

**ULL**

---

**Universidad  
de La Laguna**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y  
TECNOLOGÍA**

# **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**REACONDICIONAMIENTO DE MÁQUINA DE  
ENSAYO DE MATERIALES Y ADAPTACIÓN  
DE LA MISMA AL RD 1215/1997**

**L. Zohar Hernández Delgado**



# Resumen

El Trabajo de Fin de Grado que a continuación se presenta tiene como objetivo la rehabilitación de una máquina de ensayos universal antigua para su utilización en la enseñanza, siendo sus futuros usuarios los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval de la Universidad de La Laguna, en Santa Cruz de Tenerife, España.

El ensayo destructivo de materiales constituye una necesidad de conocimiento básica para cualquier profesional técnico superior. Siendo este, el método más fiable para caracterizar cualquier material con el que se cuenta en la actualidad.

La petición de reparación de la máquina corre a cargo del Dr. Federico Padrón Martín, docente de la Universidad de La Laguna, en cuya área de conocimiento, los procesos de fabricación, los ensayos de materiales son fundamentales a la hora de escoger el material idóneo.

En este Trabajo de Fin de Grado, se relatará el procedimiento de reparación del equipo, así como una introducción al funcionamiento básico de las máquinas de ensayos, su metodología para realizar dichos ensayos y una explicación del funcionamiento de la máquina la cual es objeto de este documento.

# Abstract

The final Degree Project which is presented has the objective of the restoration of an old universal test machine for teaching purposes, the future users to be the Nautical Students of the Higher Technical School of Nautical Studies, Machinery and Naval Radioelectronic Engineering of the University of La Laguna in Santa Cruz, Spain.

The destructive testing of material is a basic necessity for any professional higher level technician, this being the most trustworthy method of characterizing any material at present.

The request for repairing the machine was made by Dr. Federico Padrón Martín, lecturer at the University of La Laguna, in whose area of knowledge the processes of building and the tests on the materials are basic to choose the ideal material.

In this final year project, the procedure for repairs to the machine are described, as well as an introduction to the basic functioning of the test machines, their methodology to carry out these tests, and an explanation of the functioning of the machine, which is the aim of this document.



# Índice General

Memoria .....	
Introducción .....	1
Hoja de identificación.....	2
Objeto del trabajo .....	3
Alcance .....	4
Definiciones y abreviaturas .....	6
Antecedentes .....	8
Normas y referencias .....	11
Disposiciones legales y normas aplicadas .....	11
Bibliografía.....	11
Otras referencias .....	13
Software de cálculo y desarrollo de planos.....	14
Software de redacción.....	14
1.    Introducción a las Máquinas de Ensayos.....	15
1.1    Tipos de máquinas de ensayos.....	16
1.1.1    Máquinas mecánicas y electromecánicas .....	16
1.1.2    Máquinas hidráulicas y servohidráulicas.....	18
1.2    Medición de deformaciones.....	20
1.3    Medición de cargas.....	23
1.4    Requisitos de diseño de una máquina de ensayos.....	25
2.    Fundamentos hidráulicos .....	27
3.    Máquina universal Hoytom Lt. 1.148 .....	32
3.1.    Descripción de la máquina .....	32
3.2.    Circuito hidráulico .....	37
3.3.    Diagnóstico de la avería.....	41
.....	46
3.4.    Procedimiento de reparación.....	46
3.5.    Reposición del líquido hidráulico .....	50
3.5.1.    Elección del líquido hidráulico.....	50
3.5.2.    Procedimiento usado para la reposición.....	51
3.6.    Avería del manómetro.....	52
4.    Aplicación del RD 1215/1997 .....	55
5.    Conclusiones y limitaciones.....	59

6. Conclusions and limitations.....	60
Anexos .....	62
Índice de anexos.....	64
Manual de uso de la máquina universal Hoytom Lt. 1.148.....	66
Manual de mantenimiento.....	70
Metodología para el ensayo.....	73
Probetas para ensayos a tracción.....	73
Procedimiento de ensayo a tracción .....	76
Planos .....	81
Índice de planos.....	83

# Índice de Figuras

Figura 1. Gráficas de ensayos en materiales compuestos. Fuente: <a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> .....	4
Figura 2. Máquina electromecánica de cuatro columnas. Fuente: <a href="http://www.directindustry.es">www.directindustry.es</a> .....	18
Figura 3. Máquina de ensayos a tracción Fuente: <a href="http://spain.tensontest.com">spain.tensontest.com</a> .....	19
Figura 4. Extensómetro clip-on. Fuente: <a href="http://www.zwick.com">www.zwick.com</a> .....	21
Figura 5. Medición de deformación lineal mediante captura de vídeo. Fuente: <a href="http://www.ametektest.com">www.ametektest.com</a> .....	22
Figura 6. Medición de deformación lineal por láser. Fuente: <a href="http://www.galdabini.it">www.galdabini.it</a> .....	22
Figura 7. Regla de medición del desplazamiento del pistón. Fuente: Propia .....	23
Figura 8. Máquina de ensayos a tracción. Fuente: <a href="http://www.gotech.biz">www.gotech.biz</a> .....	24
Figura 9. Manómetro Bourdon para máquina de ensayos. Fuente: Propia.....	25
Figura 10. Adaptación a los contenedores por parte de los líquidos. Fuente: <a href="http://azwardiir.files.wordpress.com">azwardiir.files.wordpress.com</a> .....	28
Figura 11. Transmisión de fuerza en circuito hidráulico. Fuente: Propia.....	28
Figura 12. Multiplicación de fuerza en circuito hidráulico. Fuente: Propia .....	29
Figura 13. Chapa identificativa. Fuente: Propia .....	32
Figura 14. Zona de ensayos a tracción. Fuente: Propia.....	34
Figura 15. Zona de ensayos a flexión. Fuente: Propia.....	35
Figura 16. Regla de medición del desplazamiento del pistón. Fuente: Propia .....	35
Figura 17. Parte superior de la máquina Hoytom Lt. 1.148. Fuente: Propia.....	36
Figura 18. Perspectiva general de la máquina. Fuente: Propia.....	41
Figura 19. Bloque de bombeo recubierto para evitar el derrame de aceite. Fuente: Propia .....	42
Figura 20. Extracción del cilindro-pistón de bombeo. Fuente: Propia .....	44
Figura 21. Junta tórica interna del cilindro-pistón de bombeo. Fuente: Propia .....	44
Figura 22. Conducciones hidráulicas de la máquina. Fuente: Propia.....	46
Figura 23. Sello hidráulico en mal estado. Fuente: Propia .....	45
Figura 24. Anillo tórico. Fuente: Propia.....	47
Figura 25. Sellos hidráulicos (PU a la izquierda, PTFE a la derecha y en el centro). Fuente: Propia .....	47
Figura 26. Comparación de tamaño de válvula antirretorno. Fuente: Propia .....	49
Figura 27. Aceite IADA I.H.V. 68. Fuente: <a href="http://www.iada.es">www.iada.es</a> .....	50
Figura 28. Sistema utilizado para la reposición de aceite. Fuente: Propia.....	52
Figura 29. Partes de un manómetro de Bourdon. Fuente: <a href="http://www.sapiensman.com">www.sapiensman.com</a> .....	53
Figura 30. Forma básica de la probeta para ensayos a tracción de metales. Fuente: AENOR.....	74



Figura 31. Tabla de medidas mínimas para las probetas de ensayo a tracción de metales. Fuente: AENOR .....	75
Figura 32. Gráfica tensión-deformación. Fuente: Campus Virtual de la ULL (Aula virtual de Ciencia y Tecnología de Materiales) .....	77



# Memoria



## Introducción

La evolución industrial y tecnológica de la sociedad pasa por el descubrimiento de nuevos materiales y compuestos que mejoren el rendimiento de los instrumentos de los que disponemos. Es parte esencial de esta evolución, el conocimiento de las propiedades con las que cuenta un material, con el fin de un uso eficaz y eficiente de este; y para la elección de los procesos de fabricación que más se adecúen a su tratamiento.

Las magnitudes de las propiedades físicas de un material se obtienen mediante diferentes procesos de ensayo, siendo imprescindible la realización de ensayos destructivos sobre probetas del material o el compuesto a ensayar. Los equipos de trabajo encargados de realizar este tipo de ensayos, son denominados “máquina de ensayo”.

Pese a que los equipos de trabajo destinados a vislumbrar estas propiedades han avanzado en cuanto a lo que a su tecnología se refiere, las máquinas más antiguas no tienen nada que envidiar en lo que a exactitud de sus resultados se refiere. Por lo que, cualquier equipo que sea capaz de determinar las características de un material, posee un alto valor añadido que no se debe dejar escapar si no es totalmente inviable su conservación.

## Hoja de identificación

<b>Título</b>	Reacondicionamiento de máquina de ensayo de materiales y adaptación de la misma al RD 1215/1997
<b>Grado</b>	Ingeniería Mecánica
<b>Tutor/es</b>	María Hernández Molina / Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica  Federico Padrón Martín / Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación
<b>Encargado por</b>	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, Trabajo de Fin de Grado
<b>Dirección</b>	Avenida Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 38200, La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.
<b>Autor</b>	Liberto Zohar Hernández Delgado
<b>Titulación</b>	Grado en Ingeniería Mecánica
<b>DNI</b>	45854321-A
<b>Dirección</b>	C/La Estrella, 6, edif. C, bajo A, 38010, Santa Cruz de Tenerife
<b>Teléfono</b>	670460289
<b>Encargado a</b>	Liberto Zohar Hernández Delgado
<b>Fecha</b>	05/07/2017

## Objeto del trabajo

En este Trabajo de Fin de Grado (en adelante, TFG) se describe el reacondicionamiento de una máquina de ensayos de materiales de accionamiento hidráulico, de la marca Hoytom Lt., que se encuentra previamente inhabilitada.

Parte del reacondicionamiento consistirá en la adaptación de la máquina al Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

El fin perseguido es la utilización de la máquina de ensayos en la enseñanza. La máquina se encuentra en el taller mecánico de la Sección de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval de la Universidad de La Laguna (ULL) y su rehabilitación ayudaría a la comprensión por parte de los alumnos de los sistemas hidráulicos y la definición de las propiedades mecánicas de los materiales a partir de los diferentes ensayos. Debido al entorno en el cual se va a utilizar esta máquina, hay que asegurar que se encuentra en condiciones de cumplir el Real Decreto anteriormente mencionado y que su funcionamiento es correcto.

## Alcance

Una máquina universal es una máquina semejante a una prensa, con facultades para someter materiales a ensayos de tracción, compresión y flexión para medir sus propiedades.

De los resultados obtenidos mediante ensayo, se puede determinar si un material es apto o no para desarrollar una determinada actividad.

La principal aplicación de las máquinas de ensayo gira en torno al campo de la investigación, sometiendo nuevos materiales o materiales compuestos a diferentes esfuerzos, caracterizándolos. Pudiendo así, tabular sus propiedades mecánicas para considerar sus posibles aplicaciones, aportando información rutinaria acerca de la calidad de un producto al obtener medidas exactas de las propiedades fundamentales del material.

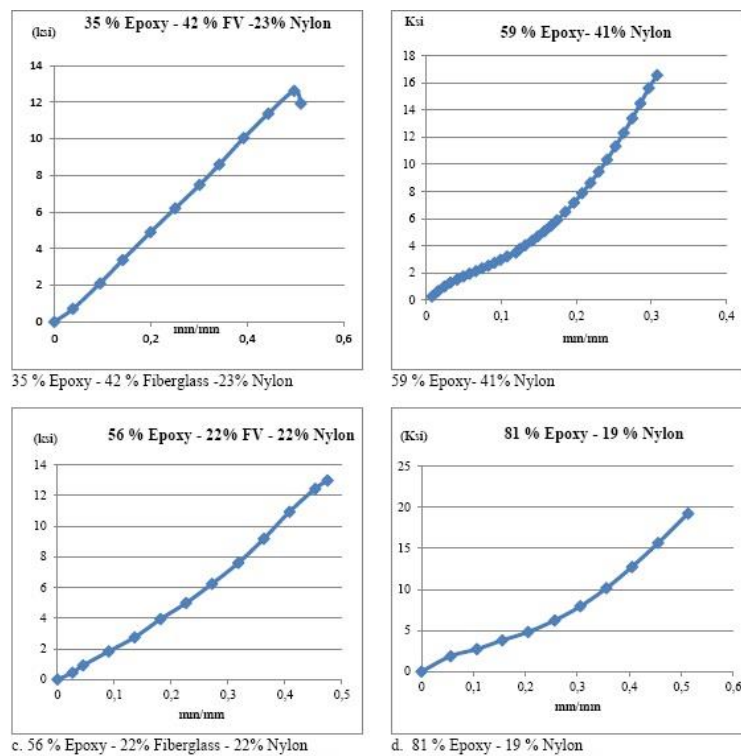


Figura 1. Gráficas de ensayos en materiales compuestos. Fuente: [www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co)



La aplicación más práctica para estas máquinas en el ámbito industrial es el análisis de probetas de materiales para certificar que cumplen las necesidades de proyecto. Verificando la aceptabilidad de los materiales tras su adquisición o su fabricación.

La utilidad final de los ensayos es la acumulación de información útil y confiable acerca de las propiedades de los materiales para un diseño efectivo y eficiente.

En este TFG se relatará la reparación de una máquina de ensayos y su funcionamiento, además del método de ensayo de materiales para esta máquina en particular.

## Definiciones y abreviaturas

**Probeta:** Pieza, de dimensiones normalizadas por norma general, la cual se somete a diferentes esfuerzos con el fin de determinar sus propiedades mecánicas

**Servohidráulico:** Sistema hidráulico que cuenta con una bomba, conectado a un servomotor, para producir la impulsión del líquido.

**Servomotor:** Motor eléctrico que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición. El sistema de control con el que cuenta, hace que sea capaz de situarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y se mantenga estable.

**Clip-on:** Mecanismo de enganche tipo “pinza”.

**Incompresibilidad:** La incompresibilidad es una característica propia de los líquidos. Responde al hecho de que la densidad de un fluido permanezca constante con el tiempo, oponiéndose a la compresión del mismo en cualquier condición. Ni la masa ni el volumen del fluido cambia antes una fuerza de compresión.

**Circlip:** Comúnmente conocido como grupilla. Es un anillo de seguridad de acero que provoca la retención de piezas cilíndricas ranuradas, como puede ser un eje.

**Niple:** Consiste en un tubo roscado en sus dos extremos. Su uso más común es el de alargamiento de tuberías.

**NBR:** Goma de nitrilo butadieno, comúnmente denominada con sus siglas o como “goma de nitrilo”.

PTFE: Politetrafluoroetileno, más conocido como “teflón”.

PU: Poliuretano.

## Antecedentes

Una máquina universal es una máquina semejante a una prensa, con facultades para someter materiales a ensayos de tracción, compresión y flexión para medir sus propiedades.

La función de la máquina de ensayos universales es la de comprobar la resistencia de diversos tipos de materiales ante diferentes esfuerzos. Para esto, se aplican cargas controladas sobre una probeta y se mide la carga que ha sido necesaria para su deformación o rotura.

Todos los ensayos que se realizan con este tipo de máquina son destructivos. Entre los tipos de ensayos, encontramos los siguientes: tracción, compresión, flexión, pelado, desgarramiento, cíclico y ductilidad a la flexión.

Algunas de las propiedades que pueden ser evaluadas mediante el análisis de los resultados obtenidos por los ensayos son: módulo de Young, límite elástico, resistencia a tracción, compresión y flexión, la dureza, la embutibilidad, la resiliencia.

Las máquinas de ensayo cuentan con dos partes esenciales:

- Un sistema para aplicar cargas sobre una probeta.
- Un sistema de medida de esa carga aplicada.

Dependiendo del diseño de la máquina, estas dos partes pueden estar separadas o formar un conjunto. Además de estas partes fundamentales, las máquinas universales cuentan con otros mecanismos accesorios, como dispositivos de agarre o apoyo para los ensayos sobre las probetas, paneles de control, registros, etc.

Algunas máquinas de ensayos son diseñadas para un solo tipo de ensayo, principalmente se tratan de máquinas para ensayos de tensión sobre cadenas o alambres o de compresión para materiales de construcción. Sin embargo, la mayoría de las máquinas de ensayos son diseñadas para someter a las probetas a ensayos de tracción, compresión y flexión, y es por esto que son llamadas “máquinas universales”.

Las máquinas de ensayos se diferencian, básicamente, por el sistema que usan para la generación de esfuerzos. Existen dos grupos claramente diferenciados:

- Las “máquinas de engrane y tornillo”, las cuales generan cargas a través de un sistema de engranajes, los cuales son accionados, generalmente, por un motor eléctrico.
- Las “máquinas hidráulicas”. Estas aplican la fuerza sobre la probeta a ensayar gracias a la presión generada por un circuito hidráulico. El líquido hidráulico puede ser impulsado por una bomba, accionada por un motor eléctrico, o de forma manual.

Las máquinas hidráulicas ofrecen una capacidad de generación de carga mucho mayor que las de engrane y tornillo.

En la actualidad, los sistemas más populares usados en las máquinas de ensayo para la generación de cargas son el “servo hidráulico” y el “electromecánico”, controlando los ensayos de forma digital y obteniendo una respuesta exacta de las deformaciones de la probeta gracias a un sistema de control.

El departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales de la ULL, situado en el campus Anchieta, cuenta con una máquina universal de accionamiento electromecánico, marca SHIMADZU, modelo AG-IS, con una capacidad de generación de esfuerzos máxima de 50 kN, cuyo coste de adquisición fue de unos 20000 €. Contando con precios base tales como este, la reparación de una máquina de estas características es totalmente preferible a la compra de una nueva.

En el caso que nos ocupa, disponemos de una máquina universal de marca Hoytom Lt. que cuenta con la capacidad de realizar ensayos de tracción, compresión, flexión y punzonamiento, siendo capaz de generar cargas controladas de hasta 20 Tnf (aproximadamente 200 kN). Esta máquina cuenta con un circuito puramente hidráulico para ejercer dicha carga, el cual es accionado de forma manual mediante un mecanismo de bomba pistón, similar a un gato hidráulico.

En este documento, se relatará la reparación de dicha máquina de ensayos, las instrucciones para su correcto uso y las recomendaciones de seguridad pertinentes a los métodos de ensayo en la misma.

## Normas y referencias

### Disposiciones legales y normas aplicadas

Con este TFG, se certificará el adecuado funcionamiento y las condiciones de seguridad necesarias para el uso de la máquina en cuestión, por lo que se deberá aplicar y se hará referencia a las siguientes normas:

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Normas de acotación: UNE 1-039-94 e ISO 129-1985

Normativa de la ULL para la redacción de Trabajos de Fin de Grado.

Norma para el ensayo de tracción de materiales metálicos a temperatura ambiente:  
UNE-EN ISO 6892-1

### Bibliografía

Felipe Fuentes Espinoza (1982). *Ensayos mecánicos en metales* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León.

G. Yaneth Moreno, J. A. López González, O. D. Malagón Mendoza y J. J. Henao Vega (2006). *Diseño y construcción de una máquina básica de ensayos destructivos de tracción y torsión* (Trabajo de Fin de Grado). Universidad de San Buenaventura.

Antonio Lara Barragán Gómez y Héctor Núñez Trejo (2007). *Física II: Un enfoque constructivista*. (1ª ed.) Madrid: Pearson.

Robert Bud y Deborah Warner (1997). *Instruments of Science: An Historical Encyclopedia*. (1ª ed.) Londres: The Science Museum, London and The National Museum of American History, Smithsonian Institution .

William D. Callister y David G. Rethwisch (2010). *Material Science and Engineering: An Introduction*. (8ª ed.) John Wiley & Sons.

CATERPILLAR (2003). *Hydraulic Fundamentals. Student Guide*.

Campus Virtual de la ULL

[www.ingenieriareal.com](http://www.ingenieriareal.com)

[www.hydraulicspneumatics.com](http://www.hydraulicspneumatics.com)

[www.engineersedge.com](http://www.engineersedge.com)

[www.admet.com](http://www.admet.com)

[www.ssi.shimadzu.com](http://www.ssi.shimadzu.com)

[www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)



## Otras referencias

[www.boe.es](http://www.boe.es)

Ficha técnica del líquido hidráulico IADA I.H.V. 68:

[http://www.iada.es/es/itc-ihv-68\\_13547.pdf](http://www.iada.es/es/itc-ihv-68_13547.pdf)

## **Software de cálculo y desarrollo de planos**

Se han utilizado varios programas para la solución de cálculos y planos contenidos en este TFG, los cuales se listan a continuación:

- Solidworks 2017
- Adobe Fusion 360
- Microsoft Excel 2016
- Autocad 2017

## **Software de redacción**

Para la redacción de este TFG y su ajuste, se han utilizado los siguientes programas:

- Microsoft Word 2016
- Adobe Acrobat
- Adobe Photoshop CS6

# 1. Introducción a las Máquinas de Ensayos

Una máquina de ensayos es, básicamente, una prensa calibrada. Es un equipo con la capacidad de someter a probetas a cargas controladas, tanto en magnitud como en velocidad, con el fin de determinar las propiedades físicas del material.

La máquina somete a los materiales a esfuerzos con la intención de llegar hasta el punto en el que se produce la rotura del material. Las propiedades que se pueden determinar mediante estos ensayos responden al esfuerzo necesario para producir la rotura y la deformación, ya sea longitudinal o trasversal, que ha sido necesaria para llegar a ese punto.

La carga a la que se somete los materiales a ensayar se puede aplicar mediante placas o mandíbulas accionadas por mecanismos de engrane y tornillo, en cuyo caso la máquina es llamada de “engrane y tornillo” o “mecánicas”. Otras máquinas de ensayo usan un sistema hidráulico, el cual empuja un pistón, para provocar la carga necesaria sobre la probeta objeto de ensayo, estas son denominadas como “máquinas hidráulicas”. La fuerza en estas máquinas puede ser aplicada de forma manual o mediante una máquina motriz (como un motor eléctrico) a una bomba o una cadena de engranes, dependiendo del sistema usado.

En la actualidad, la práctica totalidad de las máquinas de ensayo, sea cual sea su sistema de aplicación de cargas, son accionadas por motores eléctricos y los resultados de los ensayos son monitorizados y recibidos por un controlador, el cual traduce los esfuerzos y deformaciones de la probeta y los muestra a través de un monitor. La denominación para estas máquinas, con su modernización, ha cambiado. De modo que, aquellas que usan sistemas de engranajes para la transmisión de esfuerzos ahora son denominadas “máquinas electromecánicas”; mientras que, las provistas de un circuito hidráulico son llamadas “servohidráulicas”, debido a la presencia de un motor servohidráulico para accionar la bomba necesaria para la impulsión del líquido hidráulico.

En una máquina mecánica la carga es aplicada a través de un puente móvil, el cual es guiado a lo largo de dos o más columnas, comúnmente dos, que forman parte de la estructura fija de la máquina. Si el ensayo es a tracción, la carga es soportada por un puente fijo, mientras que, si el ensayo es a compresión o flexión, la carga es soportada por una mesa de trabajo de la máquina. En las máquinas de engrane y tornillo, el puente fijo o la mesa de trabajo transmiten la carga al sistema de pesaje, encargado de reflejar el esfuerzo que se está produciendo en la probeta. En el caso de las máquinas hidráulicas, la carga se aplica por medio del movimiento de un pistón, conectado al puente móvil o a la mesa de la máquina. El mecanismo de medida para los esfuerzos puede estar tanto en las partes fijas de la máquina como en las móviles.

## **1.1 Tipos de máquinas de ensayos**

Atendiendo al sistema usado por una máquina de ensayos para generar esfuerzos sobre una probeta, distinguimos dos grandes grupos:

- Máquinas mecánicas y electromecánicas.
- Máquinas hidráulicas y servohidráulicas.

### **1.1.1 Máquinas mecánicas y electromecánicas**

En las máquinas de mecánicas, un sistema de engrane y tornillo es accionado por un motor eléctrico. Este sistema de engrane y tornillo controla el movimiento del puente móvil, el cual se mueve en un eje vertical. La probeta queda sujeta por el puente móvil y el fijo o la mesa de trabajo. El puente móvil transmite la carga, generada por el motor y

transmitida por el sistema de engrane y tornillo, directamente a la probeta, generando un esfuerzo en el puente fijo o la mesa de trabajo.

Tanto el puente fijo como la mesa de trabajo, están provistos de sistemas de pesaje para la medición de cargas. Estos sistemas de pesaje, en las máquinas más antiguas, son formados por palancas calibradas provistas de contrapesos o sistemas de péndulo de lectura directa. En las máquinas más modernas, las máquinas electromecánicas están provistas de sensores resistivos que devuelven una diferencia de potencial según la fuerza exterior que se aplique sobre ellos.

En algunas máquinas de ensayo, los tornillos del sistema de engrane y tornillo son los que giran, generando un desplazamiento longitudinal de las tuercas de las que está provista el puente móvil a lo largo de ellos. En otras, son los tornillos los que se encuentran fijados al puente móvil y el movimiento es producido por unas tuercas alojadas bajo la mesa de trabajo. Cualquiera de estos dos sistemas causan efectivamente el movimiento del puente móvil.

Los tornillos de la máquina suelen estar alojados en columnas y actúan como guía. La cantidad de tornillos de los que esté provistos la máquina para apoyar el movimiento del puente móvil depende del tipo de ensayos para los que esté destinado la máquina. La presencia de dos tornillos asegura un buen funcionamiento para ensayos de tracción y transversales. Las máquinas más especializadas en ensayos compresivos suelen contar con tres y hasta cuatro tornillos, ya que, en los ensayos de compresión, si la probeta no está bien centrada en la mesa de trabajo, se pueden producir sobreesfuerzos en los tornillos, pudiendo causar su flexión. La principal desventaja de las máquinas de más de dos tornillos es la menor facilidad de acceso a la probeta que se está sometiendo a ensayo y el volumen que pueden ocupar estas en el laboratorio.

En la imagen podemos ver un ejemplo de una máquina electromecánica dedicada puramente a los ensayos de compresión. Para garantizar la estabilidad del puente móvil y

evitar sobreesfuerzos en los tornillos, la máquina está provista de cuatro columnas para estabilizar el movimiento del puente móvil.



Figura 2. Máquina electromecánica de cuatro columnas.  
Fuente: [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)

### 1.1.2 Máquinas hidráulicas y servohidráulicas

Las máquinas hidráulicas usan un circuito hidráulico sencillo para la transmisión de esfuerzos. Este circuito hidráulico ha de contar, en esencia, con dos pistones, alojados en sus respectivos cilindros, comunicados por conducciones que transportan el líquido hidráulico. La fuerza se origina en el pistón de bombeo, de dimensiones menores que el otro, produciendo una presión en el circuito hidráulico que llega al pistón principal, que es el encargado de someter la probeta a esfuerzos.

En las máquinas hidráulicas se pueden diferenciar dos tipos atendiendo a si el dispositivo de medición con el que cuenta está integrado en la máquina o es totalmente independiente. En el primero, la carga aplicada por el pistón principal es medida por la presión desarrollada dentro del circuito hidráulico, a estas las llamaremos de tipo 1, la presión desarrolla puede ser medida por un sistema pendular de lectura directa o con un manómetro, que generalmente se trata de un tubo de Bourdon en las máquinas antiguas. En las de tipo 2, el sistema de medición es totalmente independiente del resto de la máquina, cuya única conexión es un tubo hidráulico, el cual contiene una cantidad de líquido hidráulico que se desplazará según la presión que reciba el circuito hidráulico de la máquina. La mayoría de estas máquinas cuentan con varios indicadores, para cubrir diferentes rangos de cargas, como es el caso de la que podemos ver en la imagen.



Figura 3. Máquina de ensayos a tracción  
Fuente: [spain.tensontest.com](http://spain.tensontest.com)

En las máquinas más modernas, las máquinas servohidráulicas cuentan con sistemas de medición de carga por medio de dispositivos isoelásticos, los cuales traducen la presión recibida en una señal eléctrica. Esta señal eléctrica llega al controlador de la máquina que se encarga de digitalizarla y crear una salida gráfica por medio de un monitor.

## 1.2 Medición de deformaciones

Las máquinas de ensayos modernas cuentan con sistemas de medición punteros tanto para la medición de los esfuerzos como para la medición de la deformación. Para la medición de la deformación de un material, las máquinas de ensayos suelen contar con un extensómetro; este instrumento mide cambios en las dimensiones lineales de una probeta, recoge la diferencia de posición entre dos puntos de la probeta mientras esta se somete a ensayo, elaborando un histórico de su deformación con respecto al esfuerzo que la máquina está realizando, enviando los datos de posición al controlador de la máquina en todo momento. Las máquinas más antiguas, como la del presente documento, cuentan con medidores analógicos donde se esclarece cuánto se ha desplazado el pistón de la máquina durante el ensayo. Este último sistema de medición presenta varios inconvenientes, ya que cualquier instrumento de medida analógico es susceptible de su deformación con el tiempo, lo cual puede ser causado por el simple uso de la máquina (posibles roces o golpes) o por las condiciones atmosféricas en las que se encuentre. Otro gran inconveniente de los medios de medición analógico radica en la dificultad de la recogida de datos con respecto al esfuerzo, teniendo que anotar a mano en todo momento el histórico de deformación con y del esfuerzo que está realizando la máquina. Pero, como mayor inconveniente, hay que destacar la imprecisión del ojo humano en tareas que requieren precisión como esta, al usar sistemas de medición analógicos, la exactitud en la medida nunca podrá llegar al nivel de un sensor digital. A continuación, se listan los instrumentos de medida más comunes:

- Extensómetro con contacto. El extensómetro recoge las diferencias en las mediciones al mover, físicamente, los acoples de este unidos a la probeta. Para su acople, estos extensómetros pueden contar con diferentes sistemas, que pueden ser desde pinzas hasta sistemas clip-on. El error que pueden presentar estos extensómetros se mide en  $\mu\text{m}$ , con apreciaciones de  $\pm 1 \mu\text{m}$ .





Figura 4. Extensómetro clip-on. Fuente: [www.zwick.com](http://www.zwick.com)

- Extensómetro sin contacto. En este caso el extensómetro se basa en señales ópticas que recogen la deformación lineal. Los cambios dimensionales de la probeta se recogen bien por sensores ópticos o por cámaras, las cuales recogen la deformación mediante el reconocimiento automático de marcas de medición en la probeta. La apreciación de estos extensómetros no es tan buena como los que precisan de contacto, pero son necesarios a la hora de ensayar materiales extremadamente sensibles al contacto, los cuales pueden percibir deformaciones no deseadas por el simple contacto del instrumento de medición. La tolerancia presente en la medición con estos dispositivos se da en mm, lo cual puede llegar a ser relevante en el ensayo de algunos materiales, pero no para la inmensa mayoría.



Figura 5. Medición de deformación lineal mediante captura de vídeo. Fuente: [www.ametektest.com](http://www.ametektest.com)

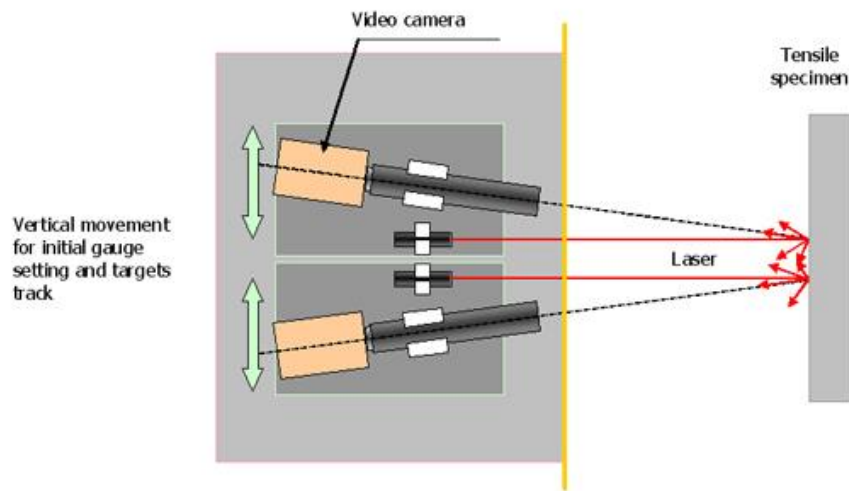


Figura 6. Medición de deformación lineal por láser. Fuente: [www.galdabini.it](http://www.galdabini.it)

- Instrumento de medición analógico. Un elemento, solidario al puente móvil, marca el desplazamiento que se ha producido en el pistón a lo largo de una superficie escalada, similar a una regla. Se puede hacer un seguimiento del esfuerzo respecto a la deformación lineal anotando a mano los datos. La precisión depende de las posibles deformaciones físicas que ha sufrido el sistema de medida.



Figura 7. Regla de medición del desplazamiento del pistón. Fuente: Propia

### 1.3 Medición de cargas

Al igual que para la medición de la deformación, los sistemas que miden el esfuerzo producido por la máquina son diversos, pero pueden ser agrupados en dos grupos. El sistema de medición en este caso varía según el sistema que use la máquina para realizar esfuerzos y lo antigua que sea:

- En el caso de las máquinas mecánicas y electromecánicas, un sensor de fuerza determina la tracción a la que es sometido el sistema de engranes de los que disponen.
- Las máquinas hidráulicas o servohidráulicas están provistas de un manómetro, el cual calcula la fuerza empleada a partir de la presión que percibe en la medición.

Tanto si se trata de una máquina electromecánica como servohidráulica, en el caso de las máquinas más modernas, el respectivo sensor devuelve una señal al sistema de control con los datos recabados, en forma de señal digital. Estos datos pueden ser mostrados a través del monitor del panel de control de la máquina, si se cuenta con él, o enviados a un ordenador externo que se conecte al controlador.



Figura 8. Máquina de ensayos a tracción. Fuente: [www.gotech.biz](http://www.gotech.biz)

Si se trata de una máquina más antigua, los datos se reflejan en un sistema analógico. La máquina cuenta con un marcador, similar a un reloj, donde la aguja cuenta con una resistencia que vence el sistema de medición, marcando la fuerza que se está ejerciendo.



Figura 9. Manómetro Bourdon para máquina de ensayos. Fuente: Propia

## 1.4 Requisitos de diseño de una máquina de ensayos

Para que las magnitudes de las propiedades obtenidas mediante ensayo con una máquina de ensayos sean fiables, hay que garantizar varios puntos, tanto en la construcción y diseño de la máquina, como durante los ensayos. Los puntos esenciales a garantizar se enuncian a continuación:

- El error en la medición de cargas aplicadas en el ensayo debe ser menor a un 1%, siendo deseable que se encuentre por debajo del 0,5%.
- La sensibilidad de los sistemas de medición debe ser alta.
- Las mordazas que sujetan la probeta deben estar perfectamente alineadas.
- Los puentes móviles sólo deben moverse en el puente vertical y en ningún caso deben estar torcidos.
- La aplicación de la carga debe ser uniforme y controlada, tanto en su magnitud como en su velocidad.
- Se deben minimizar las vibraciones externas.

Debe contar con facilidad de ajuste, permitiendo el fácil acceso a las probetas y medidores de deformación.

## 2. Fundamentos hidráulicos

Como veremos en siguientes apartados, la máquina objeto de este TFG cuenta con un circuito hidráulico para la transmisión y multiplicación de esfuerzos necesarios para someter a las probetas a ensayo. En este apartado se aportará una introducción teórica de los fundamentos sobre los que se apoya la hidráulica y sus principios.

La hidráulica es la ciencia que forma parte de la física y comprende la transmisión y regulación de fuerzas y movimientos por medio de líquidos. Hay que remarcar el concepto de que es la transformación de la energía, ya sea de mecánica o eléctrica, en hidráulica para obtener un beneficio en términos de energía mecánica al finalizar el proceso. El líquido más utilizado como fluido hidráulico es el aceite.

La principal razón de la predominancia de los sistemas hidráulicos en la transmisión de fuerzas y movimientos es la simplicidad y versatilidad de los sistemas diseñados bajo estos principios.

El fluido hidráulico no sólo actúa como un simple transmisor. Además de la transmisión de esfuerzos:

- El líquido hidráulico actúa como lubricante para los componentes del circuito.
- Estabiliza las temperaturas, actuado como refrigerante en los puntos calientes derivados de posibles fuerzas de fricción en el circuito.
- Debido a su viscosidad, y adaptabilidad a la forma del recipiente que lo contiene, el líquido hidráulico puede actuar de sello entre los intersticios que pueda haber entre las piezas móviles de un circuito, evitando el roce entre estos.

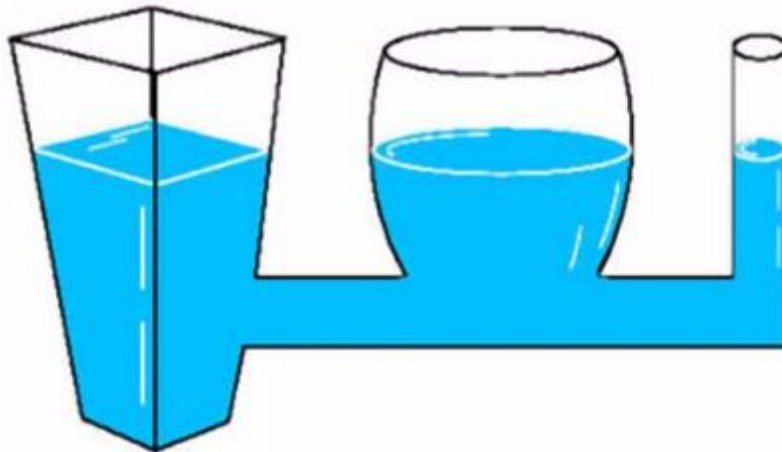


Figura 10. Adaptación a los contenedores por parte de los líquidos.  
Fuente: azwardiir.files.wordpress.com

La gran utilidad de la hidráulica viene dada porque los líquidos son materiales que toman la forma de sus contenedores y por su incompresibilidad. El aceite hidráulico, sometido a una presión de 21000 kPa, comprime su volumen entre un 0,5% y un 1,5%, esta compresión es tan poco relevante que puede considerarse completamente incompresible. Los fluidos incompresibles son perfectos transmisores y multiplicadores de fuerzas.

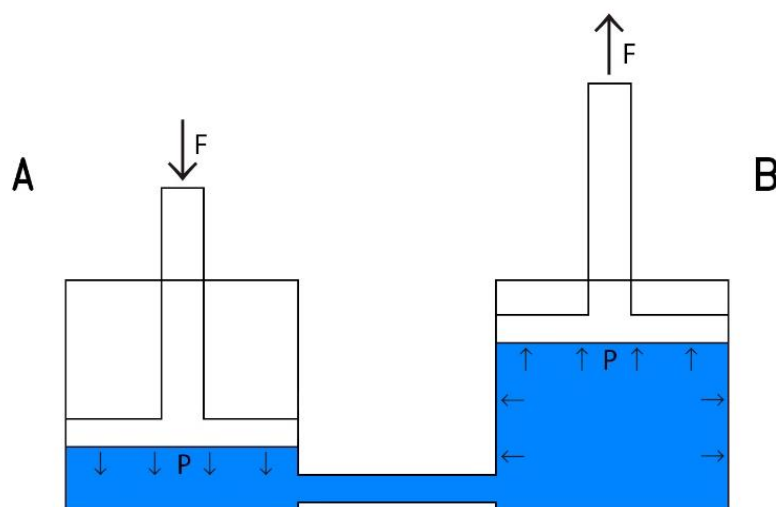


Figura 11. Transmisión de fuerza en circuito hidráulico. Fuente: Propia



Tal como describe el principio de Pascal: “la presión ejercida sobre un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido”. Debido a la incompresibilidad característica de los líquidos, la fuerza de entrada, ejercida por el pistón A (Figura 11) sobre el líquido, genera una presión que dicho líquido transmite en todas direcciones en igual magnitud. La presión transmitida por el líquido genera una fuerza de salida en el pistón B de la misma magnitud que la generada en un principio. Contando con un volumen estático de aceite, de forma que no se falseen medidas por pérdidas energéticas en las conducciones, cualquier medida manométrica tomada en cualquier punto del circuito será la misma.

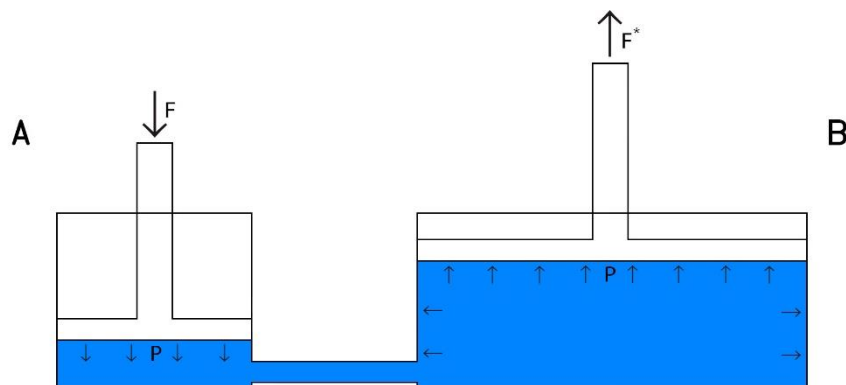


Figura 12. Multiplicación de fuerza en circuito hidráulico. Fuente: Propia

En este segundo caso (Figura 12), el área del pistón B donde actúa la presión varía respecto a la del pistón A. Teniendo en cuenta que la relación entre fuerza, presión y área donde se aplica la presión es:

$$p = \frac{F}{A} ,$$

donde:

$p$ : Presión del fluido, en  $Pa$ .

$F$ : Fuerza ejercida en el pistón, en  $N$ .

$A$ : Área de contacto del pistón con el fluido, en  $m^2$ .

Podemos concluir una expresión para cada pistón:

$$\text{A: } p = \frac{F}{A} \qquad \text{B: } p = \frac{F^*}{A^*},$$

donde:

$p$ : Presión del fluido, en  $Pa$ .

$F$ : Fuerza ejercida en el pistón A, en  $N$ .

$F^*$ : Fuerza ejercida en el pistón B, en  $N$ .

$A$ : Área de contacto del pistón A con el fluido, en  $m^2$ .

$A^*$ : Área de contacto del pistón B con el fluido, en  $m^2$ .

Sabiendo que la presión se distribuye de forma uniforme obedeciendo a la incompresibilidad del líquido, podemos igualar ambas ecuaciones, obteniendo:

$$\frac{F}{A} = \frac{F^*}{A^*},$$

$$F^* = F \cdot \frac{A^*}{A},$$

donde:

$p$ : Presión del fluido, en  $Pa$ .

$F$ : Fuerza ejercida en el pistón A, en  $N$ .

$F^*$ : Fuerza ejercida en el pistón B, en  $N$ .

$A$ : Área de contacto del pistón A con el fluido, en  $m^2$ .

$A^*$ : Área de contacto del pistón B con el fluido, en  $m^2$ .

Con lo que determinamos que la fuerza se multiplicará en la misma proporción que la relación de las áreas de los pistones.

Para que esta expresión se pueda tomar como correcta, se debe garantizar la estanqueidad del sistema, ya que, si no fuera así, la presión en el sistema dejaría de ser constante y no se transmitiría la misma fuerza al segundo pistón.

## 3. Máquina universal Hoytom Lt. 1.148

### 3.1. Descripción de la máquina

Como ya se ha señalado, el objeto de este TFG es la reparación de una máquina universal inhabilitada con el fin de su uso en la enseñanza. Dicha máquina ha sido diseñada y fabricada por la empresa Hoytom S.L., empresa española, de la provincia de Vizcaya, dedicada en exclusiva al diseño y la fabricación de máquinas de ensayo de materiales y sus accesorios.

No se sabe con exactitud la fecha de la que data la máquina, la cual se estima en la década de los sesenta. La empresa fabricante la ha descatalogado desde hace mucho tiempo y no disponen de documentación relativa a este modelo, ni tan siquiera una breve descripción técnica. La ULL tampoco cuenta con ningún tipo de documentación relacionada con la máquina. La única identificación de la que se dispone es una pequeña placa metálica unida a la máquina mediante remaches, en la cual figura la marca y un



Figura 13. Chapa identificativa. Fuente: Propia

número, el 1.148, el cual debe ser referente al modelo.

La máquina se erige sobre una base de acero rectangular de 120 mm de altura. Esta base se encuentra anclada al suelo mediante cuatro pernos con cabeza hexagonal de 50 mm. La base cuenta en sus laterales con cuatro cavidades donde están alojados dichos pernos para poder acceder a ellos.

La máquina parte desde la base en dos columnas de sección circular de acero macizo, verticales y paralelas entre sí, que actúan como estructura básica de apoyo para los dos puentes fijos de los que cuenta la máquina, los cuales llamaremos puente inferior y puente superior, atendiendo a su localización a lo largo de las columnas. El diámetro con el que cuentan las columnas, de 62,5 mm, garantiza la ausencia de flexión durante los ensayos y el correcto soporte del conjunto de la máquina.

El puente inferior, el cual interrumpe el ascenso de las columnas principales, presenta una planta poligonal de sección rectangular y con simetría respecto a los tres ejes tridimensionales. La importancia de la simetría de todos los componentes de una máquina de ensayos se debe a la necesidad de distribuir regularmente los esfuerzos que se deriven a la estructura de la máquina; si no se contara con esta simetría, se producirían momentos de fuerza y torsión diferentes tanto en los puentes como en cualquier parte de la estructura de la máquina, pudiendo llegar a la deformación de alguno de sus elementos o, incluso, a su rotura. En este puente inferior se encuentra la mordaza inferior para los ensayos de tracción. Esta mordaza cuenta con un cilindro hueco de acero negro en su interior, el interior de este cilindro es cónico, donde se apoya la probeta a ensayar, actuando como tope para no permitir el movimiento de la probeta y poderla someter a cargas longitudinales.



Figura 14. Zona de ensayos a tracción. Fuente: Propia

Inmediatamente sobre el puente inferior, encontramos el puente móvil de la máquina. Este puente consiste en una viga, un macizo de acero de sección cuadrada, el cual usa las columnas principales como guía de su movimiento en el desplazamiento vertical. El puente está anclado a otras dos columnas cilíndricas, de sección menor a las principales, por las cuales se transmite el movimiento del pistón principal, haciendo subir el puente móvil solidariamente a la salida del pistón principal. En su parte inferior se encuentra la mordaza superior para los ensayos de tracción, provista en su interior del cilindro homólogo al descrito en la mordaza inferior, está acoplada al puente alojada en un rodamiento, el cual permite la rotación de la mordaza para facilitar el acceso al cilindro interior con el fin de que la colocación de la probeta a ensayar sea más fácil. En su parte superior, el puente cuenta con una pequeña plataforma circular de acero inoxidable, llamado plato de compresión, que sirve de apoyo inferior para los ensayos a compresión. También en la zona superior, encontramos dos agujeros cilíndricos, con una profundidad de 10 mm, que actúan de anclajes para los útiles necesarios en los ensayos de flexión y punzonamiento. En el lateral derecho del puente se encuentra el marcador longitudinal, unido al puente mediante un tornillo de cabeza moleteada para facilitar su ajuste, este marcador es el encargado de marcar el desplazamiento del pistón principal en

una chapa graduada, como una regla, de 20 centímetros, que se encuentra remachada en la columna principal derecha (ver Figura 16).



Figura 15. Zona de ensayos a flexión. Fuente: Propia



Figura 16. Regla de medición del desplazamiento del pistón. Fuente: Propia

Sobre el puente móvil, encontramos el puente fijo superior. Este puente tiene exactamente la misma forma y tamaño que el inferior, atendiendo a la necesidad de una buena distribución de las cargas en la estructura de la máquina, como ya se ha mencionado. En el puente encontramos dos agujeros pasantes, equidistantes al centro del mismo, por donde pasan las columnas del puente móvil. En la parte inferior del puente se sitúa el anclaje para los útiles de flexión, compresión o funcionamiento. En el interior del puente superior está el inicio del cilindro principal. En la parte trasera se sitúa la tubería de inyección de aceite al cilindro y, a su vez, de retorno al depósito; cuando se abre la válvula de alivio el pistón deja caer su peso por gravedad sobre el volumen de aceite, devolviéndolo al depósito al impulsarlo por las tuberías. En la parte delantera encontramos la salida al medidor de presión con el que cuenta la máquina, el cual consiste en un manómetro de tipo Bourdon que marca la fuerza ejercida por el pistón principal en un reloj, con capacidad de indicar esfuerzos de hasta 20 Tnf. En el lateral derecho del puente superior se encuentra el bloque de bombeo, anclado al puente gracias a dos tornillos de cabeza cuadrada interna. El grupo de bombeo consiste en un mecanismo de cilindro pistón accionado manualmente con el movimiento de una palanca con empuñadura moleteada. Al grupo de bombeo, por su parte trasera, se conectan las dos tuberías, la de alimentación de aceite y la que conecta este bloque con el pistón principal. En el lateral del bloque de bombeo encontramos el tornillo de alivio de presión, que, con su apertura, provoca el retorno al depósito del aceite que ha llegado al pistón principal y



Figura 17. Parte superior de la máquina Hoytom Lt. 1.148. Fuente: Propia



en la parte inferior se aloja el tornillo de purga del circuito hidráulico.

Unido al puente superior, encontramos el alojamiento del pistón principal. Este alojamiento cuenta con una cámara entre el cilindro del sistema de cilindro-pistón principal y el propio cilindro, esta cámara actúa como depósito de aceite. Este depósito se comunica, en la parte posterior de la máquina, con el bloque de bombeo por una tubería diagonal que favorece la llegada de aceite al bloque de bombeo con ayuda de la gravedad. Cuando se bombea el aceite, este accede al cilindro, ocupando su espacio y obligando a la subida del pistón. En la imagen podemos observar cómo sale el pistón de su cilindro.

Solidariamente unido al pistón principal, se encuentra la viga superior del puente móvil. Esta viga es un macizo de sección cuadrada, de las mismas medidas que la inferior. Tiene incrustada una bola de acero que es, a su vez, el elemento último en contacto con el pistón principal. Las columnas del puente móvil se encuentran atornilladas a esta viga, así se transmite la subida o bajada del pistón a la viga principal del puente móvil.

## **3.2. Circuito hidráulico**

El circuito hidráulico del cual consta la máquina es un circuito hidráulico básico.

El depósito de aceite de la máquina se encuentra alojado en una cámara alrededor del cilindro-pistón principal. Este depósito se comunica por una tubería diagonal, situada en la parte posterior de la máquina, con el cilindro-pistón de bombeo. El pistón del bloque de bombeo, accionado manualmente, impulsa el líquido hidráulico a través de la conducción recta que encontramos también en la parte posterior de la máquina. Esta última conexión entra en el cilindro principal por su zona más inferior, provocando la salida del pistón principal hacia arriba. El retorno de aceite desde el cilindro principal al depósito se produce recorriendo el camino inverso; gracias al peso del pistón principal, se ejerce una presión sobre el líquido que lo impulsa de vuelta a través de las conducciones y el bloque de bombeo.

El punto donde se conectan las tuberías de impulsión hacia el pistón principal y la de retorno al depósito es el bloque de bombeo y, más concretamente, el cilindro donde se aloja el pistón que provoca la impulsión de aceite al pistón principal. Dentro de este cilindro, las tuberías se encuentran comunicadas por cavidades. La única razón por la cual el líquido se recibe por la tubería conectada al depósito y se impulsa por la que conecta al pistón principal es la situación de las cavidades del cilindro con respecto al eje vertical. Al levantar la palanca que origina el bombeo, provocando la salida del émbolo de bombeo de su cilindro, se libera el paso de aceite que viene desde el depósito, encontrándose este paso en la parte superior del interior del cilindro; al bajarlo, esta conducción se bloquea con el propio pistón y el único camino que puede seguir el líquido hidráulico es el de ser impulsado atravesando la cavidad que comunica con la otra tubería, la conectada al pistón principal, que se encuentra en la parte más inferior del cilindro.

Estas conexiones internas entre el bloque de bombeo y las conducciones de líquido hidráulico se encuentran puenteadas dentro del propio bloque y comunicadas dentro del hueco que aloja el tornillo de alivio. El interior del hueco del tornillo se trata de una conducción cilíndrica a lo ancho del bloque de bombeo, donde, en un extremo, encontramos la comunicación entre la cavidad inferior del cilindro de bombeo y, a la mitad del recorrido, encontramos la comunicación con la cavidad superior. Entre estos dos puntos, hay una reducción del diámetro del agujero, donde se apoya una bola de acero que, al ser atrapada entre esta reducción de diámetro y el tornillo de alivio, actúa como válvula antirretorno. Al aflojar el tornillo de alivio, el aceite encuentra aquí un paso libre para volver al depósito y la presión ejercida por el peso del pistón principal, lo empuja por este camino de vuelta.

Atendiendo a las áreas de contacto del líquido hidráulico con los pistones, podemos determinar la relación de multiplicación de fuerza que se produce en el circuito hidráulico:

- El pistón de bombeo, de diámetro  $d_1 = 14 \text{ mm}$ , cuenta con un área de contacto con el fluido de:

$$A_1 = \pi \cdot (7 \text{ mm})^2 = 49\pi \text{ mm}^2$$

- El pistón principal, de diámetro  $d_2 = 100 \text{ mm}$ , cuenta con un área de contacto con el fluido de:

$$A_2 = \pi \cdot (50 \text{ mm})^2 = 2500\pi \text{ mm}^2$$

- Atendiendo a la relación planteada en el apartado de Fundamentos hidráulicos contenido en este TFG, podemos determinar que la relación entre la Fuerza ejercida en el pistón de bombeo,  $F_1$ , y la obtenida en el pistón principal,  $F_2$ , será:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{2500\pi \text{ mm}^2}{49\pi \text{ mm}^2} \cong 51$$

- Por lo que determinamos que, con ayuda del circuito hidráulico, la fuerza ejercida en el pistón de bombeo se multiplicará en una proporción de 51:1 al empujar el pistón principal.

Además de esta relación de fuerza, el proceso de bombeo aplica una presión sumatoria al circuito, por lo que, cada vez que el pistón de bombeo haga su recorrido, el sistema irá sumando presión y, por tanto, sumando fuerza resultante, en la proporción arriba indicada con respecto a la fuerza que debe hacer el usuario.



### 3.3. Diagnóstico de la avería

Contamos con una máquina de ensayos hidráulica de accionamiento manual. En esta máquina, se aplica una fuerza de forma manual por medio gato hidráulico, que actúa como un sistema bomba de pistón. Este gato está provisto de una palanca, conectada al émbolo de un cilindro-pistón, el cual impulsa el líquido hidráulico por el circuito hasta llegar a ejercer presión en el pistón principal de la máquina. El pistón, conectado al puente móvil, hace que este descienda.



*Figura 18. Perspectiva general de la máquina. Fuente: Propia*

Al trabajar con la máquina, la fuerza ejercida en el gato hidráulico no se transmitía correctamente por el circuito hidráulico, haciendo necesaria mucha fuerza y tiempo para que el puente móvil se moviera apenas unos centímetros. Llegado un punto, el pistón principal no recibía la suficiente presión para seguir aumentando el esfuerzo en el material a ensayar, haciendo inútil cualquier intento de ensayo. Además, si se dejaba de bombear aceite de forma manual, la presión desaparecía, el pistón principal se recogía y el puente móvil subía. Estos hechos inutilizaban la máquina por completo. Junto con estos problemas, se observaba claramente una fuga de aceite en el gato hidráulico. Al proceder con el bombero, el aceite emanaba del pistón unido a la palanca y del tornillo de alivio de presión, situado en el lateral de la zona de bombeo. Todo el bloque responsable del bombeo había sido recubierto con un plástico para prevenir el derrame del líquido hidráulico al suelo del taller.



*Figura 19. Bloque de bombeo recubierto para evitar el derrame de aceite. Fuente: Propia*

Tomando en cuenta lo antes relatado, se llegó a la conclusión de que la inefectiva transmisión de fuerza tenía como razón principal el escape de aceite en la zona de bombeo. Una de las principales desventajas de cualquier sistema hidráulico es la necesidad de garantizar su estanqueidad para una efectiva transmisión de esfuerzos mediante el líquido. Al no ser estanco, parte de la presión del líquido se pierde fuera del sistema y no llega a empujar el pistón principal.

Se decidió desmontar la zona de bombeo de la máquina para proceder a su diagnóstico, cuyos pasos se relatan a continuación:

- Se coloca una lata para la recogida del aceite bajo la zona de bombeo y se retira el tornillo de purga del circuito hidráulico, el cual se encuentra en la zona inferior del bloque de bombeo, para que emane el aceite contenido en la máquina.
- Tras retirarse por completo el aceite, se retira el tope de seguridad de la palanca del gato hidráulico y la propia palanca. La pieza que hace de tope de seguridad está unida al bloque de bombeo mediante dos tornillos. La palanca está fijada tanto al pistón como al bloque mediante pasadores, cuyo movimiento está limitado por “circlips” (grupillas), las cuales han de retirarse para extraer los pasadores.
- Se desconectan los tubos metálicos que conducen el aceite entre el bloque de bombeo y el pistón principal de la máquina. Estos tubos se encuentran en la parte posterior de la máquina, unidos al bloque de bombeo y al cilindro del pistón principal mediante tuercas atornilladas a dos niples.
- Se extraen los dos tornillos que unen el bloque al resto de la máquina.
- Una vez separado el bloque del resto de la máquina, lo ajustamos en un tornillo de mesa y extraemos tanto el tornillo pasante que actúa como cilindro del pistón que bombea, como el tornillo de alivio y su propio tornillo pasante.



Figura 20. Extracción del cilindro-pistón de bombeo. Fuente: Propia

Una vez desmontado el bloque de bombeo, se hacen patentes las deficiencias de la máquina:

- El cilindro del pistón encargado del bombeo cuenta con una junta tórica que evita el escape de aceite y, por tanto, de presión. Esta junta se encontraba en muy mal estado, con su perímetro exterior totalmente cuarteado y rebajado, haciendo totalmente inefectiva la retención del aceite por su parte.



Figura 21. Junta tórica interna del cilindro-pistón de bombeo. Fuente: Propia



- El tornillo pasante que aloja el tornillo de alivio se apoya en un retén de teflón para evitar el escape de aceite. Este retén está pensado para expandirse una vez colocado y cubrir por completo cualquier intersticio por el que pueda circular el aceite a través del gato de alivio. El estado del retén era nefasto, se había creado una rebaba en el mismo a causa de la tensión producida por el tornillo pasante al presionarlo y el aceite lo había curtido, provocando la total pérdida de elasticidad en el material e imposibilitando su expansión en el interior de la cavidad. Para retirarlo, hubo que deformarlo por completo.



Figura 22. Sello hidráulico en mal estado. Fuente: Propia

- El tornillo de alivio cuenta con una superficie cóncava, de aproximadamente un cuarto de esfera, en su extremo, lo cual hace presumir que debería estar apoyado en algún elemento esférico, pero no se encuentra dicho elemento. Esta es la principal causa de pérdida de presión en los ensayos. El tornillo de alivio debe estar apoyado sobre una bola de acero que actúa como de válvula antirretorno. Esta bola impide el paso de aceite entre la conducción que envía el aceite bombeado al cilindro principal y la de retorno. Al no encontrarse, quedaba libre el paso de aceite y la gran mayoría de aceite bombeada se derivaba al retorno directamente; y el resto, la que llegaba al cilindro principal, volvía por el retorno por el peso del pistón en el momento en que se dejaba de bombear con el gato hidráulico.



*Figura 23. Conducciones hidráulicas de la máquina. Fuente: Propia*

### **3.4. Procedimiento de reparación**

Debido al estado de las piezas antes comentadas, se procedió a su recambio.

Tanto la junta tórica del pistón como el retén de teflón sobre el que se apoya el tornillo pasante del gato de alivio, fueron adquiridos a través de la empresa SUINRO.

“SUINRO Transmisiones y Rodamientos S.L.U” es una empresa situada en el P.I. “La Campana”, el municipio de El Rosario, en Santa Cruz de Tenerife. La actividad empresarial de esta empresa es la venta y reparación de elementos de transmisión y rodamientos, contando tanto con repuestos originales como con un taller de mecanizado para la elaboración de los componentes no producidos en serie.



Figura 24. Anillo tórico. Fuente: Propia

Las juntas tóricas son productos fabricados en serie, constituidos por un toroide de goma. Se adquirió una junta tórica de NBR de 13x2.5, siendo 13 el diámetro interior, en mm, y 2.5 el diámetro de la sección de su espesor. Para la inserción de la junta en la ranura donde va dispuesta, en el cilindro del pistón encargado del bombeo, se hizo necesaria la lubricación con aceite de esta.



Figura 25. Sellos hidráulicos (PU a la izquierda, PTFE a la derecha y en el centro).  
Fuente: Propia

Para la elaboración del sello hidráulico fue necesario el mecanizado. Mediante torneado, se rebajó una barra de PTFE de 20 mm de diámetro a 19 mm. A continuación, se realizó un vaciado, creando un diámetro interior de 12.5 mm, por donde deberá pasar el tornillo de alivio, de 13 mm de diámetro; de esta forma, aprovechando la elasticidad del material del sello, se garantiza la estanqueidad entre este y el tornillo de alivio. Por último, se realiza un chaflanado en el lado del retén que se apoya en el bloque de bombeo, haciéndolo coincidir con el que tiene el bloque en su interior para provocar la mayor superficie de contacto.

Se realizó el mismo trabajo en una barra de PU de alta densidad, ya que se planteó como una mejor elección de material a largo plazo. El teflón es un material hidrofóbico, pero con su uso, el líquido hidráulico puede terminar curtiéndolo y provocando la pérdida de esta cualidad; el poliuretano de alta densidad es un material menos poroso y con una dureza mayor, lo cual garantiza una mayor durabilidad por no permitir la penetración del aceite en el material. Al comprobar que no existían complicaciones, se decidió cambiar el sello por el de este último material. Debido al ajuste que requiere un sello hidráulico, para colocar el retén en su posición, hubo que lubricar tanto el propio sello como el orificio donde se aloja; se introdujo en el orificio con la ayuda de un martillo de goma y se llevó hasta su posición empujándolo con el tornillo pasante, roscando este último en su posición natural.



*Figura 26. Comparación de tamaño de válvula antirretorno. Fuente: Propia*

El tornillo de alivio cuenta con una superficie cóncava en su parte final, lo que hace pensar que debe ir apoyado en un elemento esférico a modo de válvula antirretorno, ya que, en el conducto donde va alojado, se comunica la tubería de impulsión con la de retorno. Se necesitaba una bola que tapara por completo el conducto que comunica las dos tuberías y que, a su vez, encajara con la superficie cóncava del tornillo de alivio. Se adquirió una bola de acero de 8 mm de diámetro en la empresa SUMECA Suministros Industriales, S.L., ubicada en el P.I. “El Mayorazgo”, en Santa Cruz de Tenerife. La bola se dejó caer por el orificio, verificando que taponaba perfectamente la conexión sin riesgo de que pudiera quedar estancado al apretar con el tornillo de alivio.

## 3.5. Reposición del líquido hidráulico

### 3.5.1. Elección del líquido hidráulico

Para la elección del aceite se ha consultado a diferentes fabricantes de maquinaria industrial, especialmente a fabricantes de prensas hidráulicas y a la propia empresa fabricante, Hoytom S.L., además de a varios distribuidores locales de líquidos hidráulicos.

La recomendación que se ha tenido en cuenta para la elección del líquido ha sido la del fabricante del equipo, que recomienda un aceite con un alto índice de viscosidad. Debido a la antigüedad de la máquina, se ha buscado un aceite con contenido de aditivos antioxidantes y antidesgaste. También por recomendación de las diferentes empresas consultadas, se ha optado por un aceite que, además de cumplir todo lo mencionado, creara la menor espuma posible dentro del circuito, ya que esto podría suponer grandes fallos de operación en el uso de la máquina.

El aceite por el que se ha optado es el Hidráulico IHV 68, de la marca IADA, equivalente al aceite tipificado como ISO VG68. La cantidad de aceite usado ha sido cercana a los 2 litros. En las referencias de este TFG se encuentra el enlace a la ficha de datos técnicos referentes a este aceite.



Figura 27. Aceite IADA I.H.V. 68. Fuente: [www.iada.es](http://www.iada.es)

### **3.5.2. Procedimiento usado para la reposición**

Tras el montaje del bloque de bombeo y su limpieza, hubo que volver a rellenar el circuito hidráulico.

El depósito de líquido hidráulico de la máquina se encuentra alojado en una cámara alrededor del sistema de cilindro-pistón principal. Se trata de un depósito metálico sin ninguna abertura más que el alojamiento del niple que se conecta a la tubería de que envía el aceite al bloque de bombeo.

Al no contar con ninguna boquilla por la cual introducir el aceite, se aprovechó el propio bombeo del gato hidráulico de la máquina de ensayos para rellenar el circuito hidráulico. El proceso de llenado del circuito hidráulico se relatará a continuación:

- Se desconecta la tubería de retorno del bloque de bombeo, dejando el niple alojado en el bloque.
- Se verifica que la válvula de alivio esté completamente cerrada.
- Se conecta un extremo de una manguera de PVC traslúcida, de unos 40 cm, al niple y el otro extremo a un embudo.
- Con la ayuda de un alambre, se sujeta el embudo a la parte superior de la máquina, pretendiendo que la manguera quede lo más vertical posible y que la parte superior del embudo quede lo más horizontal posible, pudiendo así aprovechar al máximo su volumen.
- Se introduce aceite por el embudo y se bombea con el gato hidráulico hasta que tanto el embudo como la manguera queden completamente libres de líquido hidráulico.
- El embudo utilizado, en este caso, tenía menor volumen que el cilindro del pistón principal, por lo que hubo que repetir el paso anterior hasta que el pistón salió por completo del cilindro. Se sabe que el pistón ha salido por completo cuando la regla de la que dispone la máquina llega a la medida máxima, esto indicará que el circuito hidráulico está lleno por completo.
- Una vez rellenado el circuito por completo, se desconecta la manguera y se acopla la tubería de retorno al niple.

- Se abre la válvula antirretorno y el aceite, gracias a la presión ejercida por el propio peso del pistón principal, retornará al depósito de líquido hidráulico, circulando por las tuberías.



*Figura 28. Sistema utilizado para la reposición de aceite. Fuente: Propia*

### **3.6. Avería del manómetro**

Como ya se ha explicado, la máquina de ensayos cuenta con un marcador analógico para indicar la carga a la cual se está sometiendo a la probeta objeto de ensayo.

Este marcador analógico es un manómetro de Bourdon. El manómetro de Bourdon consta de un dial calibrado, en Tnf, una aguja indicadora y una aguja de tarado. La aguja indicadora se encuentra conectada a través de una articulación a un tubo curvado de metal flexible, el tubo Bourdon. Este tubo, de sección transversal oval, tiende a enderezarse, debido a la diferencia en áreas entre sus diámetros interior y exterior, cuando se eleva la presión del circuito al cual está conectado, moviendo la aguja.



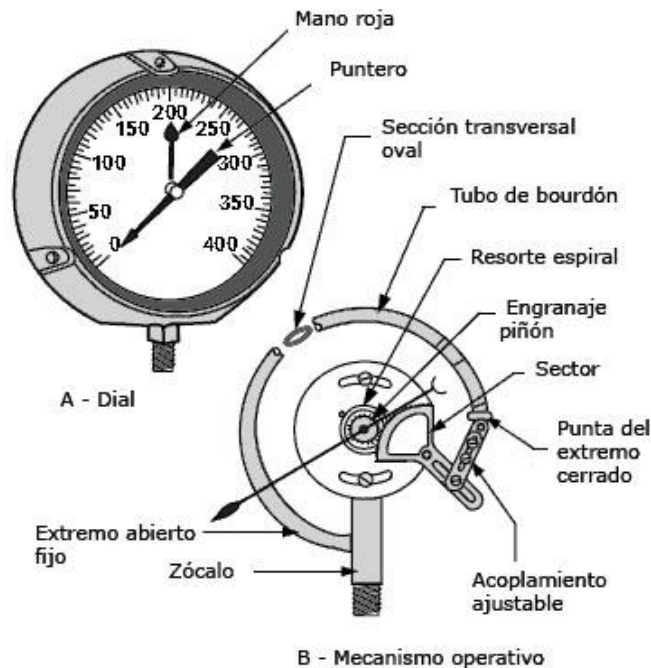


Figura 29. Partes de un manómetro de Bourdon. Fuente: [www.sapiensman.com](http://www.sapiensman.com)

La aguja del manómetro acoplado en la máquina marca 12 Tnf a pesar de que el sistema se encuentre liberado de cargas. Al proceder con el ensayo, llega un punto en que la aguja recibe la presión y se mueve, pero no se puede garantizar que esa presión necesaria sea realmente equivalente a esas 12 Tnf.

En primera instancia, se valoró la posibilidad de que el tubo de Bourdon presentara alguna discontinuidad, pero si esto fuera así, la aguja no reaccionaría ante ningún esfuerzo, por lo que no es el caso.

Que la aguja se sitúe fija en esa posición y que, llegado un punto, comience a reaccionar, indica que la avería es posiblemente causada por una falla en dicho tubo, seguramente se encuentre doblado de tal forma que haga que la aguja falsee la fuerza aplicada en el momento inicial, reaccionando una vez se haya superado dicha presión porque el tubo ya cuenta con la presión necesaria para enderezarse. Se sospecha que este fallo haya sido producto de un mal uso de la máquina en su pasado, al experimentar

alguna sobrecarga. Si se sobrepasa el umbral para el cual está calibrado el dial, el tubo Bourdon intenta seguir enderezándose por completo, al no tener más espacio que cubrir, puede chocar contra los bordes de la carcasa del marcador y terminar sufriendo esfuerzos de flexión no deseados hasta su deformación.

Este diagnóstico del fallo sólo cuenta como teoría, ya que, en un principio, no se sospechó que el manómetro pudiera estar afectado, sino que podía deberse al fallo de estanqueidad del circuito. Una vez solucionado el problema del circuito hidráulico y comprobar que el fallo persistía, no se dispuso del tiempo necesario para poder desmontar y adquirir el repuesto del tubo de Bourdon.

## **4. Aplicación del RD 1215/1997**

El Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Se enmarca en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, la cual determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

En este real decreto se especifican las obligaciones de seguridad que deben tomar en cuenta tanto del empresario como del operador que trabaje con una máquina. Se dicta que los equipos de trabajo:

- Deben ser adecuados para el trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y salud de los trabajadores que los utilicen.
- Cuando no sea posible garantizar totalmente la seguridad y salud de los trabajadores durante su utilización, se deben tomar las medidas adecuadas para la reducción de los riesgos al mínimo.
- Para la aplicación de las disposiciones mínimas de seguridad y salud, se ha de tener en cuenta los principios ergonómicos, tanto en cuanto al diseño del puesto de trabajo como a la posición de los trabajadores durante la utilización de los equipos.
- Cuando en la utilización de un equipo de trabajo sea necesaria la presencia de un técnico especialista, se deberá reservar el uso de la máquina para este.
- Se deberán adoptar las medidas de mantenimiento necesarias para que los equipos de trabajo conserven unas condiciones tales que garanticen que son adecuados para el trabajo para el cual son destinados.

Las disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo relatadas en el Real Decreto mencionado sólo son de aplicación si el equipo de trabajo da lugar al

tipo de riesgo para el que se especifica la medida correspondiente. Las medidas aplicables a la máquina de ensayo Hoytom Lt. 1.148 se enumeran a continuación:

- Los órganos de accionamiento que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y, cuando corresponda, estar indicados con una señalización adecuada. Deberán estar situados fuera de zonas peligrosas y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria. El operador del equipo deberá cerciorarse de la ausencia de personas en las zonas peligrosas.
- La puesta en marcha de un equipo de trabajo solamente se podrá efectuar mediante una acción voluntaria sobre un órgano de accionamiento previsto a tal efecto.
- Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.
- Si fuera necesario para la seguridad o salud de los trabajadores, el equipo de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.
- En los casos en los que exista riesgo de estallido o de rotura de elementos de un equipo de trabajo que pueda afectar a la seguridad o a la salud de los trabajadores, deberán adoptarse las medidas de protección adecuadas.
- Cuando los elementos móviles puedan entrañar un riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas. Estos resguardos no deberán limitar más de lo imprescindible o necesario la observación del ciclo de trabajo.
- Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.
- Los equipos de trabajo no deberán utilizarse de forma o en operaciones o en condiciones contraindicadas por el fabricante.
- Los equipos de trabajo deberán ser instalados y utilizados de forma que no puedan caer, volcar o desplazarse de forma incontrolada, poniendo en peligro la seguridad de los trabajadores.
- Los equipos de trabajo no deberán someterse a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas que puedan poner en peligro la seguridad del trabajador que los utiliza o la de terceros.

- Se debe respetar una distancia de seguridad suficiente.
- Las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizarán tras haber parado el equipo.
- Las herramientas manuales deberán ser de características y tamaño adecuados a la operación a realizar.

Como se puede observar, este RD ha sido pensado para la seguridad de trabajadores en su puesto de trabajo. Su cumplimiento no es estrictamente necesario ni aplicable para equipos de trabajo usados para la docencia, pero en este TFG se ha optado por su más cercana aplicación posible para garantizar la seguridad de los estudiantes y el personal docente que puedan usarlo.

La máquina cumple con todos los puntos que se han valorado relevantes en cuanto a riesgos que podría suponer la misma en su utilización. Cuenta con todas las fijaciones necesarias para su uso desde la seguridad, tanto referente a la propia estructura de la máquina como a sus elementos y accesorios acoplados. Tanto sus elementos móviles, como las fijaciones de estos con la máquina, se encuentran en buen estado y no está en compromiso su firmeza y correcto acople. Sus órganos de accionamientos son manuales y no requieren de alimentación eléctrica; además, por la naturaleza de los movimientos que debe hacer el operador para accionar la máquina, se garantiza la imposibilidad de accionarla involuntariamente. La máquina no se ha provisto de elementos protectores ya que, con precaución en su uso, no se considera que haya riesgo de proyecciones de materiales en su uso; además, la observación del proceso de ensayo se entorpecería.

Tras la valoración de la máquina y todos sus elementos, con el fin de cumplir cualquier indicación de seguridad y salud, se ha decidido la redacción de dos manuales:

- Un manual de uso que vele por la seguridad y salud de los usuarios de la máquina y cualquiera que esté presente durante su operación.
- Un manual de mantenimiento para la reparación de posibles fallas referentes a su circuito hidráulico.

Estos manuales deberán serán adjuntados como anexo a este TFG y deberán estar disponibles para cualquier persona que haya sido autorizado para el uso y/o manipulación de la máquina.

## **5. Conclusiones y limitaciones**

El fin que se perseguía con la realización del presente Trabajo de Fin de Grado era la rehabilitación de la máquina de ensayos Hoytom Lt. 1.148, para su utilización en el ámbito de la enseñanza y demostrar por parte del estudiante que, durante el estudio del Grado en Ingeniería Mecánica, se han adquirido los conocimientos necesarios y suficientes para la comprensión del funcionamiento de cualquier equipo mecánico y la reparación de posibles fallas presentes en este, además de la elaboración de un documento técnico referente a esto. Teniendo esto en cuenta, se puede concluir que los objetivos han sido alcanzados y como prueba se presenta este documento.

En la redacción de este TFG se ha hecho patente que, a pesar de las mejoras en los equipos destinados al ensayo de materiales en los últimos años, los equipos antiguos siguen siendo muy válidos para el campo de la enseñanza. Que, aunque las ventajas cualitativas que puedan tener los equipos modernos son muchas, el funcionamiento y la finalidad última es, en base, el mismo; y esto posibilita el aprendizaje por parte de los alumnos de las ramas técnicas a pesar de la escasez presupuestaria a la cual se ha tenido que enfrentar el sector de la educación durante estos años.

No obstante, habiendo alcanzado los objetivos ya mentados, la rehabilitación completa de la máquina para garantizar unos resultados fiables de los ensayos no ha sido posible. Esta limitación se ha debido al tiempo de realización del cual se ha dispuesto, por circunstancias especiales, para la realización de la reparación y del presente documento.

## **6. Conclusions and limitations**

The purpose of this Final Degree Project was the rehabilitation of the Hoytom Lt. 1.148 test machine for its use in the teaching field and to demonstrate the knowledge acquired by the student during the study of the Degree in Mechanical Engineering has been sufficient for the understanding of the operation of any mechanical equipment and the repair of possible faults present in this, in addition to the elaboration of a technical document related to this. With this in mind, it can be concluded that the objectives have been reached and this document is presented as proof.

In the writing of this FDP, it has become clear that, despite improvements in materials testing equipment in recent years, old equipment remains very valid in the field of teaching. That, although the qualitative advantages that modern equipment may have are many, the operation and ultimate purpose is, on the basis, the same; and this makes it possible for students to learn from the technical branches in spite of the budgetary shortage that the education sector has had to face during these years.

However, having achieved the objectives already mentioned, complete rehabilitation of the machine to ensure reliable test results has not been possible. This limitation has been due to the time of realization of which has been arranged, by special circumstances, for the realization of the repair and this document.





# Anexos



## Índice de anexos

Manual de uso de la máquina universal Hoytom Lt. 1.148.....	66
Manual de mantenimiento.....	70
Metodología para el ensayo.....	73
Probetas para ensayos a tracción.....	73
Procedimiento de ensayo a tracción.....	76
Índice de planos.....	83



# Manual de uso de la máquina universal Hoytom Lt.

## 1.148

El presente manual, guiará el procedimiento para el correcto uso de la máquina universal Hoytom Lt. 1.148, de forma que se garantice la seguridad y salud de su usuario y de todo aquel que se encuentre en el lugar donde se realice el ensayo. Esta máquina está diseñada para realizar ensayos de tracción, flexión, compresión y punzonamiento.

Para el uso de esta máquina, se debe disponer de autorización expresa del encargado del departamento responsable de la máquina o del jefe de taller donde está situada la misma.

Si no se comprendiera la totalidad de este manual o se dudara en el significado de alguno de sus puntos, se debe contactar con el encargado del departamento responsable de la máquina, el jefe de taller o algún otro técnico especialista antes de proceder a su utilización.



La máquina universal Hoytom Lt. 1.148 está destinada a ensayos de materiales y no debe usarse bajo ningún concepto para otras actividades, ya sea el prensado, plegado o enderezado de piezas.



1. Antes de comenzar cualquier tipo de ensayo, verificar que no existen fugas de aceite en las conducciones y purga del circuito hidráulico.

Las conducciones hidráulicas están localizadas en la parte posterior de la máquina. El tornillo de purga se encuentra alojado en la zona inferior del bloque de bombeo, donde se encuentra la placa identificativa de la máquina.

2. Verificar que el tornillo de alivio cierra el paso de aceite por el retorno de la máquina.  
Para esto se dará un apriete, sin exceso de fuerza, con el tornillo de alivio, en el sentido de las agujas del reloj. Una vez se note la resistencia al avance, se dejará de apretar.  
El tornillo de alivio se encuentra alojado en la zona derecha del bloque de bombeo.
  
3. Verificar que el marcador que indica la longitud del pistón que ha salido, está situado en el número 0 (cero) y que el pistón principal se encuentra completamente alojado en su cilindro antes de iniciar el ensayo.  
Si se observa que el pistón ha salido del cilindro, se aflojará el tornillo de alivio hasta que se observe que el pistón se ha recogido por completo. Tras la recogida del pistón, volver al paso 2.
  
4. Se colocarán los útiles necesarios para el ensayo al que se va a proceder en su respectivo alojamiento.
  
5. Antes de iniciar el ensayo, se debe garantizar que la zona circundante a la máquina esté libre de objetos que puedan entorpecer la facilidad de movimiento del usuario de la misma.
  
6. Al inicio y durante el ensayo, tanto el usuario de la máquina como cualquier persona que se encuentre en la zona, debe alejarse de las partes móviles de la misma para evitar el enganche con las mismas de cualquier parte del cuerpo o de la ropa.
  
7. El agarre de las probetas para su ensayo siempre debe producirse por los útiles de ensayo proporcionados de serie. Nunca se ha de proceder a un ensayo con “útiles improvisados” que no hayan sido certificados previamente por un especialista.

8. El bombeo de líquido hidráulico se realizará ejerciendo fuerza con un movimiento de vaivén sobre la palanca moleteada de la que dispone el bloque de bombeo.
9. El bombeo debe ser constante y a una velocidad razonable.
10. Una vez se encuentren los elementos de las partes móviles de la máquina en movimiento, no se debe intentar acceder a la probeta ni a ninguna de las partes móviles de la máquina.  
Si se requiere acceder a la probeta por alguna razón o a su observación más cercana, se deberá cesar el movimiento de bombeo, asegurando que las partes móviles queden completamente paradas.
11. Una vez llegado al punto final del ensayo, ya sea este la rotura de la probeta, o la deformación hasta una cierta distancia, se deben anotar los valores reflejados por los instrumentos de medida de la máquina.  
Es de recalcar que la regla que indica la deformación se encuentra graduada en centímetros, contando con divisiones en milímetros; mientras que el indicador de carga está graduado en toneladas.
12. Tras finalizar el proceso de ensayo y haber anotado los valores, se retirará la probeta y los posibles restos que se hayan desprendido de esta.  
En la realización de este paso, la máquina deberá permanecer detenida.
13. Para proceder a la finalización del ensayo y con objeto de dejar la máquina lista para el siguiente ensayo y en condiciones de seguridad, se procederá a la apertura de su válvula de alivio, girando la palanca del tornillo de alivio en sentido antihorario.



14. No se debe abandonar la zona de la máquina de ensayos hasta verificar que la completa recogida del pistón principal.

En este momento, se procederá a volver a cerrar la válvula de alivio de presión.

## Manual de mantenimiento

Este manual guiará el procedimiento de verificación de fallas y reemplazo de piezas del circuito hidráulico para la máquina universal Hoytom Lt. 1.148.

Si se observase un escape de líquido hidráulico en la máquina, se habría que seguir las siguientes instrucciones para su desmontaje y diagnóstico:

- Vaciar por completo el circuito hidráulico. Para esto, la máquina cuenta con un tornillo de purga situado en la parte inferior del bloque de bombeo, bajo la placa identificativa de la máquina. Para retirar el tornillo se necesitará una llave fija de 24 mm.

Una vez colocada una lata de recogida de aceite bajo el tornillo de purga, se procede a retirar el tornillo, prestando especial atención a evitar la pérdida de la válvula de cierre de seguridad con la que este consta, consistente en un tapón plástico acoplado a un muelle que se apoya sobre el tornillo de purga, quedando en el interior del alojamiento del tornillo cuando se encuentra acoplado a la máquina.

La palanca de bombeo debe estar completamente subida, con la intención de liberar todo el paso de aceite por el bloque de bombeo.

La primera consulta que se ha de hacer para diagnosticar una avería es verificar que el estado del tapón plástico, el muelle y la arandela que acompañan al tornillo de purga es bueno, si no, se procedería a su reparación o reemplazo

- Una vez vaciado el circuito, se procede a la retirada de las tuberías de conexión hidráulicas, que se encuentran en la parte posterior de la máquina. Para la retirada de las tuberías, debemos desenrosca las tuercas que las recorren, las cuales se conectan a un niple, y tirar un poco, ya que van encajadas a presión dentro de dichos niples. Para la retirada de las tuercas será necesaria una llave fija de 22 mm.

Se ha de tener especial cuidado en la retirada de las tuberías, ya que podría quedar líquido hidráulico en su interior.

Se ha de verificar que el estado de las tuberías es bueno y no es la causa de la falla.

- Se retira la palanca del gato hidráulico. Para esto, habrá que retirar tanto el tope de la palanca, que cuenta con dos tornillos de cabeza hexagonal de 16 mm, como los pasadores que acoplan la palanca al pistón, estos pasadores están asegurados por circlips, por lo que se necesitará unos alicates diseñados para su retirada.
- Se retiran los dos tornillos de fijación del bloque de bombeo a la estructura de la máquina. Estos tornillos cuentan con una cabeza hexagonal interna de 16 mm.
- Con el bloque ya separado del resto de estructura de la máquina, se fija en un tornillo de mesa y se retira el pistón situado en la parte superior y el tornillo pasante que lo aloja. El pistón está introducido a presión, el tornillo cuenta con una cabeza hexagonal de 36 mm.

Este pistón cuenta con una junta tórica que puede ser objeto de desgaste, verificar si aquí se encuentra la falla.

- Procedemos a retirar el tornillo de alivio y el tornillo pasante que actúa de alojamiento en este. El tornillo de alivio será retirado a mano girando su palanca en sentido antihorario. El tornillo pasante consta de una cabeza hexagonal con diámetro de 24 mm.

El tornillo pasante se apoya sobre un retén de polímero duro que evita el escape de aceite, si se observa una superficie curtida en este o alguna grito, se procederá a su cambio.

El tornillo de alivio se apoya sobre una bola de acero de 8 mm de diámetro que actúa como válvula antirretorno, esta deberá estar presente para el correcto funcionamiento del equipo.

- Una vez encontrado y solucionado el problema, se procederá al montaje del bloque de bombeo en su lugar para su posterior repostaje de líquido hidráulico.
- El aceite a utilizar debe cumplir las especificaciones del fabricante, las cuales son: alta viscosidad y aditivos anticorrosión, antiespuma y antidesgaste.

Para el repostaje de aceite, se ha de estar provisto de una manguera de unos 40 cm de largo y 15 mm de diámetro y un embudo con una capacidad no superior a 2 litros.

Se desconectará la tubería diagonal del bloque de bombeo y se acoplará la manguera al niple que queda libre. En el otro extremo de la manguera se conectará el embudo.

Manteniendo una posición de la manguera lo más vertical posible y el embudo de forma estable, procederemos a introducir aceite por el embudo mientras que accionamos el gato hidráulico de la máquina.

Cuando el pistón principal de la máquina haya salido del todo, el rellenado habrá finalizado. Podemos apreciar cuándo se produce este momento fijándonos en que la regla calibrada de la máquina, situada en la columna principal derecha de la misma, llega a la medida de 20 cm.

- Una vez rellenado el circuito hidráulico, se alivia presión mediante el tornillo de alivio, haciendo posible que el pistón principal se recoja.
- Cuando el pistón principal se recoja del todo, se procederá, nuevamente, al cierre de la válvula de alivio.
- Con la máquina ya en estado de reposo, se debe proceder a su limpieza si han quedado manchas de aceite y suciedad durante el proceso.

## **Metodología para el ensayo**

En este anexo se señalarán las dimensiones que debe tener una probeta de ensayo de metales adecuada a la máquina Hoytom Lt. 1.148.

Las probetas que se van a indicar son las apropiadas para realizar ensayos destructivos de tracción, siendo este uno de los principales ensayos que se realizan sobre metales para la caracterización de sus propiedades.

### **Probetas para ensayos a tracción**

En la norma UNE-EN ISO 6892-1:2009, referente al método de ensayo de tracción a temperatura ambiente, se especifican las dimensiones mínimas y la relación entre las dimensiones que deben tener las probetas diseñadas para ensayos a tracción de materiales metálicos.

Debido al diseño de los agarres de los que dispone la máquina para los ensayos a tracción, lo más cómodo es optar por probetas de sección circular, cuya forma básica se muestra en la siguiente figura.

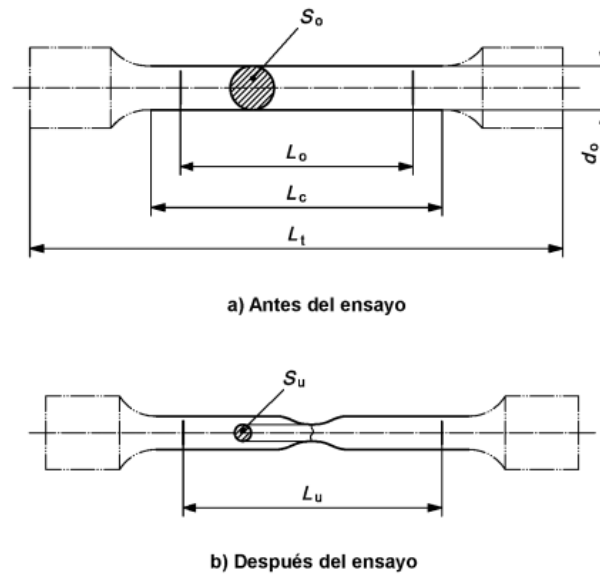


Figura 30. Forma básica de la probeta para ensayos a tracción de metales. Fuente: AENOR

donde:

$d_0$ : diámetro inicial de la parte calibrada de una probeta circular

$L_c$ : longitud de la parte calibrada

$L_0$ : longitud inicial entre puntos

$L_t$ : longitud total de la probeta

$L_u$ : longitud final entre puntos después de la rotura

$S_0$ : área de la sección transversal inicial de la parte calibrada

$S_u$ : área mínima de la sección transversal después de la rotura

Atendiendo a las dimensiones de los agarres, se pueden determinar las dimensiones de las probetas para su efectivo ensayo. Se parte de las indicaciones dispuestas por AENOR en la norma antes mencionada para probetas de sección transversal circular:

Coefficiente de proporcionalidad $k$	Diámetro $d$ mm	Longitud inicial entre puntos $L_0 = k\sqrt{S_0}$ mm	Longitud mínima de la parte calibrada $L_c$ mm
5,65	20	100	110
	14	70	77
	10	50	55
	5	25	28

Figura 31. Tabla de medidas mínimas para las probetas de ensayo a tracción de metales. Fuente: AENOR

Podemos entonces, determinar las dimensiones mínimas que ha de tener la probeta para ensayos a tracción en la máquina universal Hoytom Lt. 1.148:

- Atendiendo a que el diámetro máximo libre para situar la longitud calibrada de la probeta en los agarres de los que dispone la máquina es de un diámetro de la parte calibrada,  $d_o$ , de 16 mm, escogeremos el diámetro tabulado de 14 mm:

$$d_o = 14 \text{ mm}$$

- La longitud mínima calibrada,  $L_c$ , corresponderá a la distancia entre los agarres de tracción, por lo que:

$$L_c = 160 \text{ mm}$$

- La longitud inicial entre puntos,  $L_o$ , será la indicada en la tabla para nuestro diámetro escogido. Esta longitud debe marcarse en la probeta, equidistante al centro de su longitud, antes de comenzar el ensayo. Será nuestra longitud calibrada:

$$L_o = 70 \text{ mm}$$

- El diámetro de los extremos de la probeta,  $d_e$ , para garantizar su mínimo movimiento dentro de los agarres:

$$d_e = 24 \text{ mm}$$

- La longitud de las cabezas de la probeta,  $L_e$ , deberá ser suficiente para garantizar el suficiente agarre dentro del cilindro:

$$L_e = 20 \text{ mm}$$

- La transición entre  $d_o$  y  $d_e$  debe ser suave, de forma que se garantice el máximo apoyo en el cono del sistema de agarre.

Podemos encontrar un plano detallado de las dimensiones de la probeta en los planos anexos a este documento.

## **Procedimiento de ensayo a tracción**

Se indicará el procedimiento que se ha de seguir para realizar un ensayo a tracción con la máquina universal Hoytom Lt. 1.148:

- Se colocará la probeta en los cilindros de los dispositivos de agarre de la máquina. Para realizar esto, se deberán extraer los cilindros y los semicilindros de acero negro situados en su interior. Se pasará las cabezas de la probeta por los cilindros y se volverán a introducir los semicilindros para que actúa a modo de tope.
- Realizadas todas las comprobaciones de seguridad, se procederá a bombear con el gato hidráulico del que dispone la máquina, provocando así un esfuerzo de tracción en la probeta.
- Para un cálculo efectivo de las propiedades de la probeta sometida a ensayo, se tomarán medidas de la carga que está ejerciendo la máquina y de la deformación



sufrida por la probeta en pequeños intervalos. Estas medidas serán anotadas observando los instrumentos de medida de los que dispone la máquina.

- Una vez producida la rotura de la probeta, se anotarán los valores de carga y deformación, que deberán ser los máximos de los recogidos. Si la rotura de la probeta no se hace sensitiva en un primer momento, una bajada drástica en la carga ejercida por la máquina nos hará vislumbrar que ya se ha producido.
- Con los datos obtenidos, procederemos a elaborar un diagrama de tensión ( $\sigma$ , en MPa) frente a deformación ( $\epsilon$ , en %). De esta gráfica podremos determinar las propiedades suficientes para caracterizar el material de la probeta objeto de ensayo:

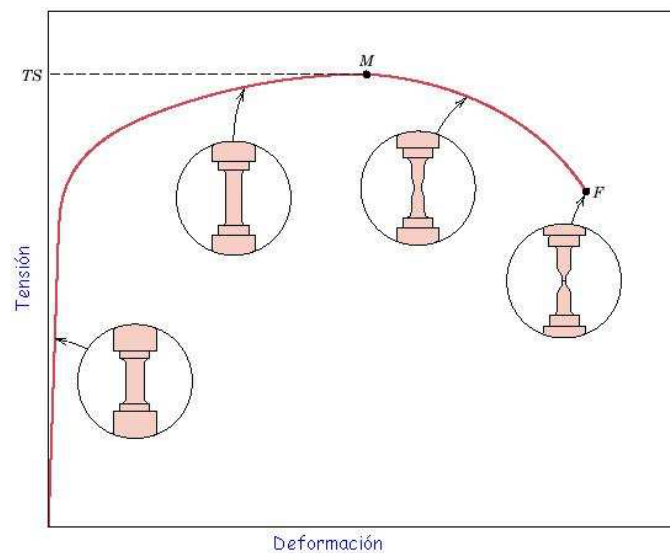


Figura 32. Gráfica tensión-deformación. Fuente: Campus Virtual de la ULL (Aula virtual de Ciencia y Tecnología de Materiales)

Los valores de tensión serán dados por la fórmula:

$$\sigma = \frac{F}{S_0}$$

donde:

$\sigma$  = Tensión producida en la probeta, en MPa

F = La carga producida por la máquina, en N

$S_o$  = La sección transversal inicial de la parte calibrada de la probeta, en  $mm^2$

Los valores de deformación serán dados por la fórmula:

$$\varepsilon = \frac{L - L_o}{L_o} = \frac{\Delta L}{L_o}$$

donde:

$\varepsilon$  = La deformación nominal de la probeta, adimensional, en %

$L$  = Longitud calibrada de la probeta tras la deformación,  $L_o$  + desplazamiento del pistón indicado en la máquina, en mm

$L_o$  = Longitud calibrada de la probeta al comienzo del ensayo, en mm

En esta gráfica podemos distinguir dos regiones:

- Zona elástica: Es la parte más lineal de la gráfica y comprende desde su inicio hasta el punto  $P$ , donde cambia la tendencia de la gráfica. En este punto se cumple la Ley de Hooke:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

donde:

$E$  = módulo elástico del material

- Zona plástica: La probeta pierde el comportamiento elástico y la gráfica pierde su linealidad. En el punto donde ocurre esto,  $P$ , el valor de la tensión corresponde al límite de elasticidad,  $\sigma_y$ .

El punto señalado como  $M$  en la gráfica, es la tensión máxima soportada por el material o Resistencia a tracción ( $RT$ ) del material. La tensión disminuirá hasta que finalmente se produzca la fractura, en este punto podemos señalar la tensión de fractura.

La ductilidad del material es una medida del grado de deformación plástica que puede ser soportada hasta la fractura. La ductilidad se puede expresar cuantitativamente como el alargamiento relativo porcentual, el cual corresponde a:

$$\%EL = \frac{L_f \cdot L_o}{L_o} \cdot 100$$

donde:

$\%EL$  = El alargamiento relativo porcentual, adimensional, en %

$L_f$  = Longitud final de la parte calibrada de la probeta en el momento de la rotura, en mm

$L_o$  = Longitud calibrada de la probeta al comienzo del ensayo, en mm



# Planos

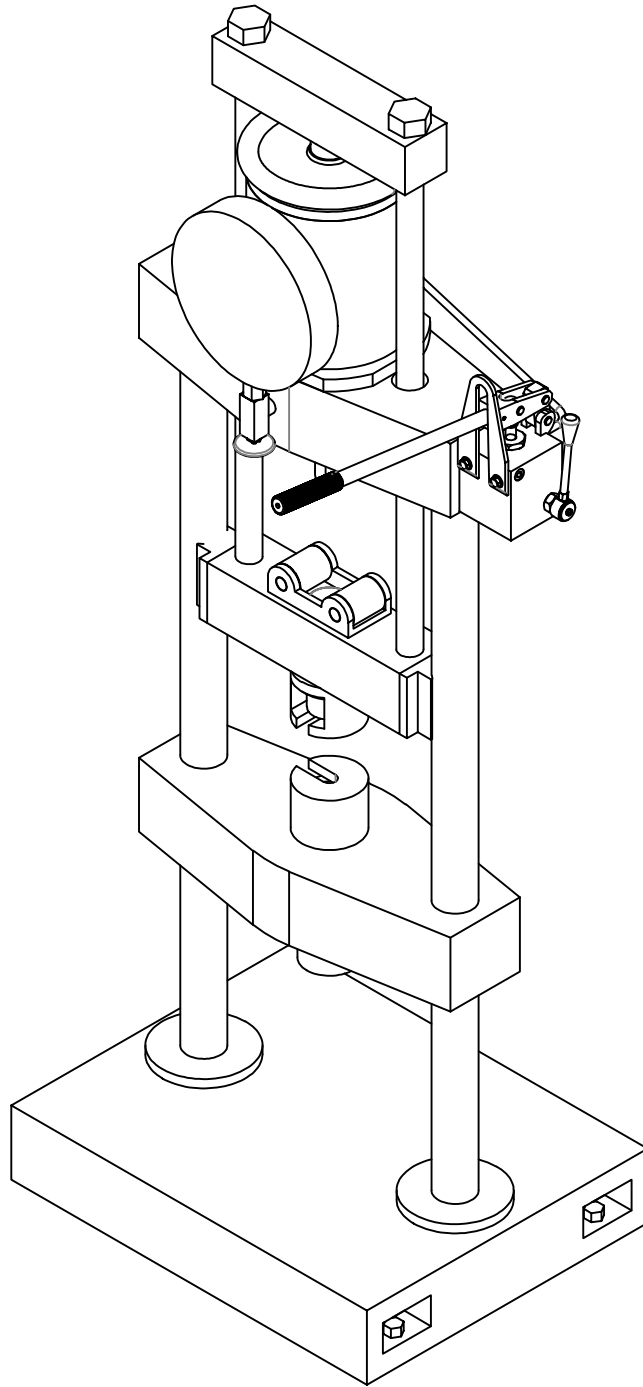


# Índice de planos

1.01 Plano de conjunto general .....	1
1.01.01 Vista explosionada conjunto general .....	2
1.02 Conjunto de bombeo.....	3
1.02.01 Vista explosionada conjunto de bombeo .....	4
1.02.02 Vista explosionada subconjunto accionamiento.....	5
1.02.02.01 Articulación palanca-bloque.....	6
1.02.02.02 Palanca de accionamiento.....	7
1.02.02.03 Pasador paralelo con cabeza .....	8
1.02.03 Vista explosionada subconjunto cilindro-pistón .....	9
1.02.03.01 Cilindro .....	10
1.02.03.02 Émbolo.....	11
1.02.04 Bloque de bombeo .....	12
1.02.05 Tope de palanca de accionamiento.....	13
1.02.05.01 Tope de seguridad .....	14
1.02.06 Tornillos de fijación .....	15
1.02.07 Vista explosionada alivio de presión .....	16
1.02.07.01 Sello hidráulico .....	17
1.02.07.02 Tornillo de alivio .....	18
1.02.07.03 Tornillo pasante de alivio .....	19
1.02.07.04 Palanca de alivio .....	20
1.02.07.05 Válvula antirretorno .....	21
1.02.07.06 Arandela de alivio.....	22
1.02.07.07 Dado de alivio .....	23
1.02.08 Vista explosionada subconjunto de purga .....	24
1.02.08.01 Tornillo de purga .....	25
1.02.08.02 Tapón retenedor .....	26
1.02.08.03 Resorte de purga .....	27
2.01 Probeta para ensayo de tracción.....	28

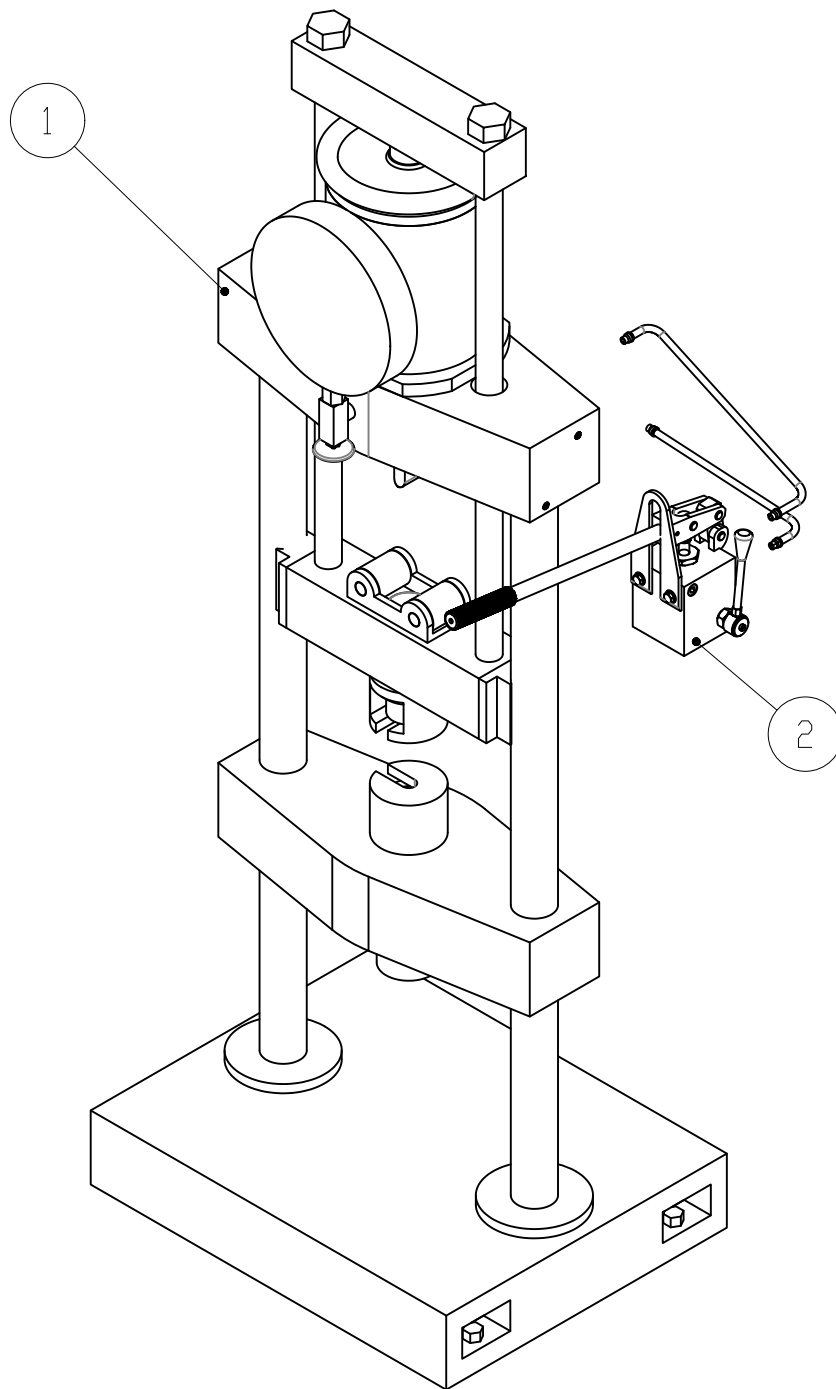






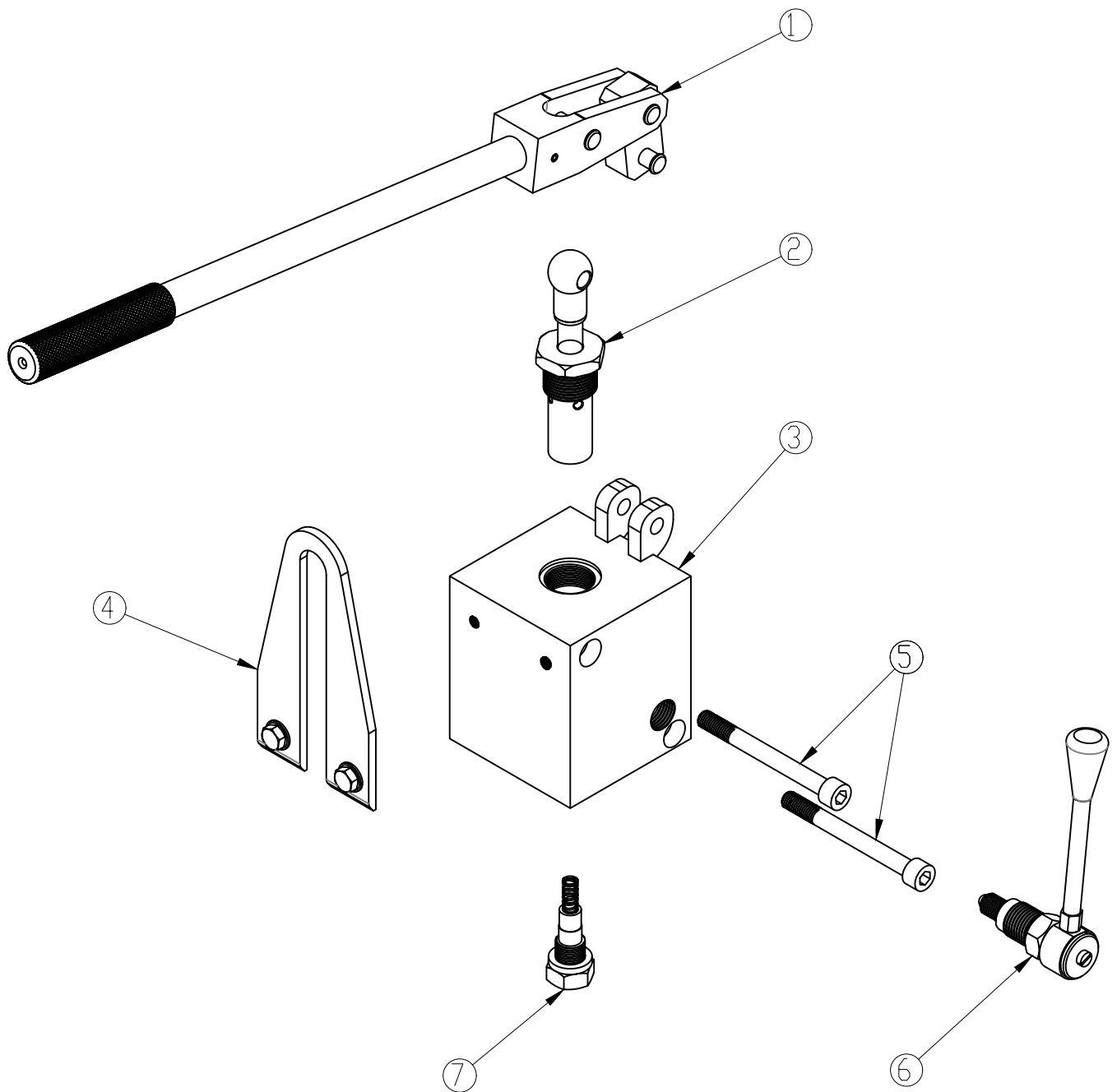
MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

Nombre		Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos			LIBERTO ZOHAR		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	HDEZ. DELGADO		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO			Nº P. : 1.01	
1:10	PLANO DE CONJUNTO GENERAL			Nom.Arch:	



2	CONJUNTO DE BOMBEO	1.03
1	ESTRUCTURA GENERAL DE LA MÁQUINA	
MARCA	DESIGNACIÓN	Nº PLANO
MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148		
Nombre	Fecha	Autor
Apellidos		LIBERTO ZOHAR
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	HDEZ. DELGADO
		ULL Universidad de La Laguna
		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
ESCALA: 1:10	TÍTULO DEL PLANO VISTA EXPLOSIONADA CONJUNTO GENERAL	Nº P. : 1.01.01 Nom.Arch:

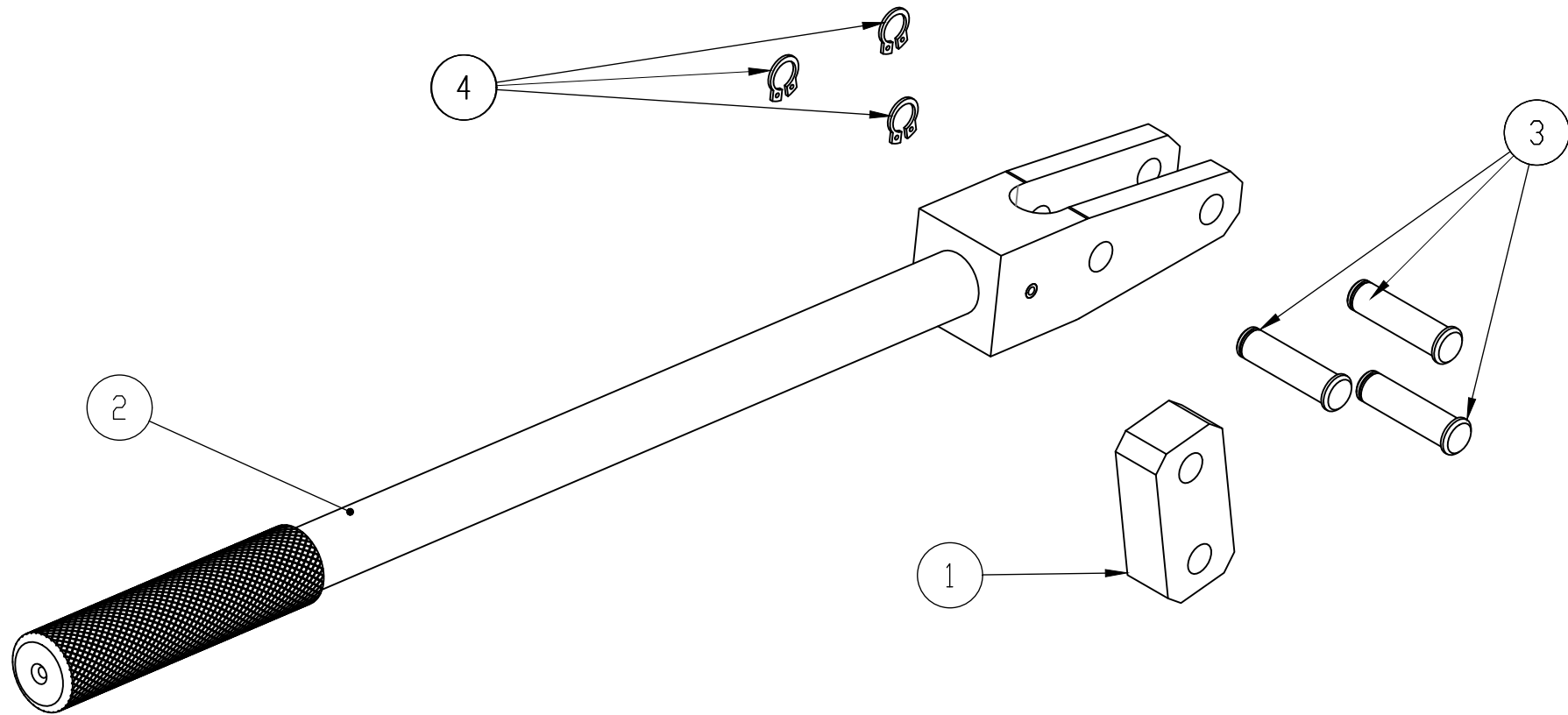




7	SUBCONJUNTO PURGA	1.02.08
6	SUBCONJUNTO ALIVIO DE PRESIÓN	1.02.07
5	TORNILLOS DE FIJACIÓN	1.02.06
4	TOPE DE PALANCA DE ACCIONAMIENTO	1.02.05
3	BLOQUE DE BOMBEO	1.02.04
2	SUBCONJUNTO CILINDRO-PISTÓN	1.02.03
1	SUBCONJUNTO ACCIONAMIENTO MANUAL	1.02.02
MARCA	DESIGNACIÓN	Nº PLANO

MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		LIBERTO ZOHAR		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	HDEZ. DELGADO		
ESCALA: 2:7	TÍTULO DEL PLANO VISTA EXPLOSIONADA CONJUNTO DE BOMBEO			Nº P. : 1.02.01  Nom.Arch:

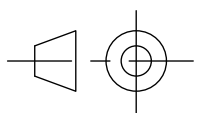
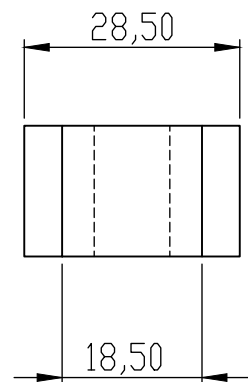
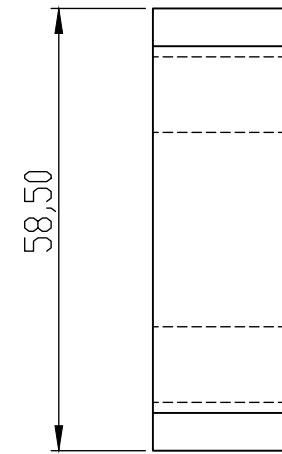
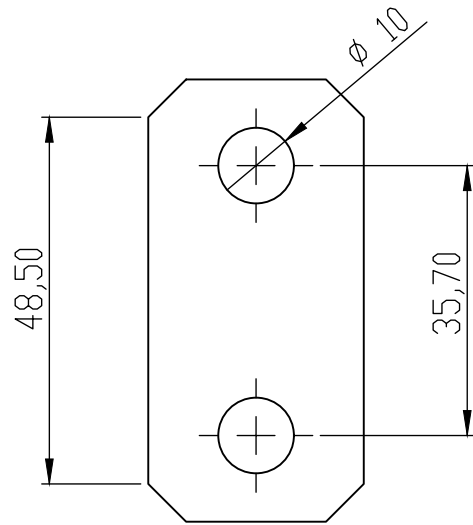



4	3	CIRCLIP PARA EJES d=9.3mm	DIN 471	
3	3	PASADOR PARALELO CON CABEZA		1.02.02.03
2	1	MANGO DE ACCIONAMIENTO		1.02.02.02
1	1	ARTICULACIÓN MANGO-BLOQUE		1.02.02.01
MARCA	CANT.	DESIGNACIÓN	NORMA	Nº PLANO

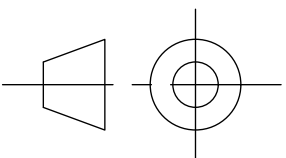
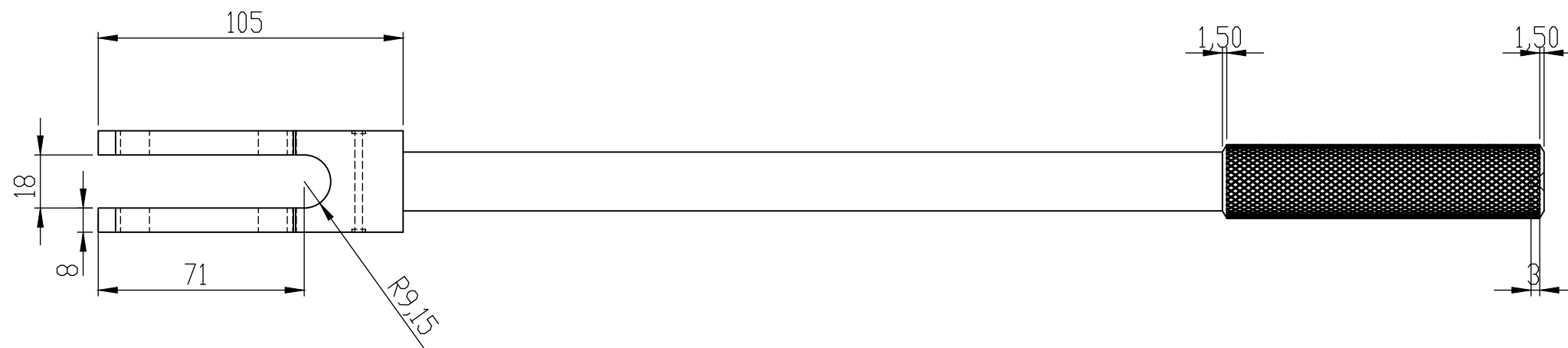
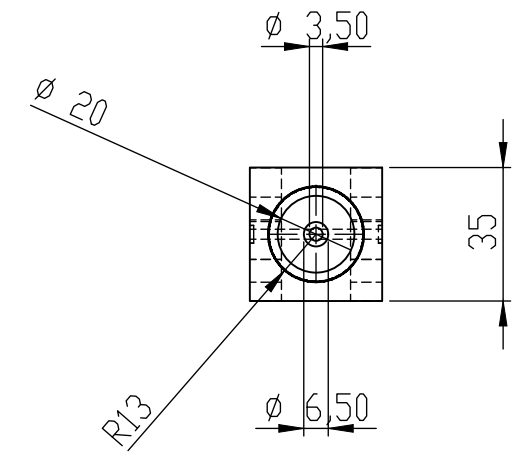
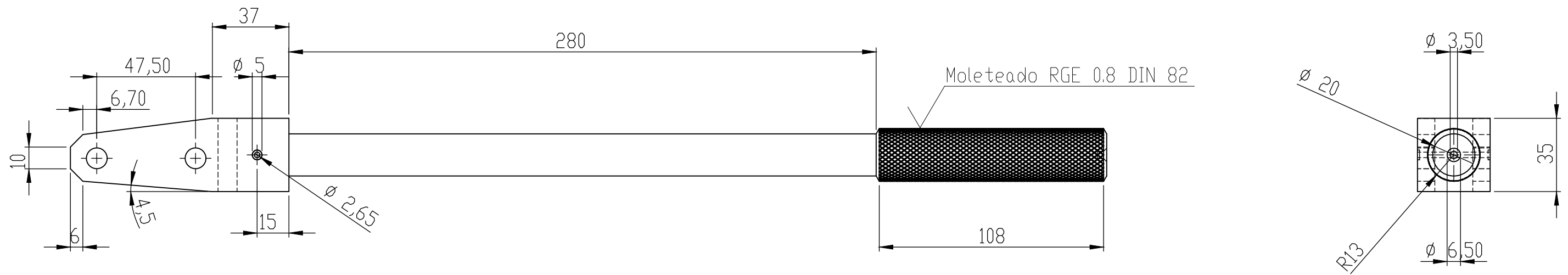
MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR		
Apellidos		HDEZ. DELGADO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

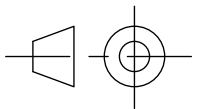
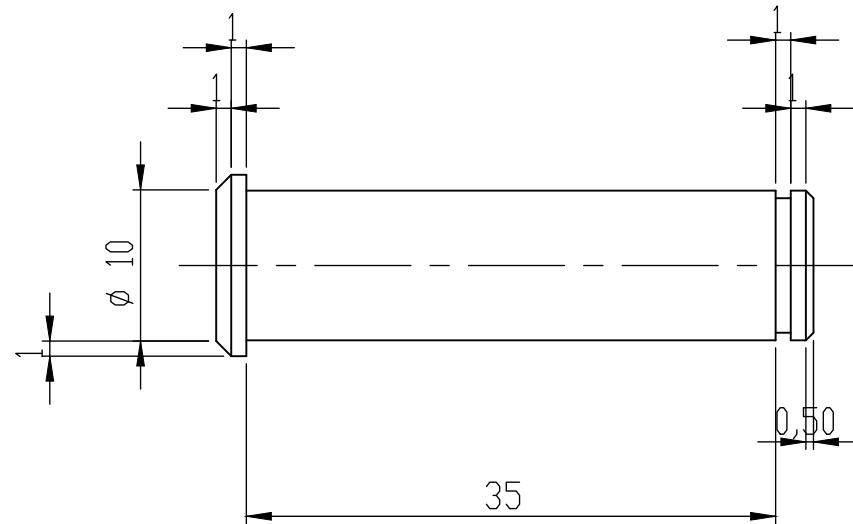
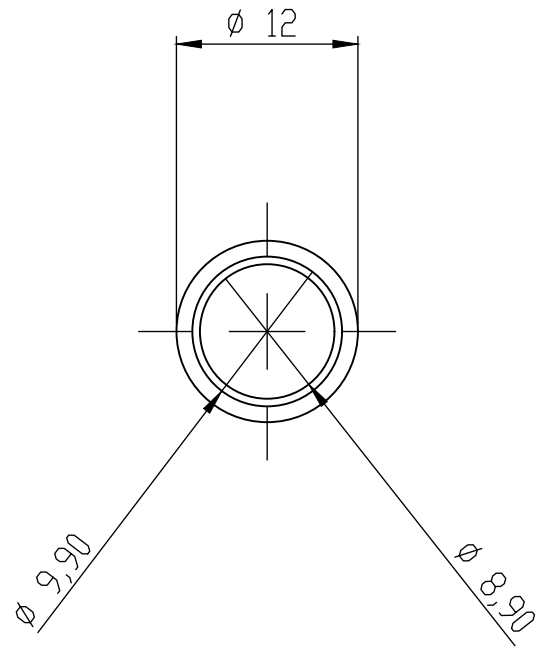
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO	Nº P.:
1:2	VISTA EXPLOSIONADA SUBCONJUNTO ACCIONAMIENTO MANUAL	1.02.02
		Non.Arch:




MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR		
Apellidos		HDEZ. DELGADO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO			Nº P. :
1:1	ARTICULACIÓN PALANCA-BLOQUE			1.02.02.01
				Non.Arch:

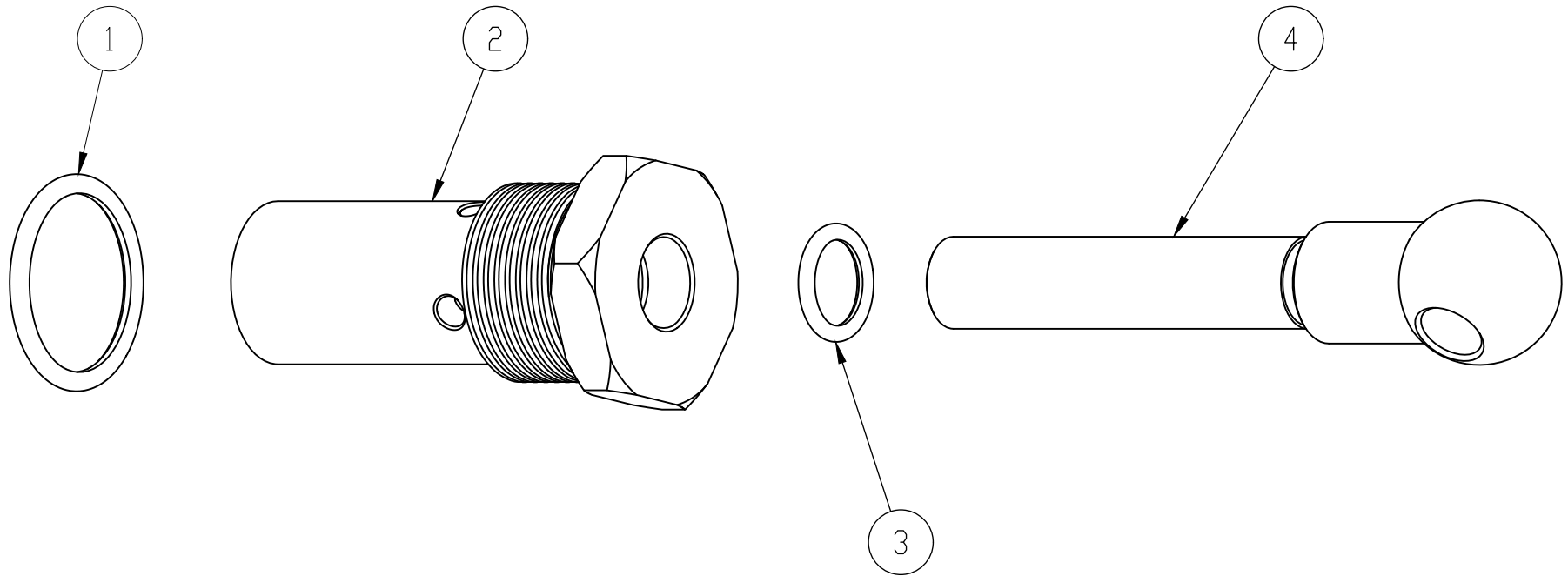


PLANO DE CONJUNTO: FRENO DE MANDO			
Nombre	Fecha	Autor	
Apellidos		LIBERTO ZOHAR	
Id. s. normas		HDEZ. DELGADO	
		UNE-EN-DIN	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P. :
1:2	PALANCA DE ACCIONAMIENTO		1.02.02.02
			NonArch:



MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR		
Apellidos		HDEZ. DELGADO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.02.03
2:1	PASADOR PARALELO CON CABEZA			Non.Arch:





4	1	ÉMBOLO		1.02.02.02
3	1	ANILLO TÓRICO NBR (6.5x1.25)mm	DIN 3770	
2	1	CILINDRO		1.02.02.01
1	1	ANILLO TÓRICO NBR (13x1.5)mm	DIN 3770	
MARCA	CANT.	DESIGNACIÓN	NORMA	Nº PLANO

MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR		
Apellidos		HDEZ. DELGADO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			

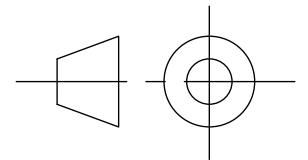
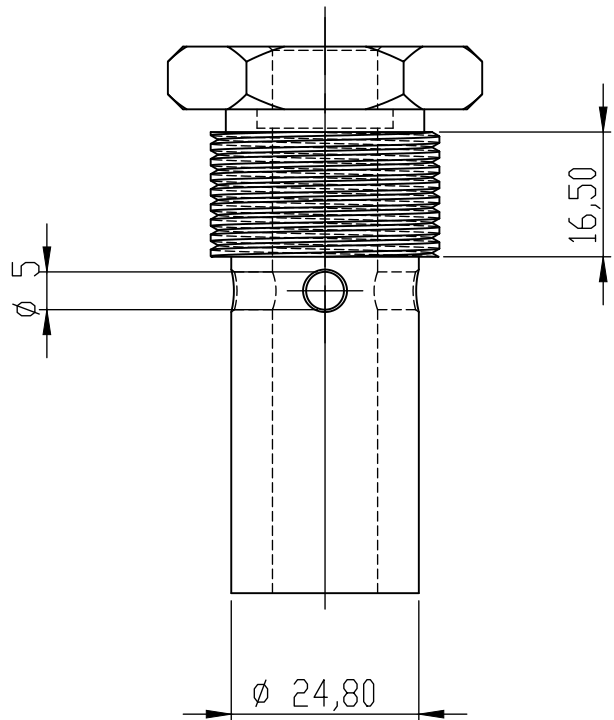
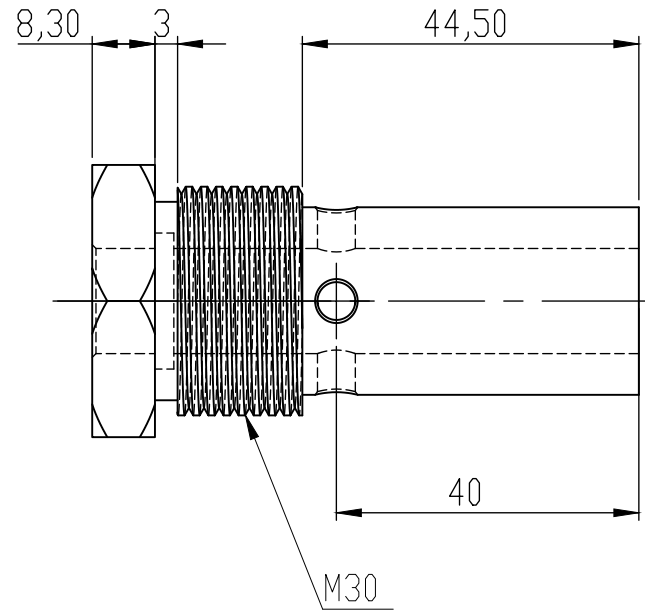
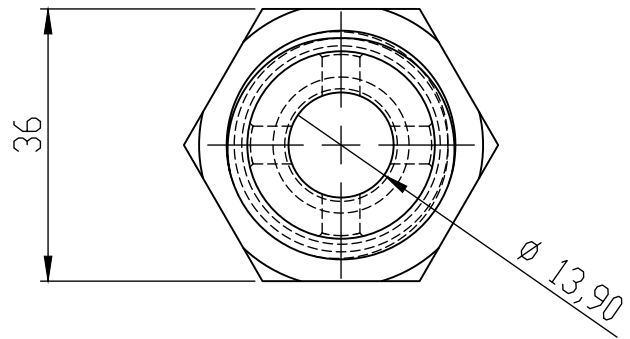
ESCALA:


1:1

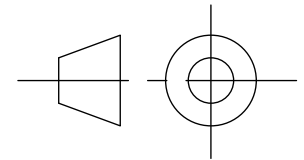
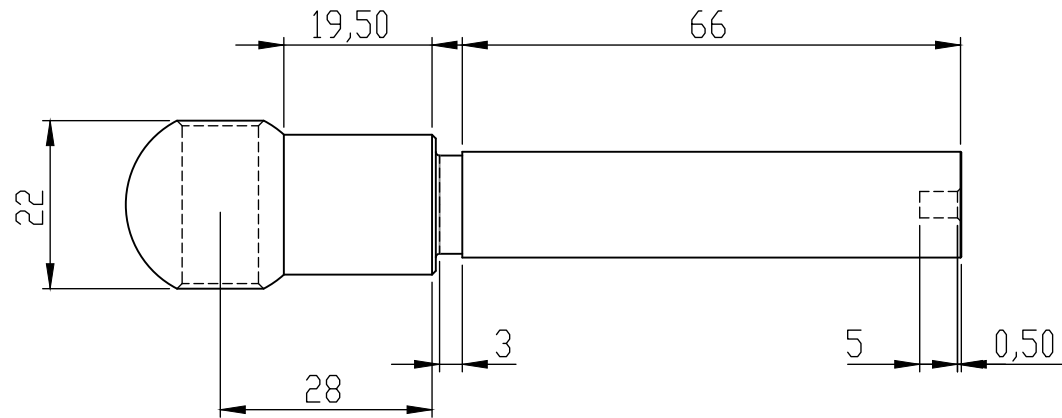
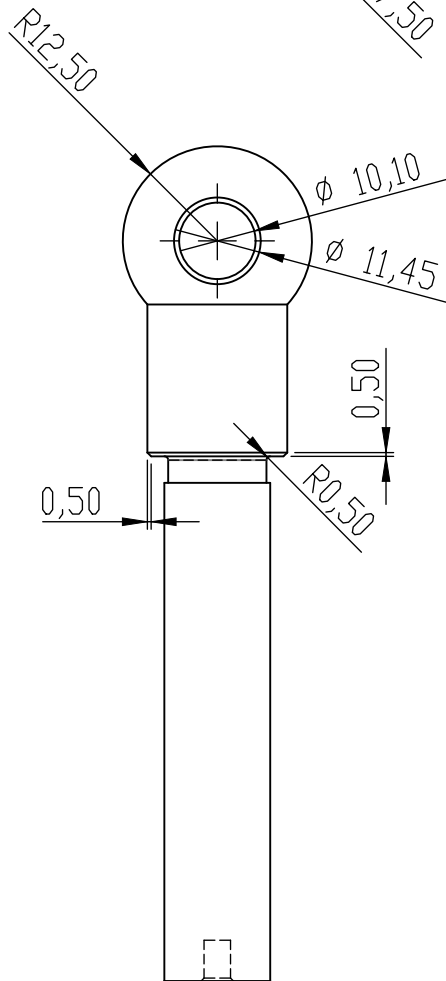
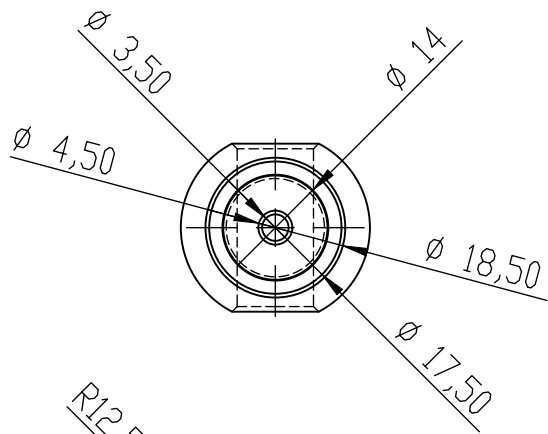
TÍTULO DEL PLANO  
 VISTA EXPLOSIONADA  
 SUBCONJUNTO CILINDRO-PISTÓN


Nº P. : 1.02.03

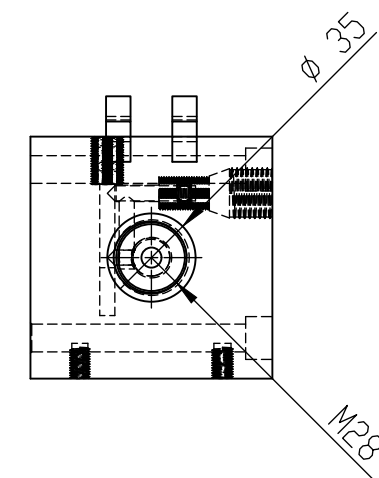
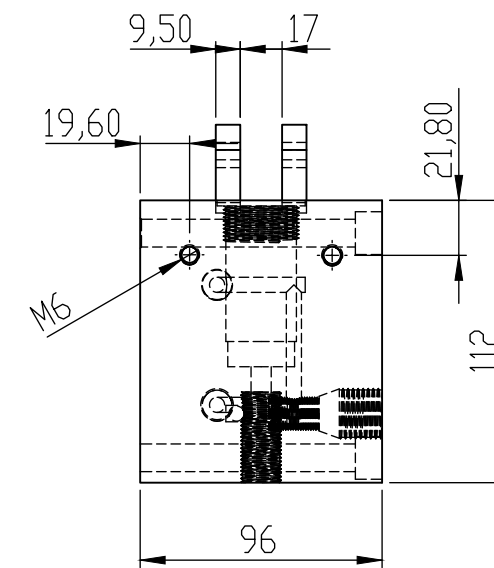
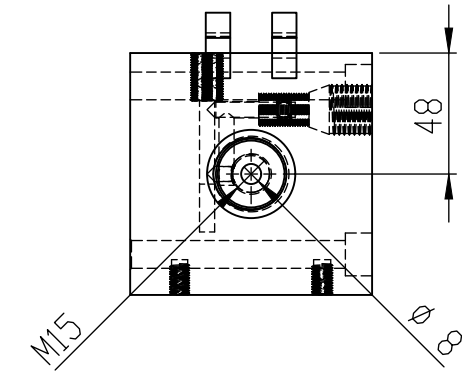
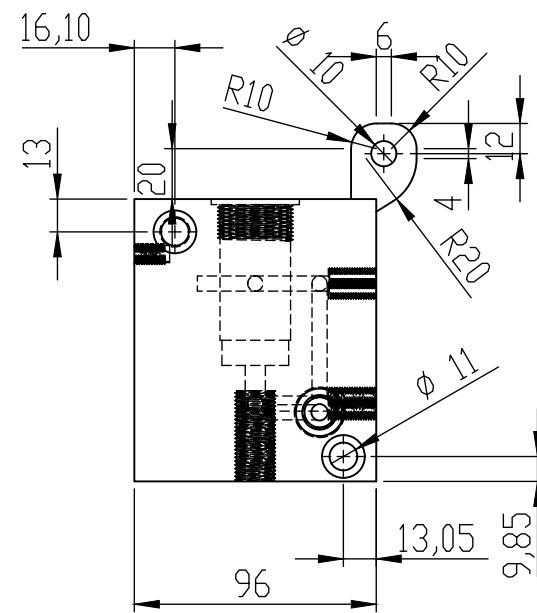
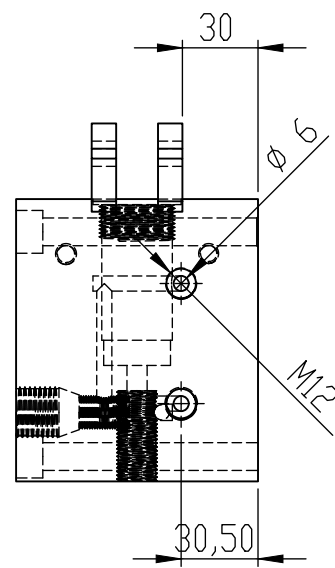
Non.Arch:



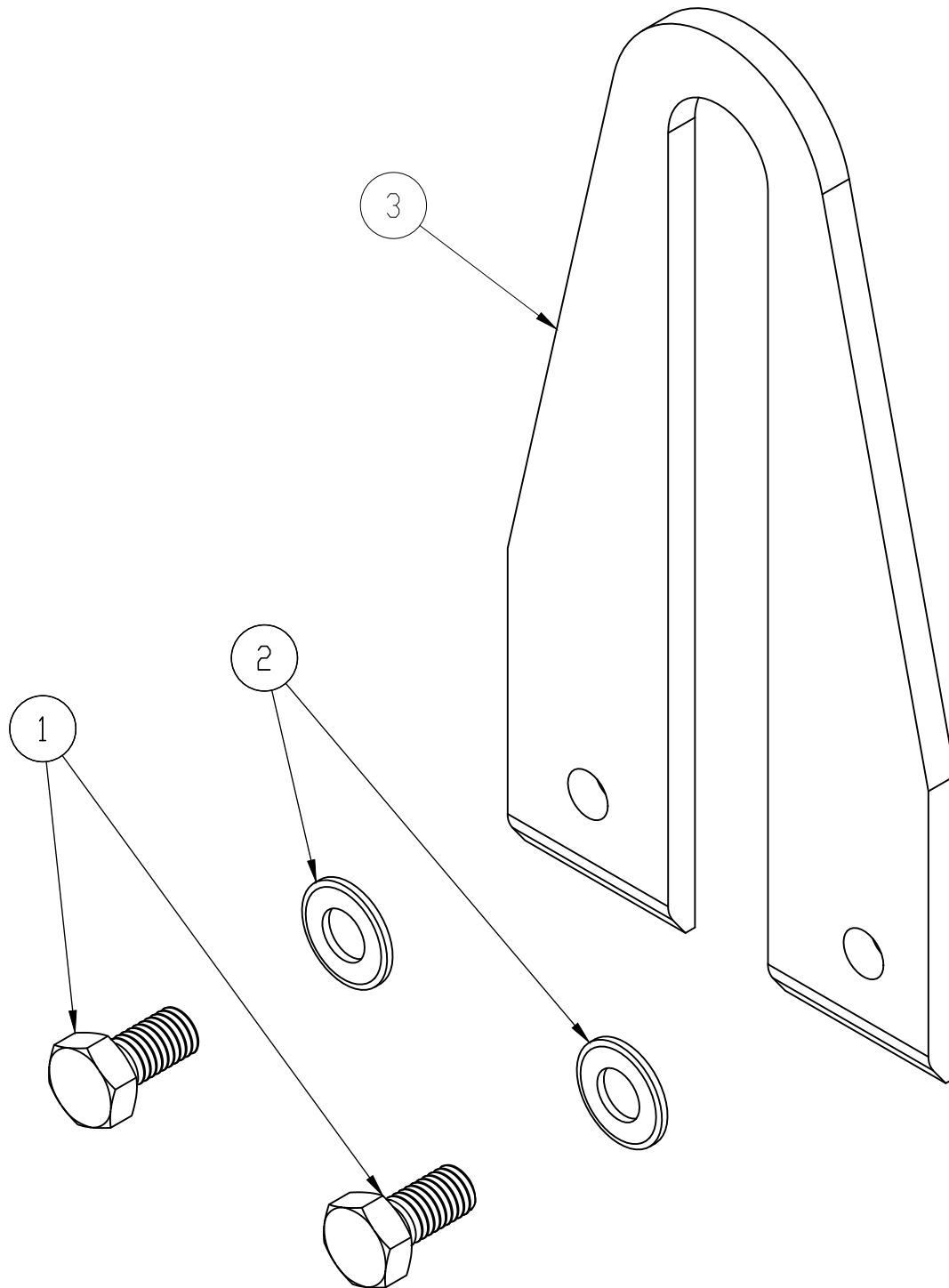
MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR		
Apellidos		HDEZ. DELGADO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.03.01
1:1	CILINDRO			Non.Arch:



MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148				
Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
	Apellidos	LIBERTO ZOHAR		
	Id. s. normas	HDEZ. DELGADO		
	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.03.02
1:1	ÉMBOLO			Non.Arch:



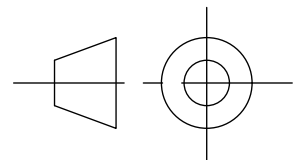
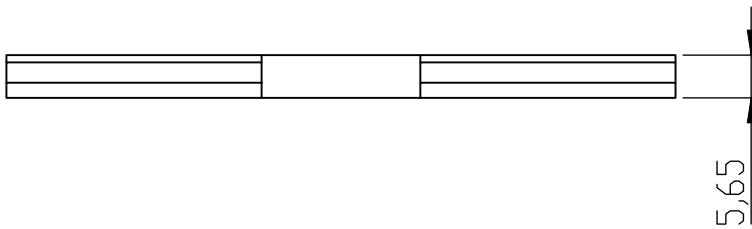
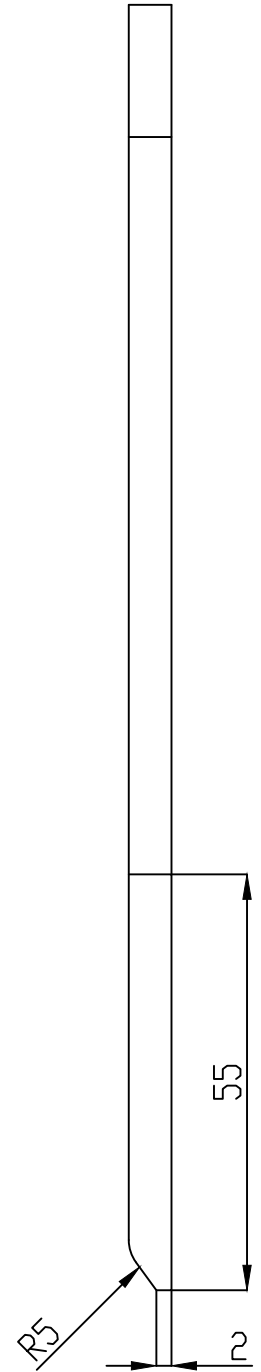
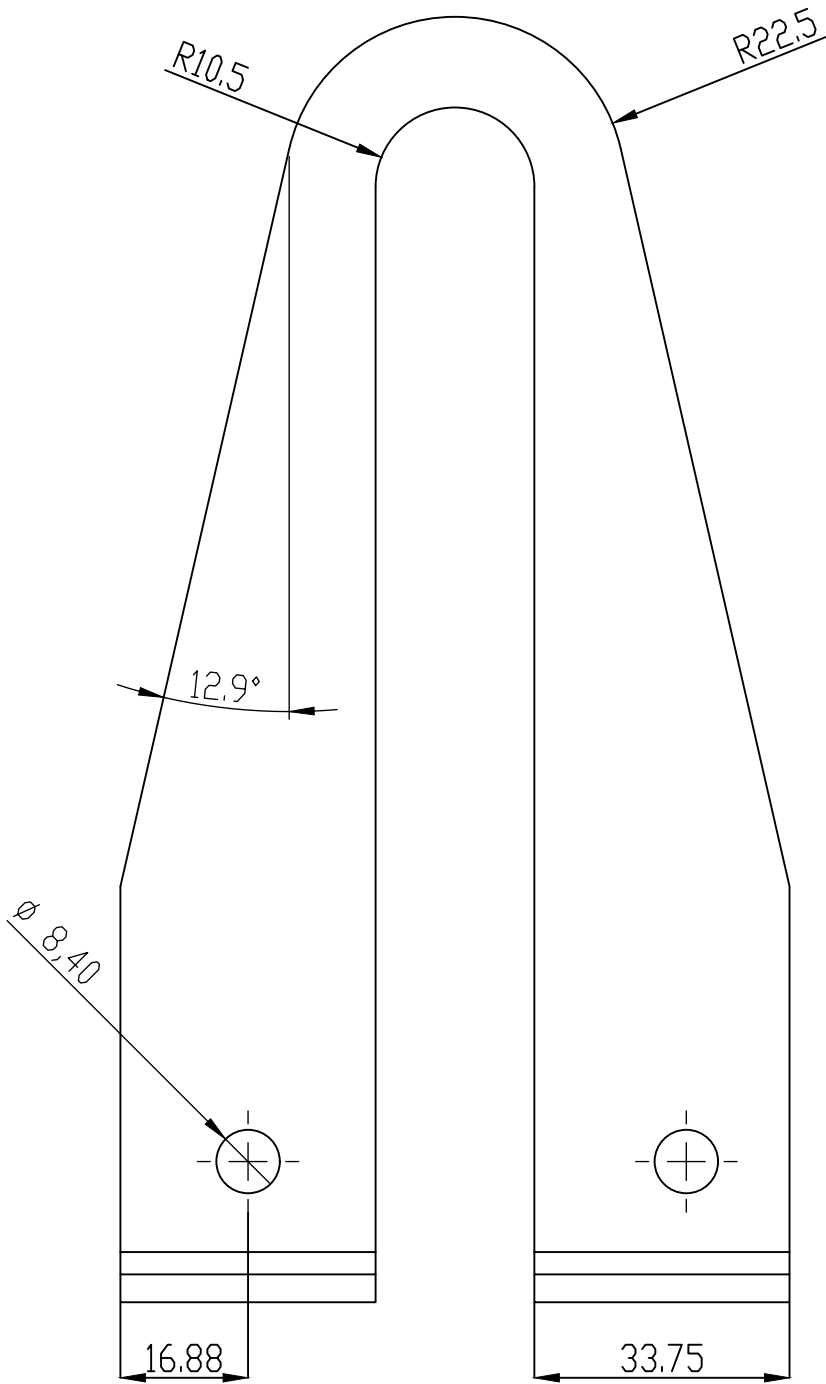
MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148			
Nombre	Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		LIBERTO ZOHAR	
Id. s. normas		HDEZ. DELGADO	
		UNE-EN-DIN	
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P. :
1:3	BLOQUE DE BOMBEO		1.02.04
			NonArch:



3	1	TOPE DE SEGURIDAD		1.02.05.01
2	2	ARANDELA TIPO A, d=8mm	DIN 6902	
1	2	M8, CABEZA DE 13mm	DIN 24014	
MARCA	CANT.	DESIGNACIÓN	NORMA	Nº PLANO

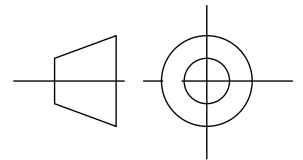
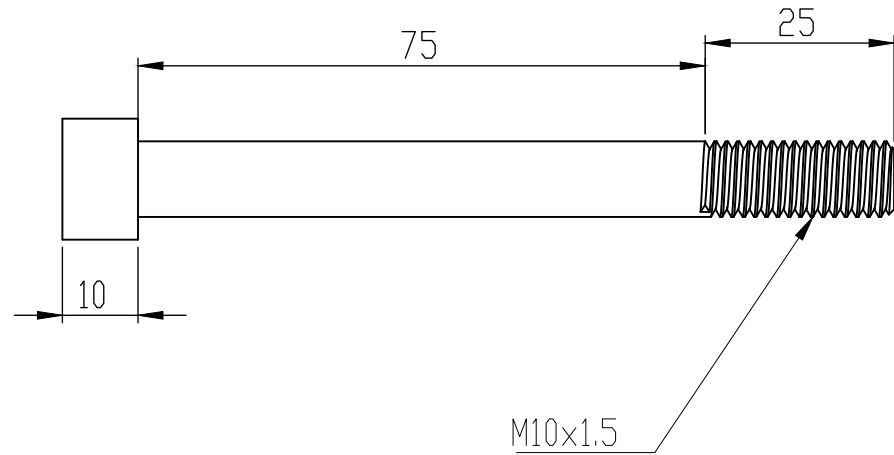
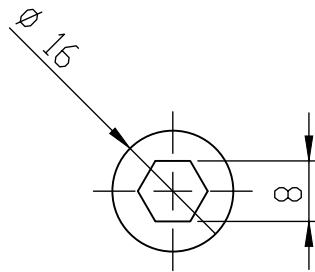
MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

Nombre	Fecha	Autor		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		LIBERTO ZOHAR		
Id. s. normas		HDEZ. DELGADO		
ESCALA:	UNE-EN-DIN		TÍTULO DEL PLANO	Nº P. : 1.02.05
1:1			TOPE DE PALANCA DE ACCIONAMIENTO	Nom.Arch:

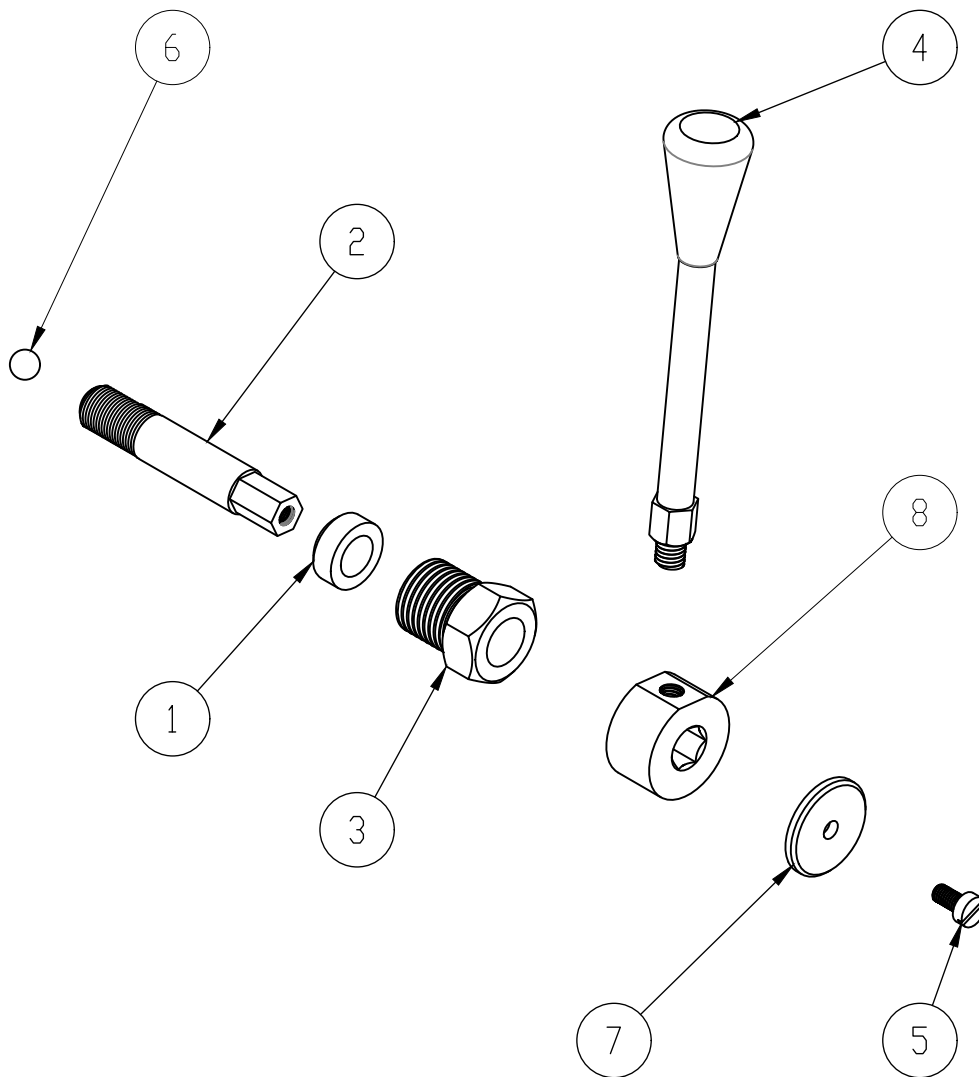


MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

Nombre		Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos			LIBERTO ZOHAR		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	HDEZ. DELGADO		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO			Nº P. :	1.02.05.01
1:1	TOPE DE SEGURIDAD			Nom.Arch:	



MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR		
Apellidos		HDEZ. DELGADO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.06
1:1	TORNILLOS DE FIJACIÓN			Non.Arch:

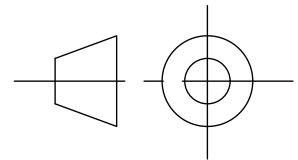
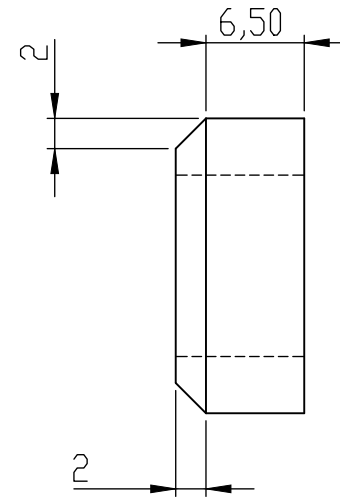
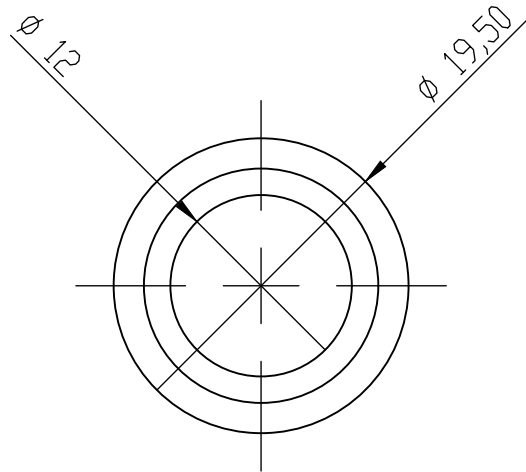


8	1	DADO DE ALIVIO		1.02.07.07
7	1	ARANDELA DE ALIVIO		1.02.07.06
6	1	VÁLVULA ANTIRRETORNO		1.02.07.05
5	1	TORNILLO M5x0.8	DIN 921	
4	1	MANGO DE ALIVIO		1.02.07.04
3	1	TORNILLO PASANTE DE ALIVIO		1.02.07.03
2	1	TORNILLO DE ALIVIO		1.02.07.02
1	1	SELLO HIDRÁULICO		1.02.07.01
MARCA	CANT.	DESIGNACIÓN	NORMA	Nº PLANO


MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

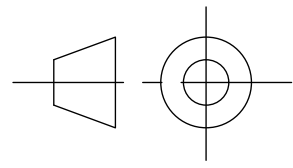
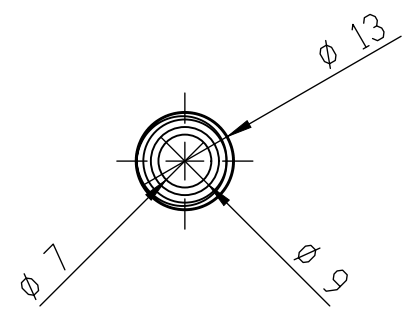
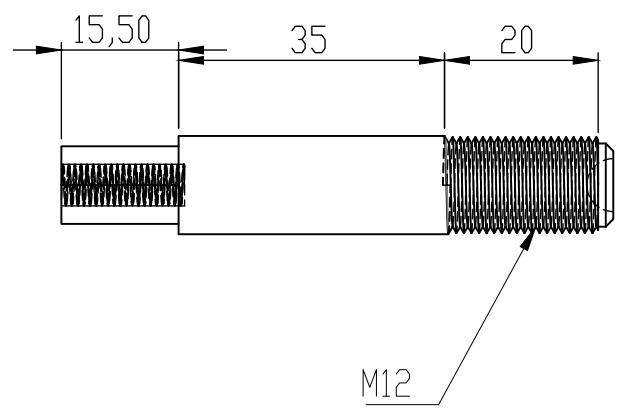
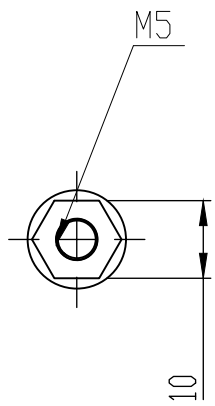
Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		LIBERTO ZOHAR		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN	HDEZ. DELGADO		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.07
1:2	VISTA EXPLOSIONADA SUBCONJUNTO ALIVIÓN DE PRESIÓN			Nom.Arch:



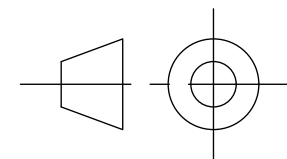
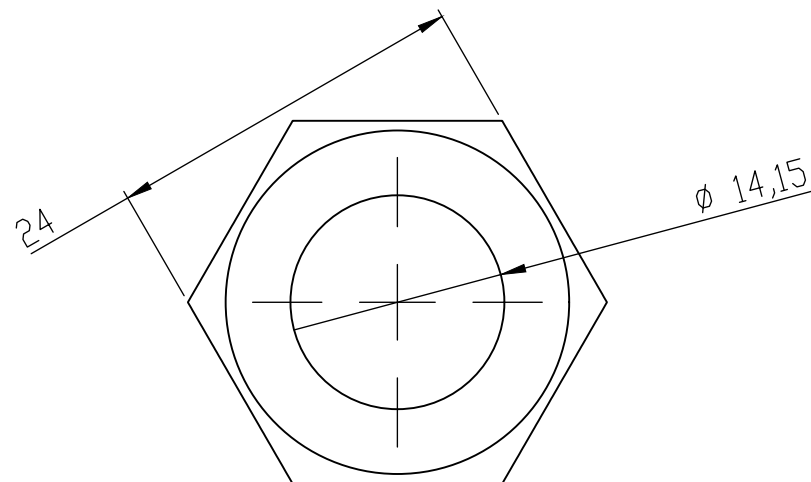
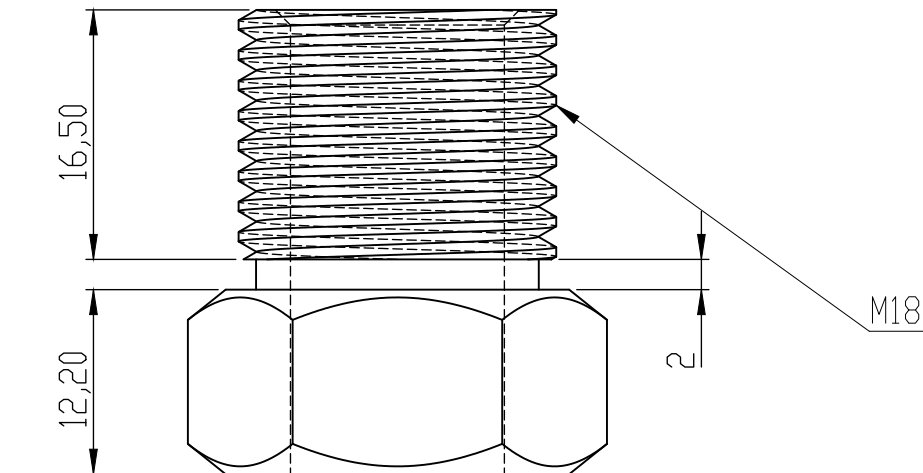


MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

				ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA		
		Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	Grado en Ingeniería Mecánica	
Nombre			LIBERTO ZOHAR		Universidad de La Laguna	
Apellidos			HDEZ. DELGADO			
Id. s. normas		UNE-EN-DIN				
ESCALA:		TITULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.07.01	
2:1		SELLO HIDRÁULICO			Nom.Arch:	

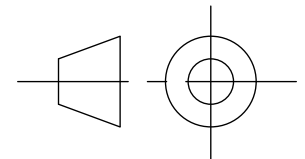
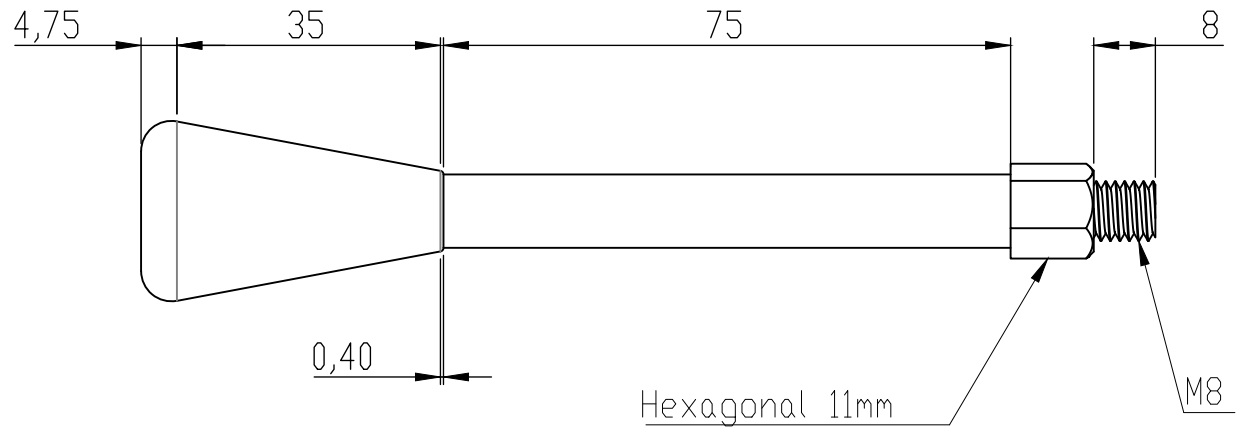
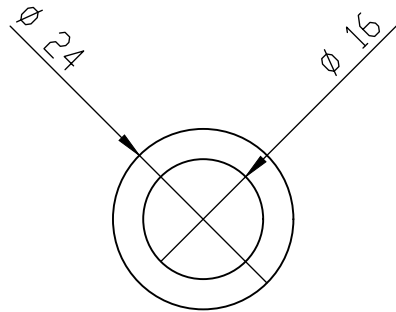



MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR		
Apellidos		HDEZ. DELGADO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.07.02
1:1	TORNILLO DE ALIVIO			Non.Arch:

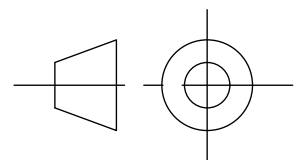
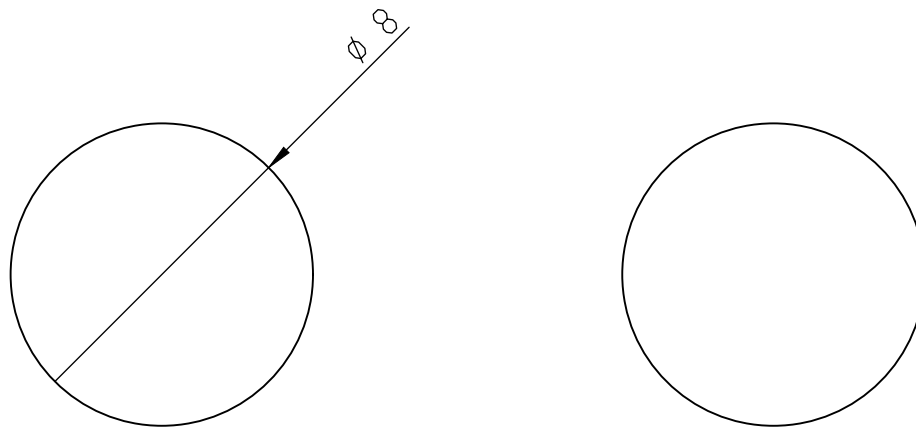


MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148			
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR	
Apellidos		HDEZ. DELGADO	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	TITULO DEL PLANO		Nº P. : 1.02.07.03
2:1	TORNILLO PASANTE DE ALIVIO		Nom.Arch:

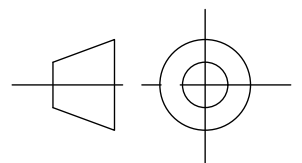
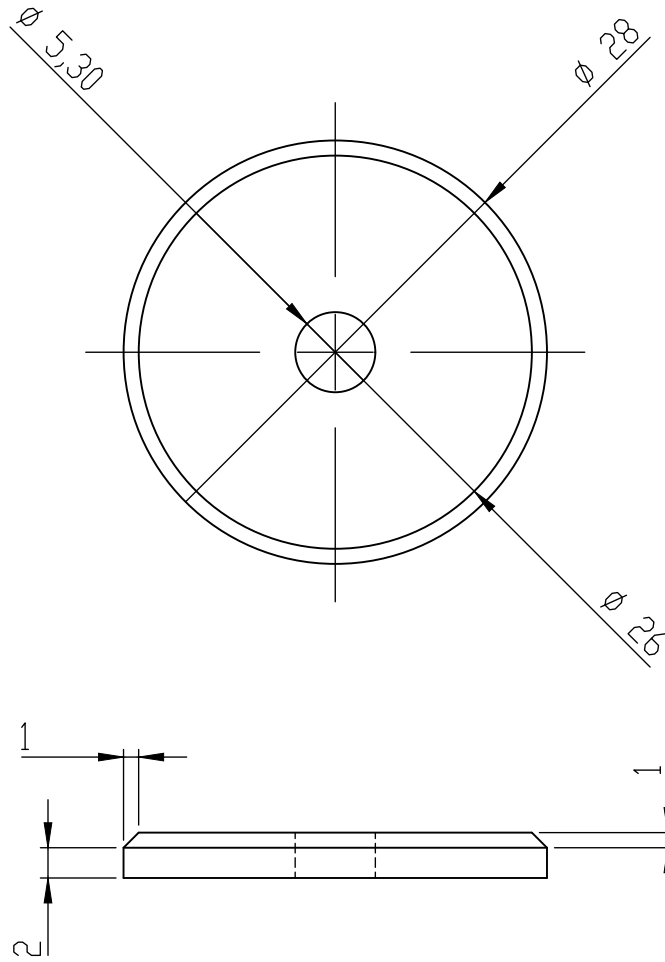
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
 Grado en Ingeniería Mecánica  
 Universidad de La Laguna



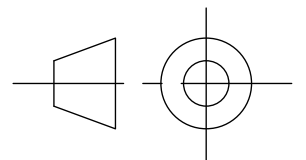
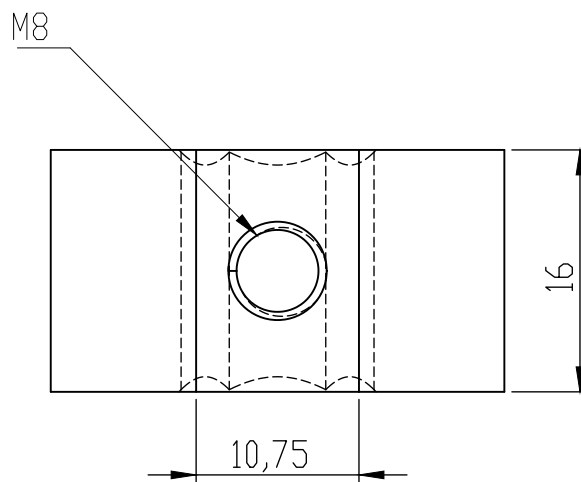
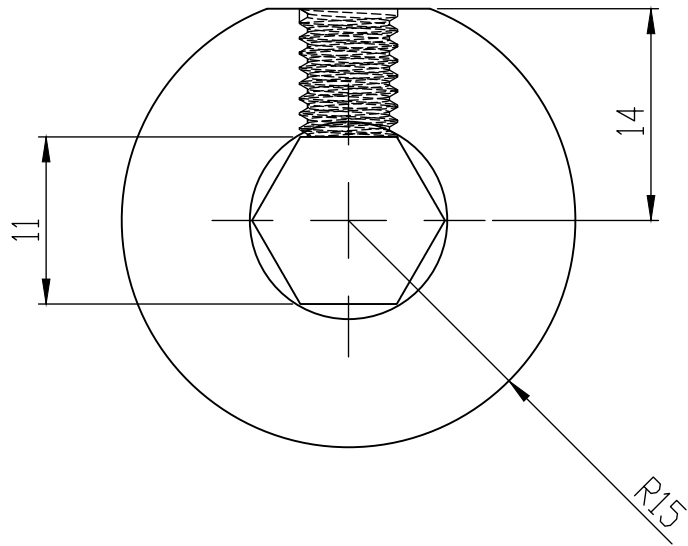
MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148				
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR		
Apellidos		HDEZ. DELGADO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.07.04
1:1	PALANCA DE ALIVIO			Non.Arch:



MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148				
Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		LIBERTO ZOHAR		
Id. s. normas		HDEZ. DELGADO		
		UNE-EN-DIN		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.07.05
5:1	VÁLVULA ANTIRRETORNO			Nom.Arch:

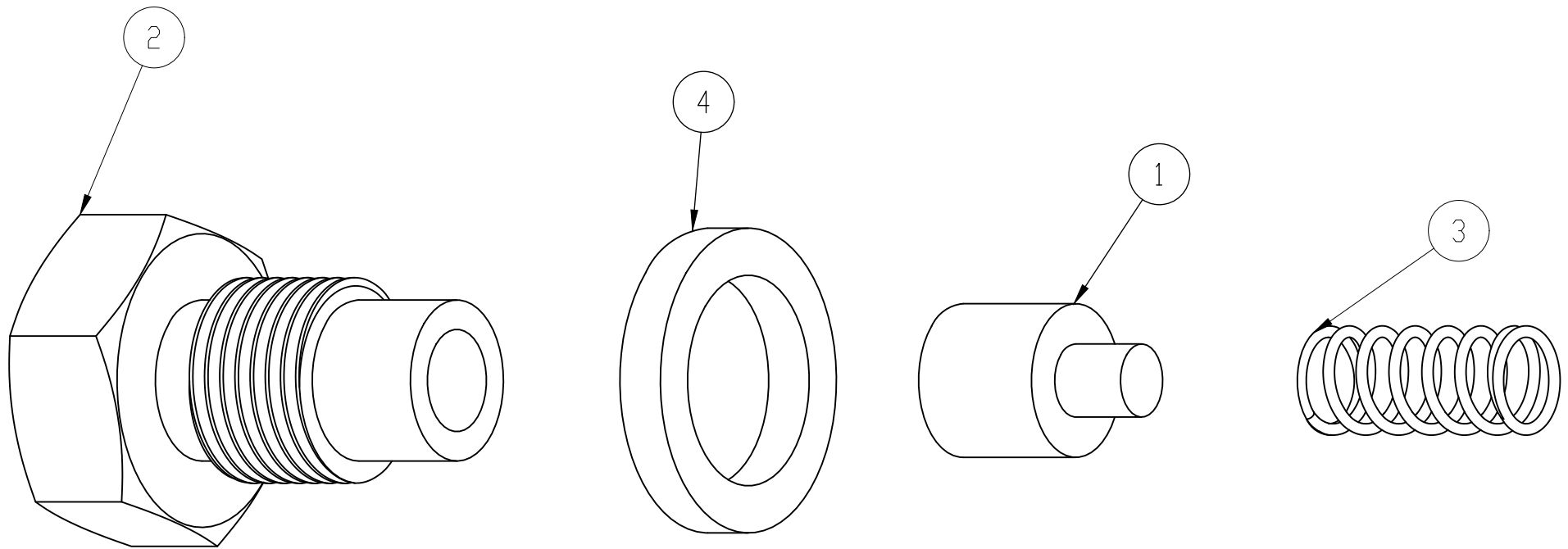


MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148					
Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Apellidos		LIBERTO ZOHAR			
Id. s. normas		HDEZ. DELGADO			
		UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO			Nº P. :	1.02.07.06
2:1	ARANDELA DE ALIVIO			Nom.Arch:	



MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

Nombre		Fecha	Autor	 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos			LIBERTO ZOHAR	
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	HDEZ. DELGADO	
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO		Nº P. : 1.02.07.07	
2:1	DADO DE ALIVIO		Nom.Arch:	

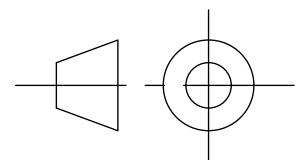
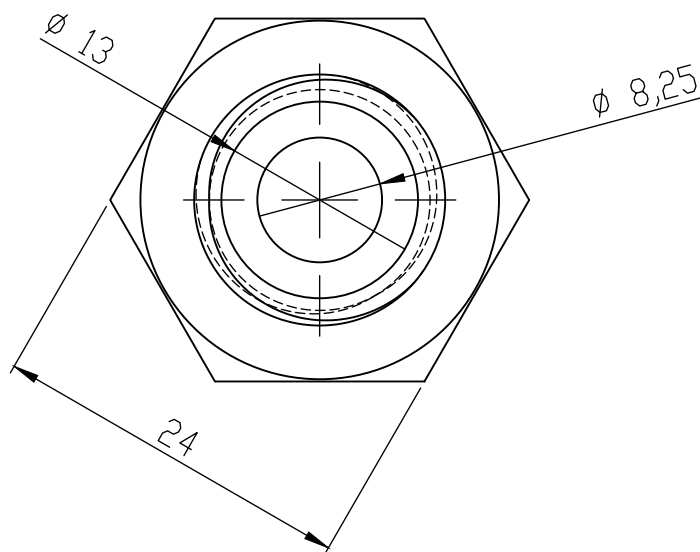
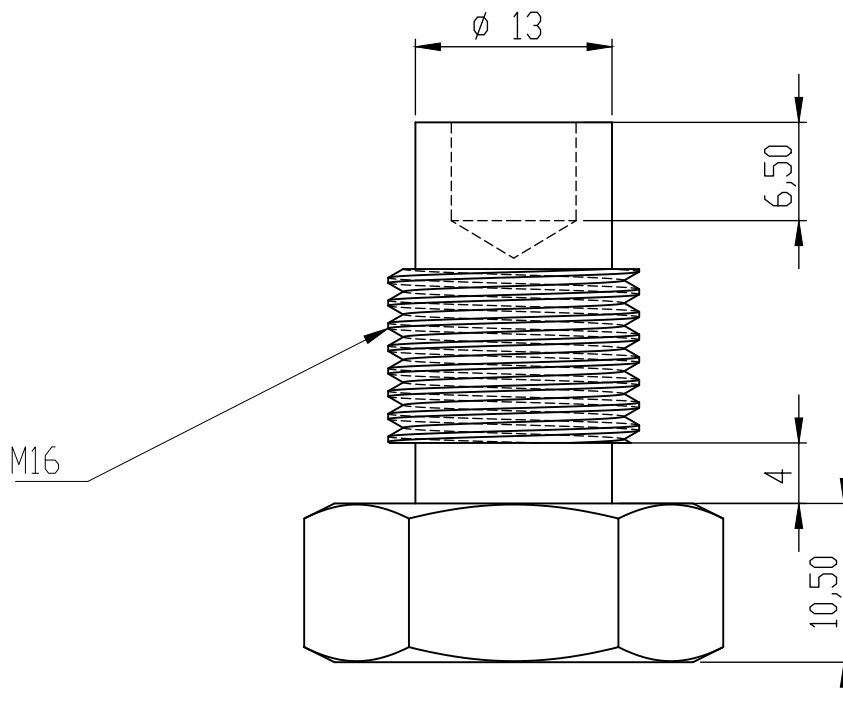



4	1	ARANDELA (8.5x4)mm	DIN 28738	
3	1	RESORTE DE PURGA		1.02.08.03
2	1	TORNILLO DE PURGA		1.02.08.02
1	1	TAPÓN RETENEDOR		1.02.08.01
MARCA	CANT.	DESIGNACIÓN	NORMA	Nº PLANO

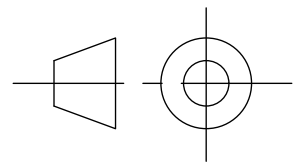
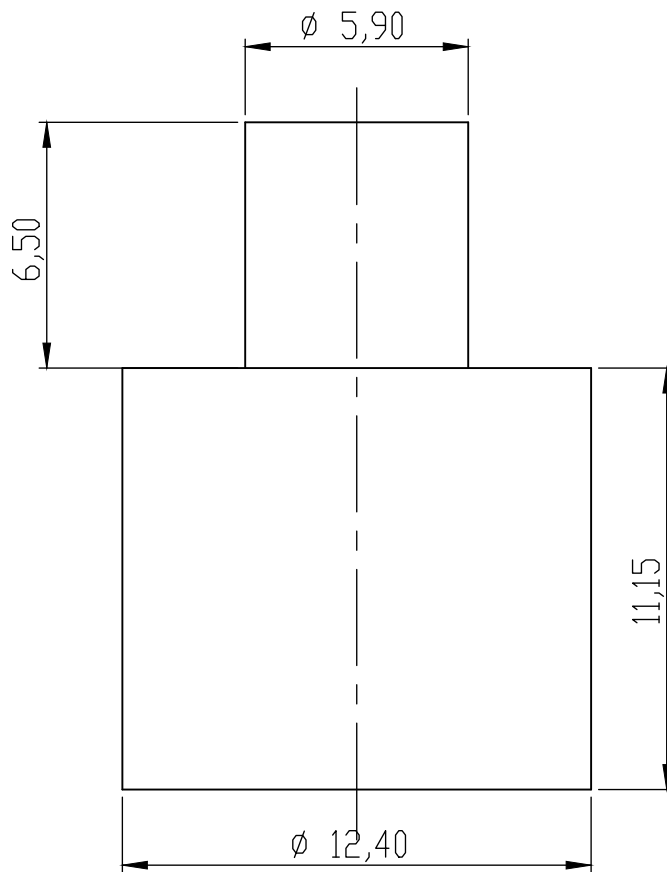
MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR		
Apellidos		HDEZ. DELGADO		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	TITULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.08
2:1	VISTA EXPLOSIONADA SUBCONJUNTO DE PURGA			Non.Arch:



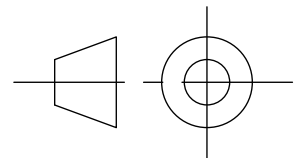
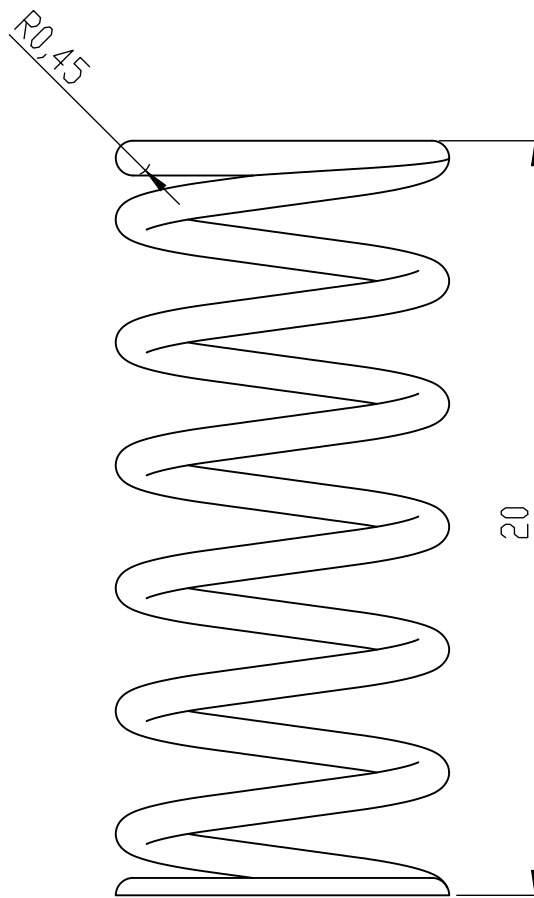
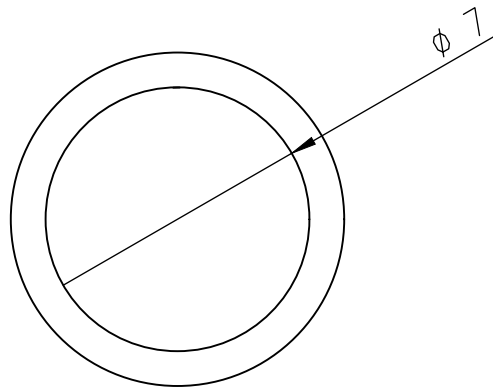


MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148				
Nombre	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos		LIBERTO ZOHAR		
Id. s. normas		HDEZ. DELGADO		
		UNE-EN-DIN		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO			Nº P. :
2:1	TORNILLO DE PURGA			1.02.08.01
				Nom.Arch:



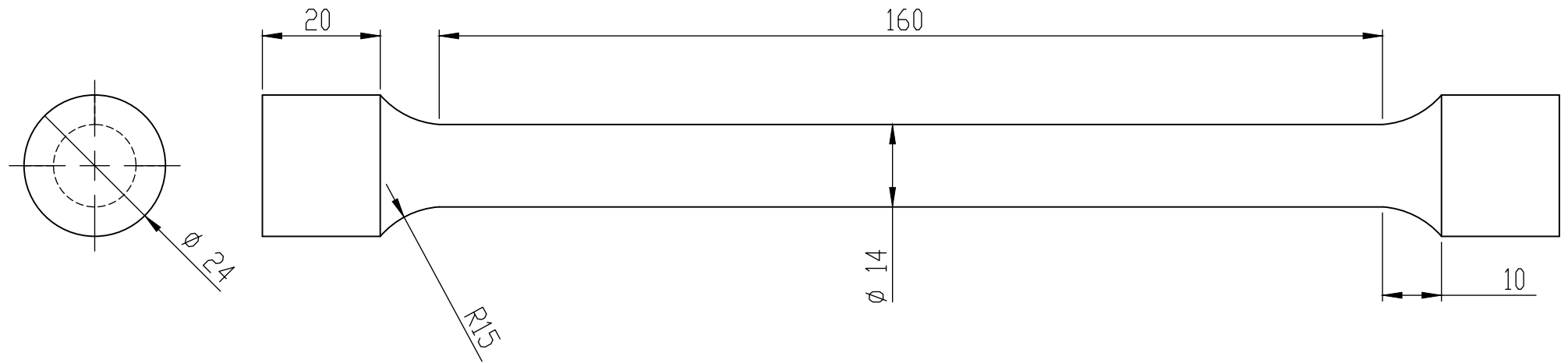
MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148


Nombre		Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos			LIBERTO ZOHAR		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	HDEZ. DELGADO		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO			Nº P. : 1.02.08.02	
5:1	TAPÓN RETENEDOR			Nom.Arch:	



MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148

Nombre		Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Apellidos			LIBERTO ZOHAR		
Id. s. normas		UNE-EN-DIN	HDEZ. DELGADO		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO			Nº P. :	1.02.08.03
5:1	RESORTE DE PURGA			Nom.Arch:	



MÁQUINA UNIVERSAL HOYTOM LT. 1.148			
	Fecha	Autor	 Universidad de La Laguna
Nombre		LIBERTO ZOHAR	
Apellidos		HDEZ. DELGADO	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO		Nº P. : 2.01
1:1	PROBETA DE ENSAYO A TRACCIÓN		Non.Arch: