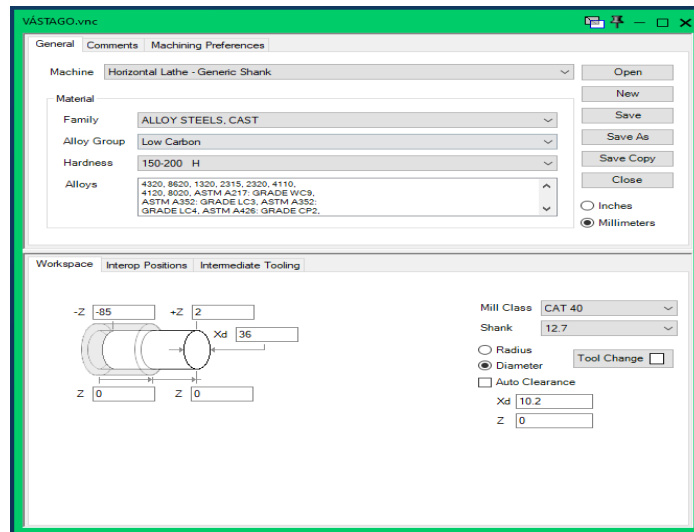


Ilustración 72 Condiciones de trabajo vástago CNC

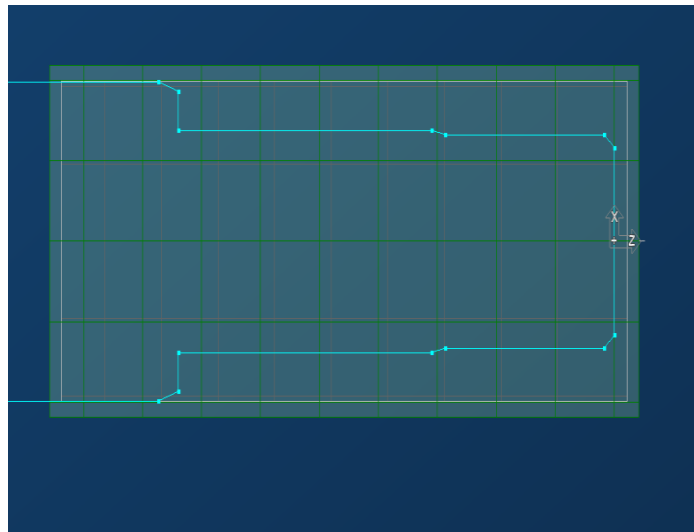
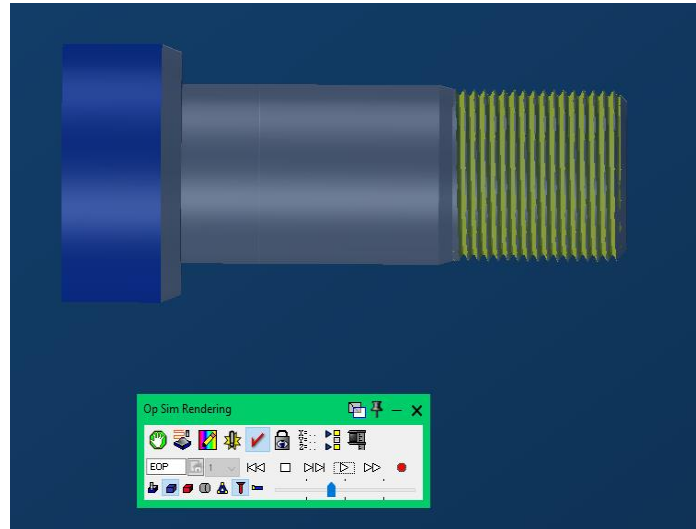
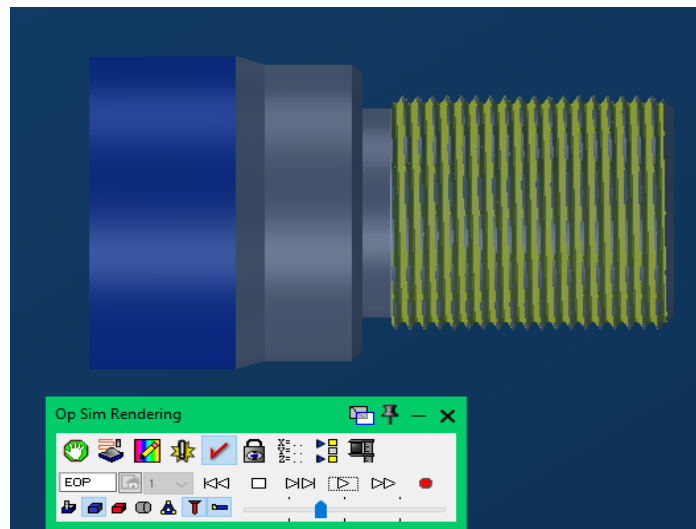


Ilustración 73 Dibujo vástago CNC



*Ilustración 74 Simulación vástago cara A*



*Ilustración 75 Simulación vástago cara B*

### 14.3 PROGRAMA GUÍA CNC

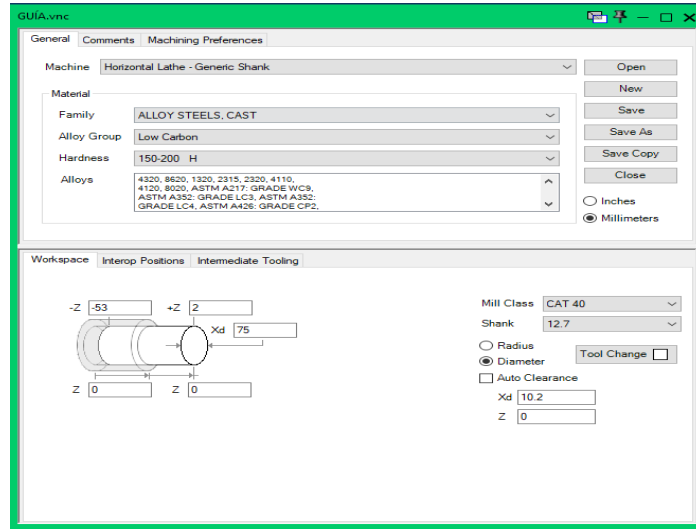


Ilustración 76 Condiciones de trabajo guía CNC

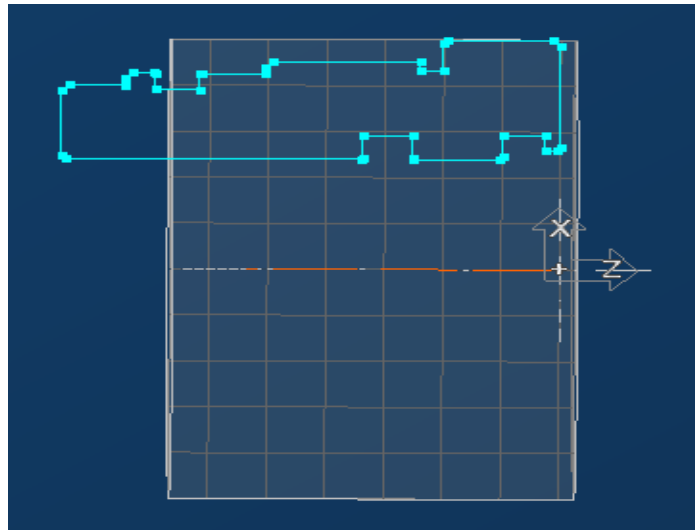
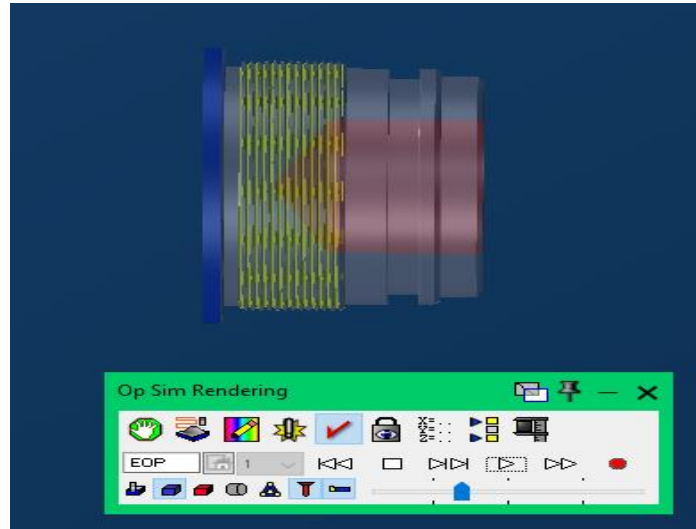
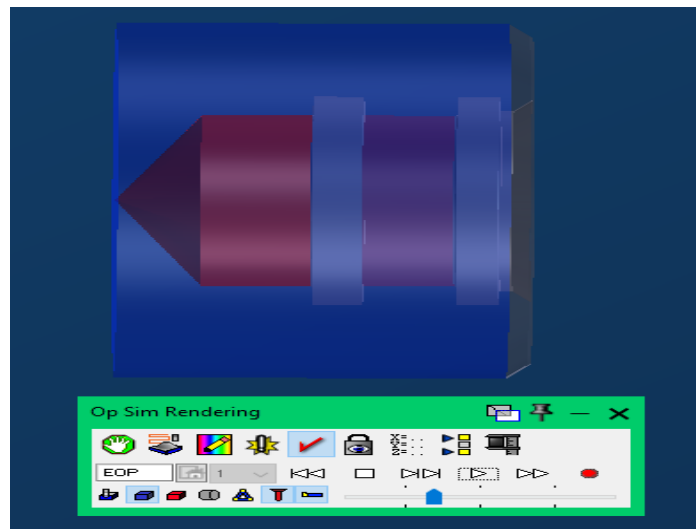


Ilustración 77 Dibujo guía CNC



*Ilustración 78 Simulación guía cara A*



*Ilustración 79 Simulación guía cara B*

## 14.4 PROGRAMA PISTÓN CNC

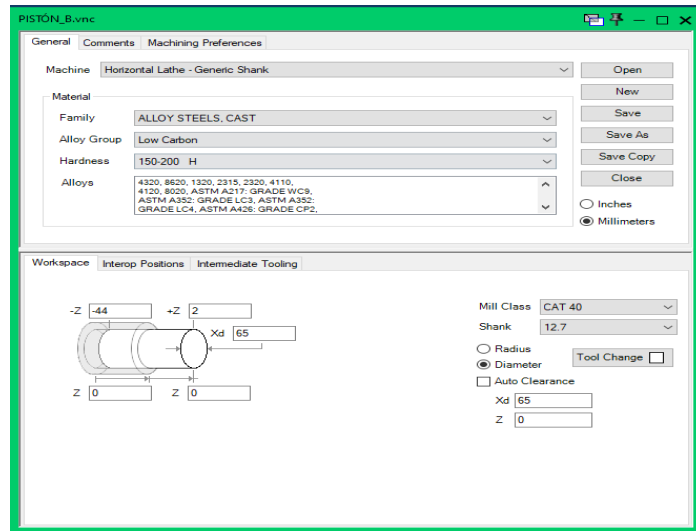


Ilustración 80 Condiciones de trabajo pistón

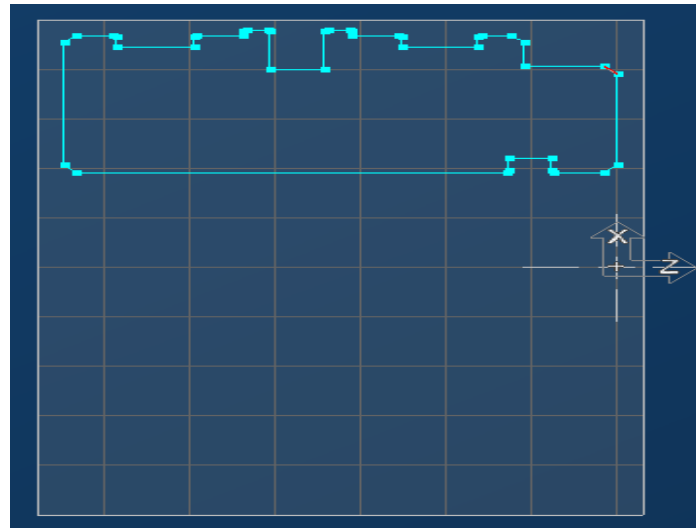
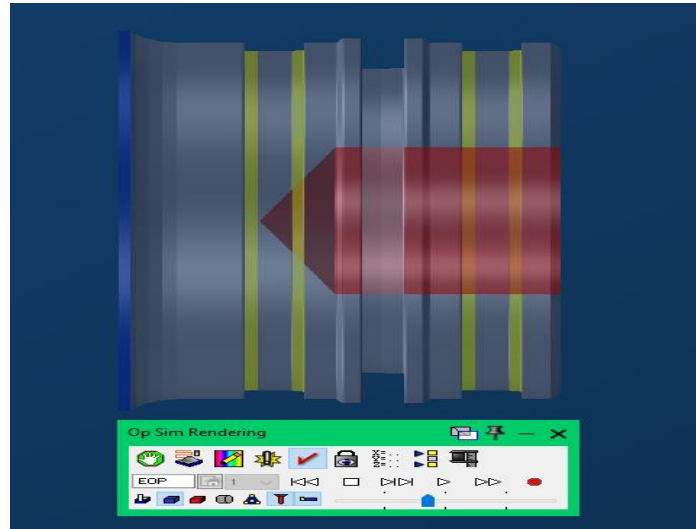
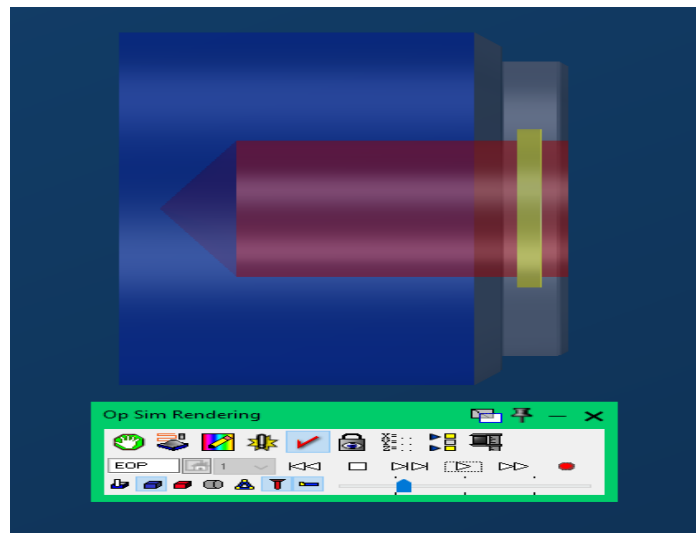


Ilustración 81 Dibujo pistón CNC



*Ilustración 82 Simulación pistón cara A*



*Ilustración 83 Simulación pistón cara B*

## 14.5 PROGRAMA TAPA CNC



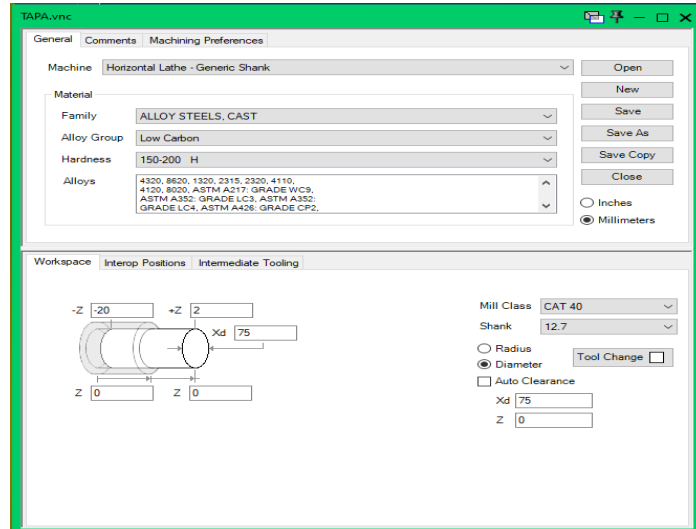


Ilustración 84 Condiciones de trabajo Tapa

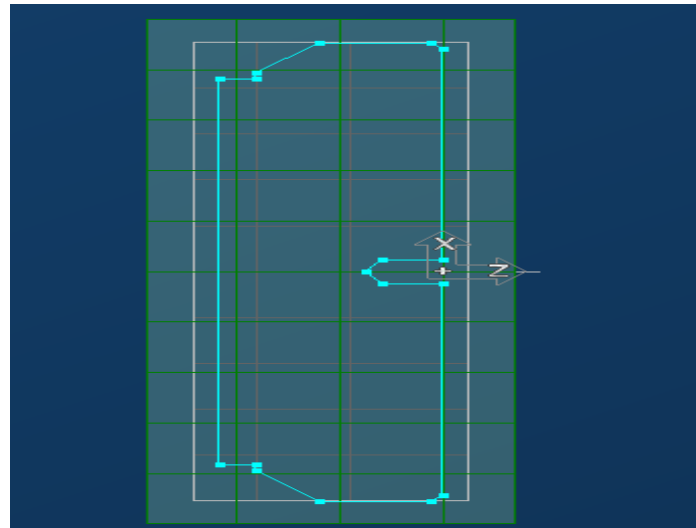
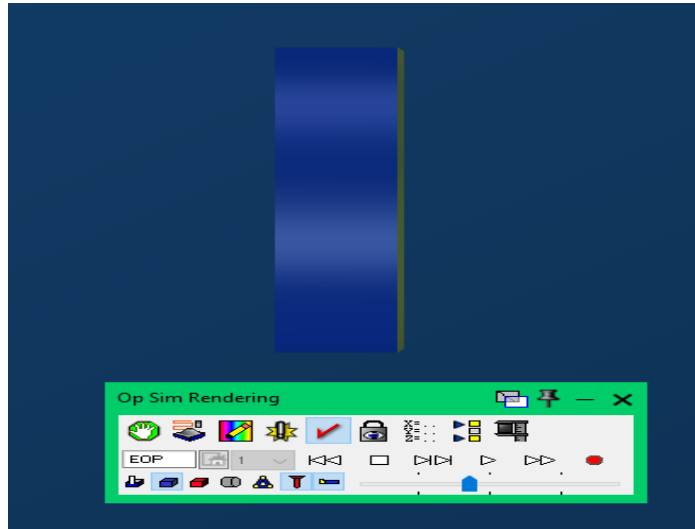
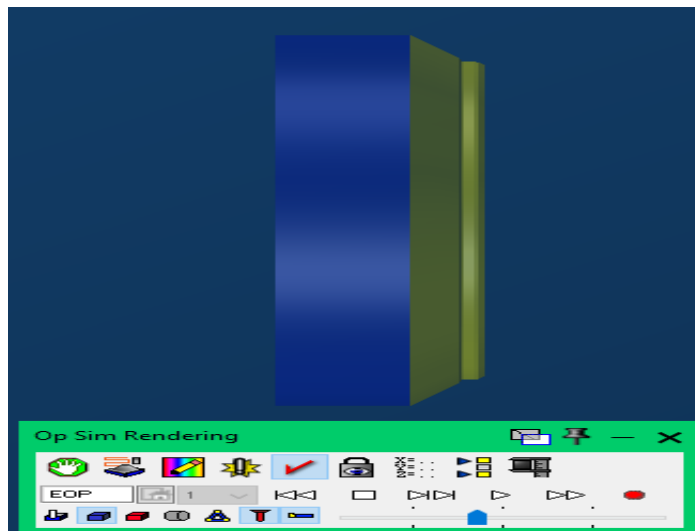


Ilustración 85 Dibujo tapa CNC



*Ilustración 86 Simulación tapa cara A*



*Ilustración 87 Simulación tapa cara B*

## 14.6 PROGRAMA BRIDA CNC

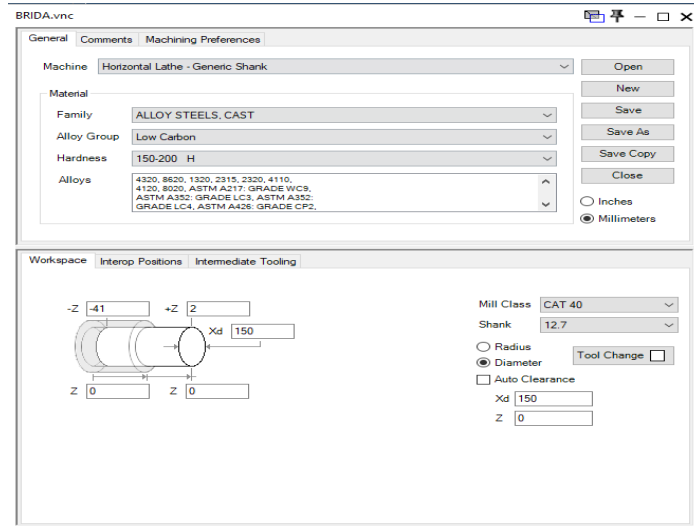


Ilustración 88 Condiciones de trabajo brida

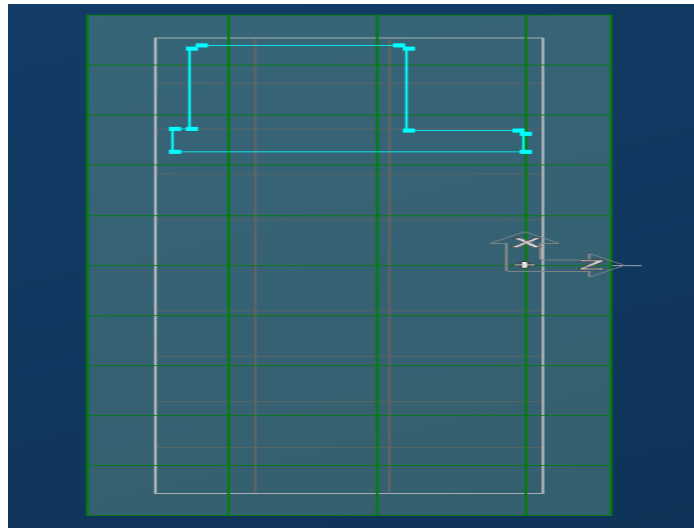
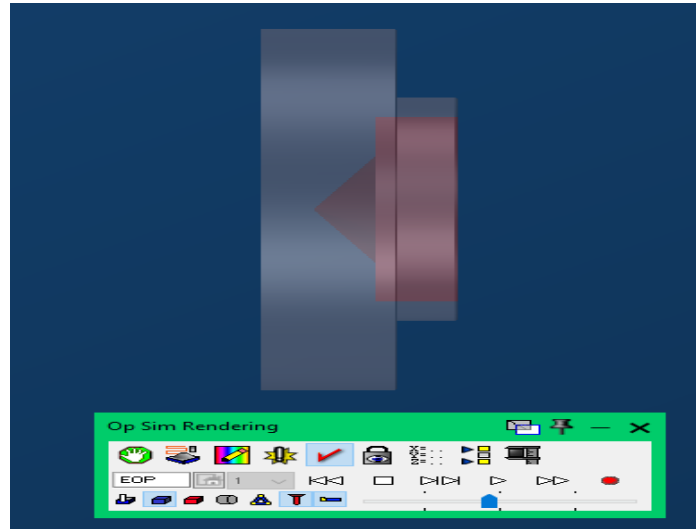
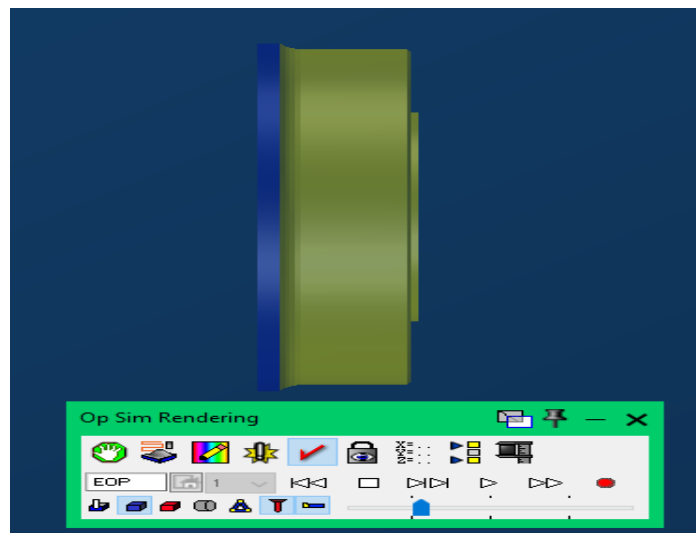


Ilustración 89 Dibujo brida CNC



*Ilustración 90 Simulación brida cara A*



*Ilustración 91 Simulación brida cara B*

## 15 TIEMPO DE OPERACIONES

Se tomarán todos los tiempos desde que la materia prima es seleccionada para cortarse según las longitudes de los planos de fabricación, posteriormente se mecanizan en el torno o la fresa, y finalmente, en su caso, se taladran y se sueldan.

| TIEMPOS DE OPERACIÓN SEGÚN PIEZA |             |            |              |
|----------------------------------|-------------|------------|--------------|
| PIEZA                            | OPERACIONES | TIEMPO (s) | TIEMPO (min) |
| CAMISA                           | CORTE       | 120        | 2            |
|                                  | MECANIZADO  | 1200       | 20           |
|                                  | SOLDADURA   | 200        | 3.333333333  |
|                                  | TALADRO     | 60         | 1            |
| VÁSTAGO                          | CORTE       | 160        | 2.666666667  |
|                                  | MECANIZADO  | 1100       | 18.33333333  |
| GUÍA                             | CORTE       | 100        | 1.666666667  |
|                                  | MECANIZADO  | 1300       | 21.66666667  |
| 17099999TAPA                     | CORTE       | 100        | 1.666666667  |
|                                  | MECANIZADO  | 500        | 8.333333333  |
|                                  | SOLDADURA   | 200        | 3.333333333  |
| PISTÓN                           | CORTE       | 130        | 2.166666667  |
|                                  | MECANIZADO  | 850        | 14.16666667  |
| BRIDA                            | CORTE       | 180        | 3            |
|                                  | MECANIZADO  | 700        | 11.66666667  |
|                                  | FRESADO     | 500        | 8.333333333  |
|                                  | TOTAL       | 7400       | 123.3333333  |

Los tiempos de montaje del cilindro se detallan desde que se tiene el conjunto de piezas ya soldadas y mecanizadas listas para montar y precintar. Para el cálculo de los tiempos se ha

tenido en cuenta el tipo de cilindro ya que mientras más grande sea, más complicado la maniobrabilidad de este, además la dificultad de empleo de cada herramienta varía en función del montaje, por lo que se ha cronometrado el tiempo de montaje de varios cilindros de iguales características y se ha sacado un valor intermedio para el tiempo de montaje. De igual manera la limpieza del cilindro depende de la soldadura ya que muchas veces quedan gotas por lo que se debe pasar la radial para que la superficie quede lisa, de igual forma se ha sacado un valor medio del tiempo que lleva realizar esta operación. Para la pintura, el cilindro previamente probado se limpia con disolvente, el tiempo que se tarda depende de la longitud del cilindro, pero se ha hecho un estimado para la pintura y luego se deja en reposo para que la pintura seque por completo.

| TIEMPOS DE MONTAJE |                   |            |              |
|--------------------|-------------------|------------|--------------|
| PIEZA              | OPERACIONES       | TIEMPO (s) | TIEMPO (min) |
| CAMISA             | LIMPIEZA          | 120        | 2            |
|                    | REPASO            | 210        | 3.5          |
| VÁSTAGO            | MONTAJE           | 300        | 5            |
| GUÍA               | MONTAJE DE JUNTAS | 180        | 3            |
|                    | MONTAJE           | 180        | 3            |
| PISTÓN             | MONTAJE DE JUNTAS | 60         | 1            |
|                    | MONTAJE           | 180        | 3            |
| CILINDRO           | PRUEBA            | 300        | 5            |
|                    | PINTURA Y SECADO  | 1200       | 20           |
|                    | EMBALAJE          | 200        | 3.333333333  |
|                    | TOTAL             | 2930       | 48.83333333  |

## 16 PRESUPUESTO

El presupuesto del cilindro se tomará en cuenta desde el momento que se comienza a realizar el cálculo hasta el embalaje, teniendo en cuenta todos los procesos llevados a cabo y las etapas que ha seguido para conseguir el producto final.

| TIEMPOS DE PERSONAL |                     |             |             |               |
|---------------------|---------------------|-------------|-------------|---------------|
| PERSONAL            | TRABAJO             | Coste (€/h) | TIEMPO (h)  | Inversión (€) |
| INGENIERO           | CÁLCULO             | 13.82       | 2           | 27.64         |
|                     | DISEÑO              | 13.82       | 2           | 27.64         |
|                     | PROGRAMAS CNC       | 13.82       | 3           | 41.46         |
| OPERARIO 1          | CORTE               | 9.78        | 0.22        | 2.15          |
| OPERARIO 2          | MECANIZADO          | 9.78        | 1.725       | 16.87         |
| OPERARIO 3          | SOLDADURA           | 9.78        | 0.055555556 | 0.54          |
| OPERARIO 4          | MONTAJE             | 9.78        | 0.341666667 | 3.34          |
|                     | PRUEBA              | 9.78        | 0.083333333 | 0.82          |
|                     | PINTURA             | 9.78        | 0.333333333 | 3.26          |
|                     | EMBALAJE PARA ENVIO | 9.78        | 0.055555556 | 0.54          |
| TOTAL               |                     |             | 9.813888889 | 124.26        |

De igual manera se detallarán los precios de la materia prima y las juntas utilizadas para la fabricación del cilindro hidráulico.

| MATERIAL |                           |               |              |             |            |
|----------|---------------------------|---------------|--------------|-------------|------------|
| PIEZA    | MATERIAL                  | DIÁMETRO (mm) | LONGITUD (m) | COSTE (€/m) | PRECIO (€) |
| CAMISA   | TUBO LAPEADO AISI-1024    | TUBO 63/75    | 0.523        | 59.44       | 31.08712   |
| VÁSTAGO  | BARRA CROMADA ACERO F1140 | 36            | 0.595        | 38.38       | 22.8361    |
| GUÍA     | FUNDICIÓN                 | 75            | 0.068        | 154.35      | 10.4958    |
| PISTÓN   | REDONDO CALIBRADO ACERO   | 65            | 0.046        | 115.92      | 5.33232    |
| TAPA     | REDONDO CALIBRADO ACERO   | 75            | 0.022        | 140.32      | 3.08704    |
| BRIDA    | REDONDO LAMINADO ACERO    | 150           | 0.043        | 651         | 27.993     |
|          |                           |               |              | Total       | 100.83138  |

| JUNTAS                |          |              |            |
|-----------------------|----------|--------------|------------|
| PIEZA                 | UNIDADES | COSTE (€/ud) | PRECIO (€) |
| RASCADOR              | 1        | 0.9          | 0.9        |
| COLLARÍN              | 1        | 0.95         | 0.95       |
| TÓRICA                | 1        | 0.29         | 0.29       |
| TÓRICA + ARO DE APOYO | 1        | 0.48         | 0.48       |
| GUÍA                  | 2        | 0.26         | 0.52       |
| JUNTA PISTÓN          | 1        | 1.43         | 1.43       |
|                       |          | TOTAL        | 4.57       |

## 17 VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se ha realizado un estudio del coste de fabricación del cilindro hidráulico y se ha añadido el beneficio para que sea rentable. Para ello se ha comparado los precios del mercado actual y así poder definir un coste competitivo.

Para obtener el precio de fabricación del cilindro se sumaron todos los costes totales del apartado 16. PRESUPUESTO, para obtener el total.

| PRECIO FABRICACIÓN CILINDRO |           |
|-----------------------------|-----------|
| DESCRIPCIÓN                 | COSTE (€) |
| TIEMPO INVERTIDO PERSONAL   | 124.26    |
| MATERIAL                    | 100.83138 |
| JUNTAS                      | 4.57      |
| TOTAL                       | 229.66    |



El valor total de la fabricación del cilindro es de 229.66 euros, el precio de un cilindro de similares características en el mercado actual es de aproximadamente 320 euros por lo que se ha fijado el precio en 309 euros con lo que se obtendría un beneficio de un 34.5% para la empresa.

## 18 CONCLUSIONES

Para concluir este proyecto se mencionará las etapas más importantes del proyecto.

Normalmente cuando se diseña un cilindro se parte desde cero, hay que tener en cuenta los requerimientos del cliente y , en su caso, plantear varias soluciones que puedan solventar dicho requerimiento, además, de proporcionar información que pueda ser de ayuda para la elección del tipo.

Para el diseño del cilindro se busca que la mayor parte de piezas sean estándar según cada empresa para disminuir tiempos y costes de fabricación al tener las piezas en almacén. Durante la etapa de montaje se busca que todas las piezas encajen de manera correcta y evitar forzar alguna de estas debido a que pueden romperse (ya sea las juntas o dañar el hilo de rosca), en este caso, el precio aumentaría ya que se tendría que fabricar nuevas piezas o comprar nuevas juntas.

La fabricación de un cilindro es mucho más rentable si se fabrica desde cero, es decir, comprando la materia prima y fabricándolo por cuenta propia.

## 19 BIBLIOGRAFÍA

[1].*FUNDAMENTOS DE HIDRÁULICA - PDF descargar libre.* (s. f.).

<https://docplayer.es/226851121-Fundamentos-de-hidraulica.html>

[2].Hylinders Solutions S.L. (2019, 30 enero). *Fabricacion Cilindros hidráulicos, minicentrales y grupos hidráulicos.* HYLINDERS SOLUTIONS S.L.

<https://hylinders.es/>

- [3]. *Interseal*. (s. f.-a). <https://www.interseal.com/es-es/>
- [4]. *Interseal*. (s. f.-b). <https://www.interseal.com/es-es/productos/estanqueidad/>
- [5]. Palub. (2020). Explicación sobre el índice de viscosidad de un lubricante. *Q8Oils*.  
<https://www.q8oils.com/es/energia/viscosity-index>
- [6]. *Tubo lapeado, barra cromada y equipo hidráulico*. (s. f.). Provectus Hydraulica S.L. <https://www.provectus.es/es/>
- [7]. SHAEFER., XASENA., ANTOLOVICK., SANDERS., WARNER. “Ciencia y Diseño de Materiales para Ingeniería”. Ed CECSA, México, 2000, 796P.
- [8]. MANGONON PAT. L “Ciencia de Materiales: Selección y Diseño”, Ed Prentice Hall, México, 2001, 776.p.
- [9]. *AENOR: la marca que crea confianza entre personas y empresas*. (s. f.).  
<https://www.aenor.com/>

## ANEXO 2 PLIEGO DE CONDICIONES

## ÍNDICE

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 1      | OBJETIVO.....                               | 92  |
| 2      | Disposiciones Generales .....               | 92  |
| 2.1    | FUERZA MÁXIMA EJERCIDA POR EL CILINDRO..... | 92  |
| 2.2    | NORMATIVA APLICADA.....                     | 92  |
| 2.2.1  | UNE-EN ISO 9001.....                        | 94  |
| 2.2.2  | UNE-EN 10020.....                           | 95  |
| 2.2.3  | DIN ISO 5597.....                           | 96  |
| 2.2.4  | DIN ISO 3320.....                           | 97  |
| 2.2.5  | DIN ISO 3601.....                           | 98  |
| 2.2.6  | DIN ISO 3448.....                           | 98  |
| 2.2.7  | UNE EN ISO 21920.....                       | 99  |
| 2.2.8  | DIN ISO 6547.....                           | 100 |
| 2.2.9  | DIN ISO 6195.....                           | 101 |
| 2.2.10 | DIN ISO 6547.....                           | 102 |
| 2.3    | CONDICIONES DE TRABAJO .....                | 102 |
| 2.4    | ALMACENAJE Y MANTENIMIENTO.....             | 103 |
| 2.5    | PIEZAS DEL CILINDRO.....                    | 104 |
| 2.6    | MATERIALES UTILIZADOS .....                 | 104 |
| 2.6.1  | CAMISA.....                                 | 105 |
| 2.6.2  | VÁSTAGO .....                               | 105 |
| 2.6.3  | GUÍA.....                                   | 105 |
| 2.6.4  | PISTÓN Y TAPA .....                         | 105 |
| 2.6.5  | BRIDA.....                                  | 105 |

## ÍNDICE ILUSTRACIONES

|  |     |
|--|-----|
| Ilustración 1 UNE-EN ISO 9001 .....                      | 95  |
| Ilustración 2 UNE-EN ISO 10020 .....                     | 96  |
| Ilustración 3 ISO 5597 .....                             | 97  |
| Ilustración 4 ISO 3320 .....                             | 97  |
| Ilustración 5 ISO 3601 .....                             | 98  |
| Ilustración 6 ISO 3348 .....                             | 99  |
| Ilustración 7 UNE-EN ISO 21920 .....                     | 100 |
| Ilustración 8 ISO 6547 .....                             | 101 |
| Ilustración 9 ISO 6195 .....                             | 102 |
| Ilustración 10 ISO 6547 .....                            | 102 |
| Ilustración 11 Condiciones de trabajo del cilindro ..... | 103 |
| Ilustración 12 Descripción de piezas del cilindro .....  | 104 |

## 20 OBJETIVO

El objetivo de este presente documento es dar a conocer el funcionamiento de un cilindro hidráulico diseñado a partir de ciertos requisitos solicitados por parte del cliente, especificando características, materiales utilizados en el proceso de fabricación, normativa aplicada para el diseño condiciones de trabajo, entro otros. Además, se detallarán responsabilidades que se deben cumplir para garantizar el correcto funcionamiento del cilindro.

## 21 Disposiciones Generales

### 21.1 FUERZA MÁXIMA EJERCIDA POR EL CILINDRO

La fuerza máxima ejercida por el cilindro depende de la presión de trabajo dentro del cilindro y de la sección, en este caso como se requiere que el cilindro pueda superar una fuerza de 41202 Newtons por lo que tras haber realizado una serie de cálculos se ha seleccionado un diámetro de 63 milímetros de camisa interior, logrando así sobrepasar la fuerza requerida, aplicando una fuerza máxima de 6355,24 kilogramos.

Evitar por cualquier motivo exceder la fuerza máxima debido a que el cilindro ha sido diseñado para soportar este esfuerzo, en el caso de superar la fuerza máxima puede generarse un mal funcionamiento del cilindro comprometiendo la integridad de este, y en el peor de los casos pandeo del vástago hasta el punto de llegar a la rotura.

$$F_{requerida} = 41202(N) \approx 4200 (Kg)$$

$$Fuerza\ real\ de\ salida = 62344,91 (N) \approx 6355,24 (Kg)$$

### 21.2 NORMATIVA APLICADA

A continuación, se detalla la normativa vigente aplicada para el diseño del cilindro hidráulico.

- UNE-EN ISO 9001: Sistemas de gestión de calidad.- Esta norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad cuando una organización necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios, además, para empresas que aspiren aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente, el aspecto legal y reglamentario aplicable.
- UNE-EN 10020: En España es la norma que regula la clasificación de los aceros.
- DIN ISO 5597: Potencia de fluido hidráulico. Cilindros. Dimensiones y tolerancias de los alojamientos para sellos de vástago y pistón de simple efectos en aplicaciones recíprocas.
- DIN ISO 3320: Cylinder bores and piston rod diameters and area ratios — Metric series
- DIN ISO 3601: Fluid power systems - O-rings - Part 1: Inside diameters, cross-sections, tolerances and designation codes
- DIN ISO 51519: ISO viscosity classification for industrial liquid lubricants.
- UNE-EN ISO 21920: Indication of surface texture in technical product documentation: establece que el acabado de una superficie se indica según el valor máximo de la rugosidad superficial ( $R_{\text{máx}}$ ) o bien, mediante la rugosidad media ( $R_a$ ).
- DIN ISO 6547: Determina los alojamientos para juntas de pistones con guías integradas.
- DIN ISO 6195: Establece los alojamientos para rascadores.
- DIN ISO 6547: Detalla los alojamientos para juntas de baja fricción, compuestas de un anillo de deslizamiento en PTFE y una junta de elastómero para el apriete del anillo de PTFE.

### 21.2.1 UNE-EN ISO 9001

Esta Norma Internacional se basa en los principios de la gestión de la calidad descritos en la Norma ISO 9000. Las descripciones incluyen una declaración de cada principio, una base racional de por qué el principio es importante para la organización, algunos ejemplos de los beneficios asociados con el principio y ejemplos de acciones típicas para mejorar el desempeño de la organización cuando se aplique el principio.

Los principios de la gestión de la calidad son:

- enfoque al cliente;
- liderazgo;
- compromiso de las personas;
- enfoque a procesos;
- mejora;
- toma de decisiones basada en la evidencia;
- gestión de las relaciones



**UNE-EN ISO 9001**

# norma española

**Septiembre 2015**

---

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>TÍTULO</b>          | <b>Sistemas de gestión de la calidad</b><br><br><b>Requisitos</b><br><br>(ISO 9001:2015)<br><br><i>Quality management systems. Requirements. (ISO 9001:2015).</i><br><i>Systèmes de management de la qualité. Exigences. (ISO 9001:2015).</i> |
| <b>CORRESPONDENCIA</b> | Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 9001:2015, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 9001:2015.   |
| <b>OBSERVACIONES</b>   | Esta norma anula y sustituye a las Normas UNE-EN ISO 9001:2008 y UNE-EN ISO 9001:2008/AC:2009.  |
| <b>ANTECEDENTES</b>    | Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 66 <i>Gestión de la calidad y evaluación de la conformidad</i> cuya Secretaría desempeña AENOR.  |

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 30790:2015

© AENOR 2015  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR** Asociación Española de Normalización y Certificación

Génova, 6 info@aenor.es Tel.: 902 102 201  
28004 MADRID-España www.aenor.es Fax: 913 104 032

43 Páginas

Ilustración 92 UNE-EN ISO 9001

### 21.2.2 UNE-EN 10020

Esta norma europea define el término acero y establece:

- la clasificación, según la composición química en aceros no aleados, aceros inoxidables y otros aceros aleados;
- la clasificación de los aceros no aleados, de los aceros inoxidables, y de los otros aceros aleados, en función de las principales clases de calidad definidas según las principales características de sus propiedades y de su aplicación.

# norma española

UNE-EN 10020

Febrero 2001

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>TÍTULO</b>          | <b>Definición y clasificación de los tipos de aceros</b><br><br><i>Definition and classification of grades of steel.</i><br><i>Définition et classification des nuances d'acier.</i>   |
| <b>CORRESPONDENCIA</b> | Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 10020 de marzo 2000.  |
| <b>OBSERVACIONES</b>   | Esta norma anula y sustituye a las Normas UNE 36004 de mayo 1989, que a su vez adoptaba la Norma Europea EN 10020:1988, y la Norma UNE 36004 1M de enero 1992, que a su vez adoptaba la Norma Europea EN 10020:1988/AC:1991. |
| <b>ANTECEDENTES</b>    | Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 36 <i>Siderurgia</i> cuya Secretaría desempeña CALIDAD SIDERÚRGICA, S.R.L.  |

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 4166:2001

© AENOR 2001  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00  
Fax 91 310 40 32

10 Páginas

**Grupo 9**

*Ilustración 93 UNE-EN ISO 10020*

## 21.2.3 DIN ISO 5597

Hydraulic fluid power — Cylinders — Dimensions and tolerances of housings for single-acting piston and rod seals in reciprocating applications



## ISO 5597:2018

Hydraulic fluid power — Cylinders — Dimensions and tolerances of housings for single-acting piston and rod seals in reciprocating applications

Transmissions hydrauliques — Vérins — Dimensions et tolérances des logements de joints d'étanchéité pour pistons et tiges de piston à simple effet dans les applications à mouvement alternatif

Fecha: 2018-04-25 / **Published**

ICS: 23.100.20 - Cylinders.

Comité: ISO/TC 131/SC 7 - Sealing devices

Relación con otras normas ISO: Anula a: ISO 5597:2010

*Ilustración 94 ISO 5597*

### 21.2.4 DIN ISO 3320

Fluid power systems and components - Cylinder bores and piston rod diameters and area ratios - Metric series (ISO 3320:2013) This document establishes a metric series of cylinder bore and piston rod diameters for hydraulic and pneumatic cylinders and specifies for each pair of diameters a corresponding standard ratio between the useful areas.



## DIN ISO 3320:2016-01

Fluid power systems and components - Cylinder bores and piston rod diameters and area ratios - Metric series (ISO 3320:2013)

Transmissions et composants hydrauliques et pneumatiques - Alésages des vérins et diamètres des tiges de piston et rapports de surface - Série métrique (ISO 3320:2013)

Fluidtechnik - Durchmesser von Zylinderbohrungen und Kolbenstangen sowie Flächenverhältnisse - Metrische Reihe (ISO 3320:2013)

Fecha: 2016-01 / **Active**

Idiomas Disponibles: Inglés, Alemán

ICS: 23.100.20 - Cylinders

Equivalencias internacionales: ISO 3320 (2013-12)

Relación con otras normas DIN: Reemplaza a: DIN ISO 3320 (2001-08)

Reemplaza a: DIN ISO 3320 (2015-02)

Reemplaza a: DIN ISO 7181 (2001-08)

*Ilustración 95 ISO 3320*


### 21.2.5 DIN ISO 3601


Fluid power systems - O-rings - Part 1: Inside diameters, cross-sections, tolerances and designation codes (ISO 3601-1:2012 + Cor. 1:2012 + Amd.1:2019); Text in German and English / Note: Date of issue 2022-07-22\*Intended as replacement for DIN ISO 3601-1 (2013-11).


This document specifies the inside diameters, cross-sections, tolerances and designation codes for O-rings used in fluid power systems for general industrial and aerospace applications. The ISO 3601 series of standards basically addresses O-rings with moulded cross-sections without a radial joint. The dimensions and tolerances specified in this document are suitable for any elastomeric material, provided that suitable tooling is available.



#### DIN ISO 3601-1:2022-08

 Fluid power systems - O-rings - Part 1: Inside diameters, cross-sections, tolerances and designation codes (ISO 3601-1:2012 + Cor. 1:2012 + Amd.1:2019); Text in German and English / Note: Date of issue 2022-07-22\*Intended as replacement for DIN ISO 3601-1 (2013-11).

 Transmissions hydrauliques et pneumatiques - Joints toriques - Partie 1: Diamètres intérieurs, sections, tolérances et codes d'identification dimensionnelle (ISO 3601-1:2012 + Cor. 1:2012 + Amd.1:2019); Texte en allemand et anglais / Attention: Date de parution 2022-07-22\*Prévu pour remplacer DIN ISO 3601-1 (2013-11).

 Fluidtechnik - O-Ringe - Teil 1: Innendurchmesser, Schnurstärken, Toleranzen und Bezeichnung (ISO 3601-1:2012 + Cor. 1:2012 + Amd.1: 2019); Text Deutsch und Englisch / Achtung: Erscheinungsdatum 2022-07-22\*Vorgesehen als Ersatz für DIN ISO 3601-1 (2013-11).

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Fecha:</b>                         | 2022-08 / <span style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">Active</span>         |
| <b>Idiomas Disponibles:</b>           | Bilingüe   |
| <b>ICS:</b>                           | 23.100.60 - Filters, seals and contamination of fluids   |
| <b>Equivalencias internacionales:</b> | ISO 3601-1 (2012-03)<br>ISO 3601-1 Technical Corrigendum 1 (2012-07)<br>ISO 3601-1 AMD 1 (2019-09) |

*Ilustración 96 ISO 3601*


### 21.2.6 DIN ISO 3448

Lubricants; ISO viscosity classification for industrial liquid lubricants.



## DIN ISO 3448:2010-02

 Industrial liquid lubricants - ISO viscosity classification (ISO 3448:1992)

 Lubrifiants liquides industriels - Classification ISO selon la viscosité (ISO 3448:1992)

 Flüssige Industrie-Schmierstoffe - ISO-Viskositätsklassifikation (ISO 3448:1992)

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Fecha:</b>                         | 2010-02 / <span style="background-color: green; color: white; padding: 2px;">Active</span> |
| <b>Idiomas Disponibles:</b>           | Inglés, Alemán   |
| <b>ICS:</b>                           | 75.100 - Lubricants, industrial oils and related products                                  |
| <b>Equivalencias internacionales:</b> | ISO 3448 (1992-09)   |
| <b>Relación con otras normas DIN:</b> | Reemplaza a: DIN 51519 (1998-08)<br>Reemplaza a: DIN ISO 3448 (2009-03)                    |

*Ilustración 97 ISO 3348*

### 21.2.7 UNE EN ISO 21920

Especificación geométrica de productos (GPS). Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos.

Este documento especifica las reglas para la indicación de la calidad superficial por el método del perfil en la documentación técnica de los productos mediante símbolos gráficos.



Norma Española  
**UNE-EN ISO 21920-1**  
Junio 2023

Especificación geométrica de productos (GPS)  
Calidad superficial: Método del perfil  
Parte 1: Indicación de la calidad superficial  
(ISO 21920-1:2021)

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 82 *Metrología y calibración*, cuya secretaría desempeña CEM.



*Ilustración 98UNE-EN ISO 21920*

21.2.8 DIN ISO 6547

Hydraulic fluid power-cylinder; piston seal housings incorporating bearing rings; dimensions and tolerances.



## DIN ISO 6547:1983-06

🇬🇧 Hydraulic fluid power-cylinder; piston seal housings incorporating bearing rings; dimensions and tolerances

🇫🇷 Transmissions hydrauliques; vérins; logements de joint d'étanchéité à bagues de guidage pour pistons; dimensions et tolérances

🇩🇪 Fluidtechnik; Hydraulik; Einbauträume für Kolbendichtungen mit Führungsringen; Maße und zulässige Abweichungen

|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Fecha:                         | 1983-06 / <span>Active</span> |
| Idiomas Disponibles:           | Alemán                        |
| ICS:                           | 21.140 - Seals, glands        |
| Equivalencias internacionales: | ISO 6547 (1981-08)            |

*Ilustración 99 ISO 6547*

### 21.2.9 DIN ISO 6195

Fluid power systems and components - Cylinder-rod wiper-ring housings in reciprocating applications - Dimensions and tolerances (ISO 6195:2013)

Wiper rings are used to prevent ingress of contaminants into fluid power components and systems and thereby to protect the seals and bearings within the fluid power equipment. ISO 6195 specifies the dimensions and tolerances of housings for wiper rings used in reciprocating rod applications for fluid power cylinders. For five different types of wiper rings, the housing design as well as dimensions, tolerances and surface roughnesses are defined. The range of rod diameters is from 4 mm to 360 mm. This standard contains the German edition of ISO 6195:2013 which was developed by the Technical Committee ISO/TC 131 Fluid power systems.



## DIN ISO 6195:2018-10

🇬🇧 Fluid power systems and components - Cylinder-rod wiper-ring housings in reciprocating applications - Dimensions and tolerances (ISO 6195:2013)

🇫🇷 Transmissions hydrauliques et pneumatiques - Logements de joint racleurs pour tiges de piston à mouvement linéaire de vérins - Dimensions et tolérances (ISO 6195:2013)

🇩🇪 Fluidtechnik - Einbauräume für Abstreifer für hin- und hergehende Anwendungen in Zylindern - Maße und Grenzabmaße (ISO 6195:2013)

Fecha: 2018-10 / **Active**

Idiomas Disponibles: Inglés, Alemán

ICS: 23.100.20 - Cylinders

Equivalencias internacionales: ISO 6195 (2013-02)

Relación con otras normas DIN: Reemplaza a: DIN ISO 6195 (2009-03)

Reemplaza a: DIN ISO 6195 (2015-02)

*Ilustración 100 ISO 6195*

### 21.2.10 DIN ISO 6547

Hydraulic fluid power-cylinder; piston seal housings incorporating bearing rings; dimensions and tolerances.



## DIN ISO 6547:1983-06

🇬🇧 Hydraulic fluid power-cylinder; piston seal housings incorporating bearing rings; dimensions and tolerances

🇫🇷 Transmissions hydrauliques; vérins; logements de joint d'étanchéité à bagues de guidage pour pistons; dimensions et tolérances

🇩🇪 Fluidtechnik; Hydraulik; Einbauräume für Kolbendichtungen mit Führungsrings; Maße und zulässige Abweichungen

Fecha: 1983-06 / **Active**

Idiomas Disponibles: Alemán

ICS: 21.140 - Seals, glands

Equivalencias internacionales: ISO 6547 (1981-08)

*Ilustración 101 ISO 6547*

### 21.3 CONDICIONES DE TRABAJO



A continuación, se detallan las condiciones de trabajo del cilindro hidráulico, teniendo en cuenta que dependen del diseño de cada cilindro y de la elección de juntas de estanqueidad.

| CARACTERÍSTICAS             |                                    |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
|-----------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|
| Norma                       | ISO - 3320                         |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Tipo de construcción        | Tapas y fijaciones soldadas        |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Presión mínima              | 15 bar                             |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Presión nominal             | 210 bar                            |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Presión de prueba           | 250 bar                            |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Posición de montaje         | s/pedido                           |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Temperatura ambiente        | -20°C + 80°C con juntas tipo M     |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Temperatura de fluido       | -20°C + 80°C con juntas tipo M     |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Fluido                      | Aceite mineral CETOP RP 91 - H     |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Viscosidad                  | 12...90 m.m./s                     |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Filtración                  | Grado de filtración según NAS 1638 |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Tipo de estanqueidad        | Ver código para pedido             |       |       |       |       |       |       |        |         |         |
| Ø Camisa - Pistón (m/m)     | 32                                 | 40    | 50    | 63    | 80    | 100   | 125   | 160    | 200     | 250     |
| Ø Vástago                   | 16                                 | 22/28 | 28/36 | 36/45 | 45/56 | 56/70 | 70/90 | 90/110 | 110/140 | 140/180 |
| Velocidad max. (m/s) tipo M | 0,5                                |       |       | 0,4   |       |       | 0,25  |        |         |         |
| Velocidad max. (m/s) tipo T | 1                                  |       |       |       |       |       | 0,7   |        |         |         |
| Tolerancia de carrera       | Según tablas anteriores -T-        |       |       |       |       |       |       |        |         |         |

Ilustración 102 Condiciones de trabajo del cilindro

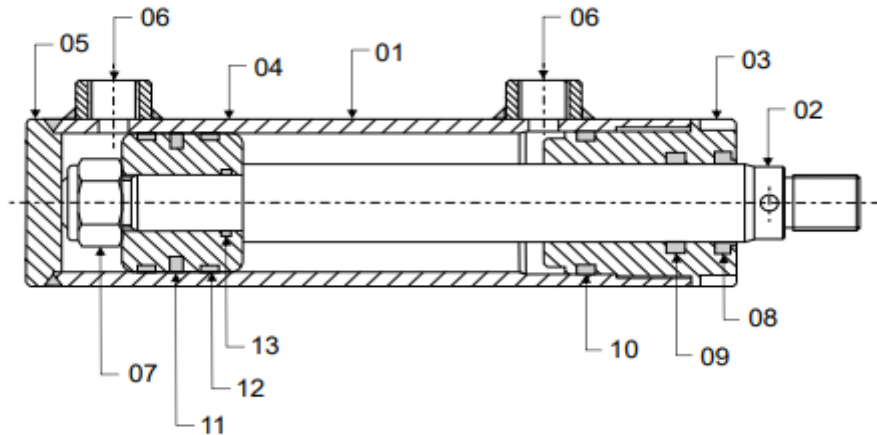
## 21.4 ALMACENAJE Y MANTENIMIENTO

Para garantizar una vida larga a los cilindros, HYLINDERS recomienda seguir cuidadosamente las siguientes reglas de mantenimiento:

- Almacenar los cilindros en un ambiente cerrado, seco, en posición vertical con el vástago hacia arriba para reducir la posibilidad de producirse corrosión interna debido a la condensación.
- Los vástagos, las roscas, los centrajés y todos los accesorios aplicados al vástago y a la cabeza deben protegerse no sólo de los agentes agresivos sino también de los golpes que pueden comprometer su funcionalidad.
- Los tapones de protección montadas en las conexiones no deben ser retirados hasta que no se instale el cilindro, para prevenir la introducción de suciedad y cuerpos extraños en el mismo.
- Después de la instalación, el cilindro debe verificarse periódicamente para asegurarse que no hay pérdidas de aceite debido al uso de las juntas o eventuales daños en las partes mecánicas. Si hay, se deben reemplazar las juntas lo más pronto posible.
- En funcionamiento, asegúrese que el vástago no gira alrededor de su propio eje. En el caso que la rotación sea necesaria, quitar la alimentación y se puede seguir con la operación.

- Los kits de juntas suministrados por HYLINDERS y también las piezas de repuesto deben almacenarse en un ambiente seco, evitando el contacto directo con fuentes de calor o la exposición directa a la luz del sol.

## 21.5 PIEZAS DEL CILINDRO



### DESCRIPCION

|    |                            |
|----|----------------------------|
| 01 | Camisa                     |
| 02 | Vástago                    |
| 03 | Guía vástago               |
| 04 | Pistón                     |
| 05 | Tapa trasera               |
| 06 | Mechón entradas aceite     |
| 07 | Tuerca autoblocante        |
| 08 | Rascador (ISO 6195/C)      |
| 09 | Junta vástago (ISO 5597/1) |
| 10 | Junta tórica + Aro apoyo   |
| 11 | Junta pistón (ISO 7425/1)  |
| 12 | Guía pistón (ISO/CD-10766) |
| 13 | Junta tórica               |

### DESCRIPTION

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| 01 | Cylinder housing                 |
| 02 | Rod                              |
| 03 | Rod guide rings                  |
| 04 | Piston                           |
| 05 | Rear cylinder head               |
| 06 | Income lock oil                  |
| 07 | Lock nut                         |
| 08 | Wiper (ISO 6195/C)               |
| 09 | Rod seal (ISO 5597/1)            |
| 10 | Dring seal                       |
| 11 | Piston seal (ISO 7425/1)         |
| 12 | Low-friction seal (ISO/CD-10766) |
| 13 | Dring seal                       |

Ilustración 103 Descripción de piezas del cilindro

## 21.6 MATERIALES UTILIZADOS

Se detallan los materiales utilizados para la fabricación de las piezas mecánicas correspondientes al cilindro hidráulico.

### 21.6.1 CAMISA

Para la camisa se utiliza un tubo lapeado de tolerancia H8 se coloca el AISI 1024.

### 21.6.2 VÁSTAGO

El vástago parte de una barra de acero cromada F1140

### 21.6.3 GUÍA

Fundición GG25

### 21.6.4 PISTÓN Y TAPA

Para el pistón se escoge el mismo material que el vástago AISI 1045, partiendo de una barra redonda calibrada.

### 21.6.5 BRIDA

Para la brida se ha escogido el mismo material que el vástago, pero partiendo de una barra redonda laminada, el material es el AISI 1045.

## ANEXO 3 PLANOS DE FABRICACIÓN

