



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Universidad de Valladolid

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**Documentación del estudio de determinación
de las exigencias geométricas funcionales
según ISO GPS del anteproyecto de un
dispositivo. Interacción de la impresión 3D con
el análisis geométrico.**

Autor:

Dimitrov Sotirov, Sotir

Tutor:

Esandi Baztán, María Ángeles

**Departamento de Expresión
Gráfica en la Ingeniería**

Valladolid, Julio de 2022





RESUMEN

La resolución de problemas es la principal tarea de un ingeniero, para conseguirlo, debe contar con dos requisitos indispensables: ser creativo y cumplir las normativas.

Hay ciertas características, aspectos, ideas, que no se pueden describir con palabras, por ello nace el lenguaje gráfico, un idioma universal empleado para diseñar, desarrollar y construir productos y sistemas en todo el mundo.

Hoy en día, el avance tecnológico es tan veloz y dinámico cómo lo son las técnicas de análisis y diseño que lo sustentan. Dichas técnicas son la base para lograr transformar idóneamente ideas en hechos materiales.

PALABRAS CLAVE

Cuaderno de cargas

Análisis funcional

Planos

Impresión 3D

Normas ISO GPS



ABSTRACT

Problem solving is the main task of an engineer, and to achieve this, he or she must have two indispensable requirements: to be creative and to comply with regulations.

There are certain characteristics, aspects and ideas that cannot be described in words, which is why graphic language was born, a universal language used to design, develop and build products and systems all over the world.

Nowadays, technological progress is as fast and dynamic as the analysis and design techniques that support it. These techniques are the basis for the successful transformation of ideas into material facts.

KEY WORDS

Lean machining

Functional analysis

Plans

3D printing

ISO GPS standarts

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	9
1.1 INTRODUCCIÓN	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.3 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO.....	11
2. ESTADO DEL ARTE.....	13
2.1 FUNCIONAMIENTO DE UN CILINDRO NEUMÁTICO DE DOBLE EFECTO	13
2.2 REQUERIMIENTOS DEL ANÁLISIS FUNCIONAL.....	14
2.3 REQUERIMIENTOS DEL CUADERNO DE CARGAS	16
3. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL UTILLAJE	17
3.1 DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO	18
3.2 GENERACIÓN DE UNA ESCALA NO NORMALIZADA	20
3.3 COMPONENTES DEL UTILLAJE	21
3.4 IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES NORMALIZADOS Y NO NORMALIZADOS 22	
3.5 FUNDAMENTOS PARA EL ANÁLISIS FUNCIONAL.....	23
3.5.1 Tolerancias dimensionales generales	23
3.5.2 Tolerancia dimensional específica para Ajustes ISO.....	24
3.5.3 Tolerancias geométricas.....	28
3.5.4 Acabados superficiales.....	29
3.6 PIEZAS NORMALIZADAS.....	31
3.6.1 Resorte comercial FYWB6-25 (Marca 06).....	31
3.6.2 Pasadores ISO 2338.....	32
3.6.3 Casquillo ISO 2795.....	33
3.6.4 Juntas Tóricas comerciales	33
3.6.5 Tornillos y Tuercas	33
3.7 CUADERNO DE CARGAS.....	35
3.7.1 Bancada (Marca 01).....	35
3.7.2 Base (Marca 02)	36
3.7.3 Rodillo $\varnothing 40 \times 20$ (Marca 03).....	37
3.7.4 Rodillo $\varnothing 40 \times 18$ (Marca 04).....	37
3.7.5 Alojamiento muelle (Marca 05).....	38



3.7.6	Resorte (Marca 06).....	38
3.7.7	Espárrago ranurado M20x10 (Marca 07)	38
3.7.8	Palanca (Marca 08)	39
3.7.9	Cilindro interior (Marca 09)	40
3.7.10	Tapa (Marca 10).....	40
3.7.11	Tope (Marca 11).....	41
3.7.12	Soporte (Marca 12).....	41
3.7.13	Casquillo (Marca 13).....	42
3.7.14	Junta para tapa (Marca 14).....	43
3.7.15	Émbolo (Marca 15)	43
3.7.16	Eje (Marca 16).....	44
3.8	ENSAMBLAJE FINAL	46
3.8.1	Montaje Muelle	46
3.8.2	Montaje Cilindro interior con Juntas.....	46
3.8.3	Montaje Interior.....	47
3.9	MONTAJE Y DESMONTAJE	47
3.10	POSICIONES EXTREMAS	50
3.11	POSIBLES CONFIGURACIONES.....	51
3.12	NORMATIVA	52
4.	PLANOS	54
5.	IMPRESIÓN 3D	71
5.1	SOFTWARE Y HARDWARE.....	71
5.1.1	SOFTWARE DE IMPRESIÓN.....	71
5.1.2	HARDWARE.....	72
5.2	IMPRESIÓN DEL PRIMER PROTOTIPO COMPLETO.....	74
6.	PRESUPUESTO	80
6.1	PRESUPUESTO DEL PROTOTIPO MEDIANTE IMPRESIÓN 3D	80
6.2	PRESUPUESTO DEL UTILLAJE MECANIZADO	81
6.3	PRESUPUESTO FINAL DEL PROYECTO.....	82
7.	CONCLUSIONES.....	83
8.	Bibliografía	85
ANEXO A: TABLAS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.....		87
ANEXO B: ACEROS DE CONSTRUCCIÓN		92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de conjunto.....	9
Figura 2. Arandela inicial frente arandela mecanizada.....	10
Figura 3. Cilindro neumático de doble efecto.....	13
Figura 4. Primer croquis realizado.....	17
Figura 5. Orificio A para la entrada de aire comprimido.....	18
Figura 6. Orificio B para la entrada de aire comprimido.....	19
Figura 7. Escala volante.....	20
Figura 8. Ejemplo de tolerancia dimensional.....	23
Figura 9. Tipos de ajustes ISO. Fuente: (Pérez Fernández & Álvarez García, 2016).....	25
Figura 10. Sistema agujero base. Fuente: www.imh.eus. Visitado el 18/05/2022.....	26
Figura 11. Sistema eje base. Fuente: www.imh.eus. Visitado el 18/05/2022.....	26
Figura 12. Símbolos en función del tipo de mecanizado. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008).....	29
Figura 13. Disposición de las especificaciones del estado de superficie en el símbolo... 29	29
Figura 14. Rugosidad Media Aritmética.....	30
Figura 15. Resorte FYWB6-25 (Marca06).....	31
Figura 16. Tipos de pasadores ISO 2338.....	32
Figura 17. Tolerancias casquillo ISO 2795.....	33
Figura 18. Uniones atornilladas mediante tornillos de montaje: DIN912 y DIN84. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008).....	34
Figura 19. Inmovilización mediante tuerca-contratuerca. DIN 936. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008).....	34
Figura 20. Bancada (Marca01).....	35
Figura 21. Base (Marca02).....	36
Figura 22. Rodillo Ø40x20 (Marca03).....	37
Figura 23. Rodillo Ø40x18 (Marca04).....	37
Figura 24. Alojamiento muelle (Marca05).....	38
Figura 25. Palanca (Marca08).....	39
Figura 26. Cilindro interior (Marca09).....	40
Figura 27. Tapa (Marca10).....	40
Figura 28. Tope (Marca11).....	41
Figura 29. Soporte (Marca12).....	41
Figura 30. Casquillo (Marca13).....	42
Figura 31. Junta para tapa (Marca14).....	43
Figura 32. Émbolo (Marca15).....	43
Figura 33. Eje (Marca16).....	44
Figura 34. Análisis funcional del eje.....	44
Figura 35. Subconjunto 1: Montaje muelle.....	46
Figura 36. Subconjunto 2: Montaje cilindro interior con juntas.....	46
Figura 37. Subconjunto 3: Montaje interior.....	47
Figura 38. Retirada subconjunto resorte.....	47
Figura 39. Retirada fijación de bancada.....	48
Figura 40. Retirada de bancada y palanca.....	48
Figura 41. Retirada soporte.....	48
Figura 42. Retirada del tope.....	49
Figura 43. Retirada de la tapa y la junta de la tapa.....	49



Figura 44. Retirada del subconjunto interior.	49
Figura 45. Retirada de casquillo y cilindro interior.	50
Figura 46. Posiciones extremas.	50
Figura 47. Rango de bloqueo de piezas	51
Figura 48. Impresión con software Ultimaker Cura.	71
Figura 49. Impresión con software PreForm.	72
Figura 50. Impresora Anet A8 empleada.	73
Figura 51. Impresora Creality ender 3.	73
Figura 52. Impresora Form 3+.	74
Figura 53. Impresión 3D Marca03, Marca04, Marca05, Marca11, Marca25, Marca26, Marca27.	74
Figura 54. Impresión 3D Marca09, Marca10, Marca14.	75
Figura 55. Impresión 3D Marca12, Marca13, Marca15.	75
Figura 56. Marca08, Marca16.	75
Figura 57. Impresión 3D Marca01. Vista 1.	76
Figura 58. Impresión 3D. Vista 2.	77
Figura 59. Marca02.	77
Figura 60. Utillaje impreso montado Vista 1.	78
Figura 61. Utillaje impreso montado. Vista 2.	79
Figura 62. Presupuesto del utillaje mecanizado en Umed.	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de componentes del utillaje.	21
Tabla 2. Lista de piezas a modelar frente a piezas normalizadas.	22
Tabla 3. Tolerancias generales para medidas lineales, excepto aristas matadas. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)	23
Tabla 4. Tolerancias generales para medidas de aristas matadas. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)	24
Tabla 5. Tolerancias generales para medidas angulares. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)	24
Tabla 6. Grados de tolerancia normalizados.	25
Tabla 7. Zona de tolerancias preferentes (ISO 1829) hasta diámetros de 500mm. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)	27
Tabla 8. Aplicaciones de los ajustes.	27
Tabla 9. Símbolos de las tolerancias geométricas. Fuente: (Giesecke, Lockhart, Goodman, & M. Johnson, 2016)	28
Tabla 10. Tipos de superficies en función de su desempeño.	29
Tabla 11. Rugosidad promedio en función del proceso de fabricación.	30
Tabla 12. Código comercial o normalizado de las piezas no modeladas.	31
Tabla 13. Juego y apriete según la pieza posicionada con pasador cilíndrico ISO 2338.	32
Tabla 14. Nomenclatura de los ajustes.	35
Tabla 15. Normativa empleada.	53
Tabla 16. Presupuesto del primer prototipo	80

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

El origen del TFG es un plano de un utillaje completo ensamblado sin una escala normalizada (figura 1) con el que se va a trabajar. Se pueden observar todos los elementos y, a partir de un único plano, se pueden generar todos ellos.

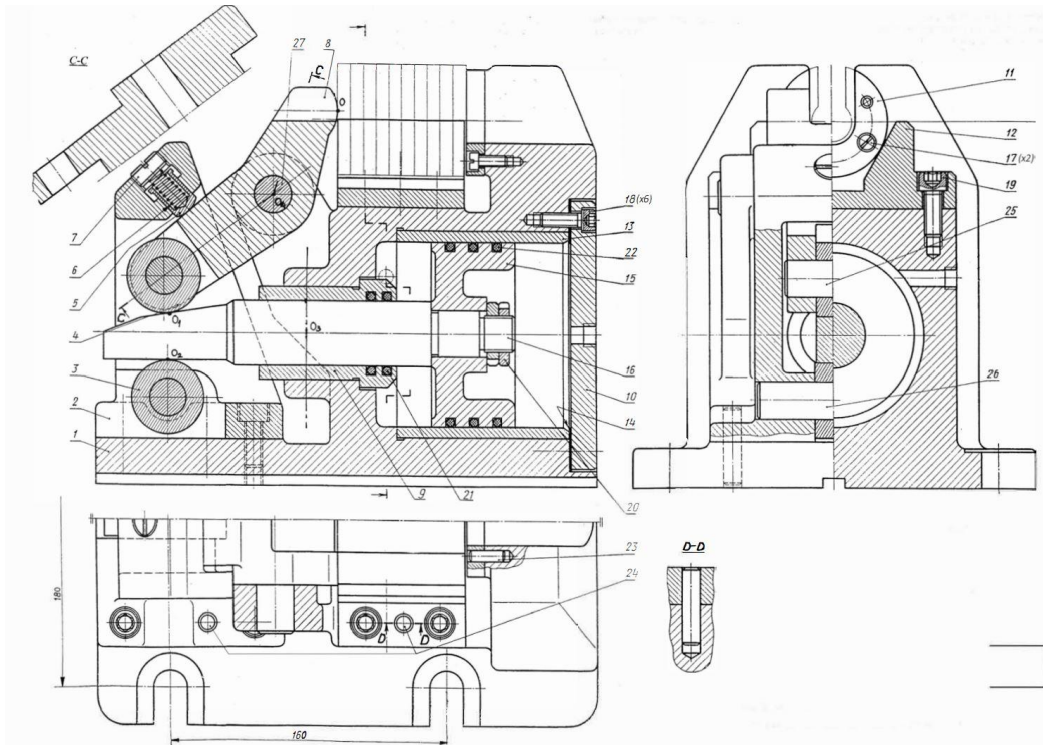


Figura 1. Plano de conjunto.

El plano mencionado indica una cota a partir de la cuál, se generará una escala no normalizada para poder croquizar y representar las piezas en verdadera magnitud.

El dispositivo está diseñado para la fijación simultánea de una cantidad determinada de arandelas para el posterior fresado de una ranura rasgada a todas ellas (figura 2).

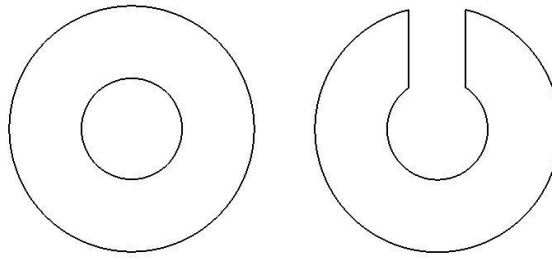


Figura 2. Arandela inicial frente arandela mecanizada.

Las piezas se definen inicialmente mediante croquis de definición para la posterior generación de los modelos 3D con el software CATIA V5. A medida que se comienza a generar una pieza, gracias a la asistencia del software, el ingeniero será consciente de la acotación necesaria que no había tenido en cuenta en su primer croquis de tal forma que, croquis y diseño 3D sumarán para llegar al resultado final buscado.

Tras la generación de todas las piezas no normalizadas y haber descargado las normalizadas de los catálogos pertinentes (www.traceparts.com), se procederá a realizar el ensamblaje del utillaje.

1.2 OBJETIVOS

El principal objetivo es el análisis funcional que permitirá elaborar la documentación necesaria (planos) para definir las piezas.

Será necesario estudiar el montaje y desmontaje del conjunto, así como las cadenas de cotas entre las partes más significativas del mismo.

Este estudio será de gran ayuda a la hora de entender cómo funciona el dispositivo que se está diseñando y poder restringir sus dimensiones mediante la acotación de tolerancias dimensionales y geométricas.

Por último, se pretende estudiar la interacción entre la impresión 3D y el estudio de geometría de las piezas del dispositivo.

1.3 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

La estructura del documento se organiza de la siguiente manera:

- **2. ESTADO DEL ARTE.**
Se comienza enunciando el marco teórico necesario para la contextualización y comprensión del proyecto que se va a explicar en los apartados sucesivos. También, se analizan los estudios previos relacionados con el tema del presente trabajo.
- **3. ESTUDIO DEL MECANISMO.**
Se explica detalladamente el diseño del conjunto: partes diseñadas con ayuda de Catia V5, partes normalizadas, subconjuntos, condiciones funcionales, etc. Básicamente, se trata de todo el estudio previo que se realiza a un utillaje antes de su fabricación.
- **4. PLANOS.**
Todo el proceso previamente realizado y toda la información recopilada desemboca en los planos.
- **5. IMPRESIÓN 3D.**
Se presenta la parte final del proyecto. Tras el estudio completo del mecanismo, se genera un primer prototipo mediante la impresión 3D en plástico: ventajas, inconvenientes, problemas y soluciones. También se estima el coste del prototipo completo.
- **6. PRESUPUESTO.**
Se analiza el coste del proyecto: coste del prototipo del utillaje completo impreso en plástico mediante impresión 3D, coste del mecanizado del utillaje completo en acero y coste de las horas trabajadas por el ingeniero.
- **7. CONCLUSIONES.**
Se finaliza el trabajo recapitulando los objetivos conseguidos durante el transcurso de este.
- **8. BIBLIOGRAFÍA.**
Se incorpora la bibliografía empleada a lo largo del estudio del presente proyecto con el fin de complementar lo expuesto en este documento.
- **ANEXOS.**
Se adjuntan las tablas correspondientes para complementar el trabajo.



2. ESTADO DEL ARTE

2.1 FUNCIONAMIENTO DE UN CILINDRO NEUMÁTICO DE DOBLE EFECTO

Un cilindro neumático es aquél que funciona con aire comprimido. Si es de doble efecto, implica que el aire comprimido que lo acciona puede generar movimiento en ambas direcciones del pistón mediante dos tomas, una en cada extremo. (Tornero & Fernández, 2016)

En la figura 3 se pueden observar las dos situaciones: en la imagen superior el aire comprimido entra por el orificio derecho empujando el pistón hacia la izquierda. En la imagen inferior se observa el movimiento opuesto. Este tipo de cilindros funcionan de tal forma que una de las dos cámaras siempre tiene aire comprimido y la otra presión atmosférica. En este ejemplo, el aire comprimido se representa en azul oscuro mientras que, la cámara con presión ambiente se figura en azul claro. Se explica con mayor detalle en los apuntes proporcionados por las Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao. *Tema 13: Actuadores de los sistemas neumáticos (ver enlace al archivo en bibliografía).*

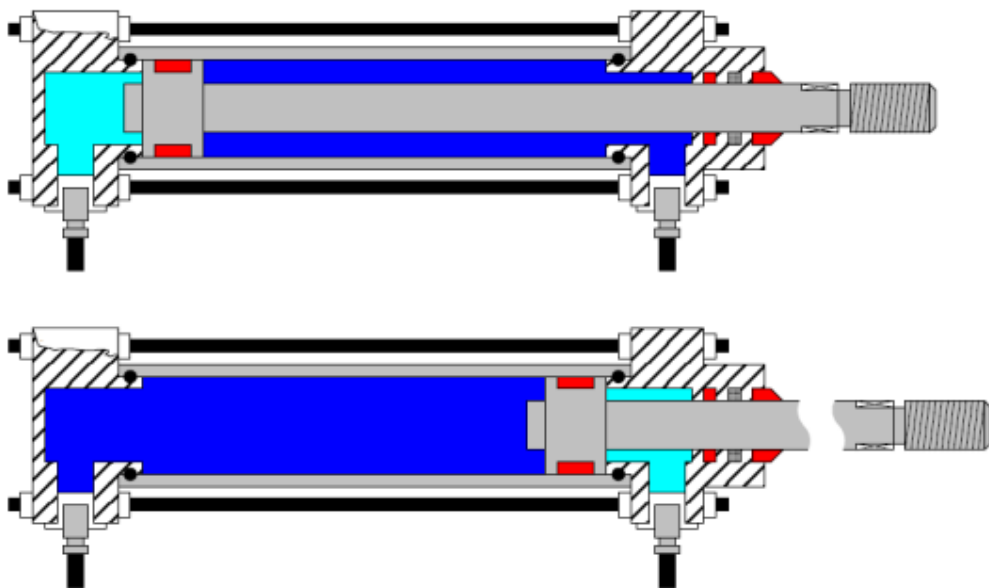


Figura 3. Cilindro neumático de doble efecto.

El cilindro neumático será el encargado de generar el trabajo necesario para mantener el conjunto en la posición deseada (bloqueo). También se encargará de ofrecer el trabajo necesario en la dirección opuesta para retornar el mecanismo a su posición neutral (desbloqueo). (Ver apartado 3.1).

2.2 REQUERIMIENTOS DEL ANÁLISIS FUNCIONAL

La normalización permite fabricar piezas en serie, con una calidad preestablecida y que estas sean semejantes entre ellas para poder ser intercambiables. Las ventajas que ofrece la normalización son las siguientes:

- Montajes más rápidos y económicos.
- Grandes volúmenes de producción
- Calidad mejorada.

Al fabricar grandes cantidades en serie, se pueden emplear máquinas mejores, más específicas, exactas y precisas para lograr incrementar la productividad, la rentabilidad y la calidad.

La fabricación nunca conseguirá el valor ideal de las dimensiones de las piezas, por ello, tanto las dimensiones de las piezas como sus formas, deben pertenecer a unos límites establecidos por las normas para garantizar una calidad requerida. Estos límites se denominan “tolerancias dimensionales” y “tolerancias geométricas”.

Se debe realizar un estudio previo de las condiciones y requerimientos funcionales, de todas las piezas y pares de piezas que intervienen en el utillaje, que se traducirán en tolerancias dimensionales y geométricas. Esto implica documentar los contactos y espacios entre las diferentes piezas del utillaje, que se traducirán en aprietes y holguras respectivamente. También se deben tener en cuenta otros aspectos tales como giros y desplazamientos entre piezas o la estanqueidad que proporcionan las juntas tóricas (Charpentier, Pailhes, & Ballu, 2013 agosto).

Dibujar para fabricar es un aspecto que se divide en dos apartados:

- Modelado 3D: consiste en la generación idealizada de los elementos que componen un utillaje (acotación únicamente dimensional).
- Planos: consiste en plasmar toda la información necesaria para generar un modelo real a partir del idealizado (acotación dimensional, tolerancias dimensionales, tolerancias geométricas, acabados superficiales, tratamientos térmicos, tratamientos superficiales, etc).

Como se enuncia en el artículo publicado por Dantan, Anwer y Mathieu, se deben responder a tres preguntas relativas al proceso de generación de tolerancias para poder evaluar la capacidad de fabricación y estimar el costo del producto en la etapa más temprana posible del proceso de diseño.



“Major manufacturing cost is committed in early design tolerancing. To evaluate manufacturability and to estimate the cost of the product, designers advance tolerancing decisions to earliest possible stage of the design process. Therefore, three questions are asked about tolerancing process:

How to integrate the tolerance synthesis in the design process?

How to ensure the transition from function to geometrical specifications of parts?

How to keep a tolerancing traceability during the design process?” (Dantan, Anwer, & Mathieu)

Según Félez y Martínez (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008):

“El análisis funcional consiste en realizar una selección razonada de las condiciones dimensionales y geométricas con objeto de especificar solamente las que afecten directamente a las condiciones de aptitud del producto para su utilización prevista. Se trata pues de una metodología de especificación y de descripción del producto que define una pieza basándose en cómo funciona en el producto final.”

2.3 REQUERIMIENTOS DEL CUADERNO DE CARGAS

Elaborar un cuaderno de cargas completo consiste en documentar toda la información sobre el utillaje a diseñar para cumplir los requisitos del cliente. Esta documentación completa y detallada será el medio para obtener un producto final con la calidad requerida por el cliente. (Conesa Foix & Becerra, 2010 abril).

Un ejemplo de un cuaderno de cargas completo deberá disponer al menos de las siguientes indicaciones:

- Material del que deberá estar hecha la pieza.
- Listado de características (cotas) de especial seguimiento.
- Condiciones funcionales.
- Tolerancias dimensionales y geométricas.
- Acabados superficiales.
- Controles que se deberán realizar.
- Embalaje.
- Presupuesto.

En el presente trabajo, se documentará de forma normalizada la definición para la fabricación del utillaje ya presentado en apartados anteriores. Se generará un estudio de requerimientos (cuaderno de cargas) con toda la información necesaria para que su posterior fabricación, solicitada a un proveedor externo, sea lo más parecida posible a la idea inicial del ingeniero que diseñó el conjunto.

3. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL UTILLAJE

El objetivo final es generar una serie de planos que definan completamente todas y cada una de las piezas y conjuntos del utillaje, para ello, se va a realizar el siguiente proceso de estudio:

1. Análisis de las piezas de manera individual, con ayuda de croquis de definición de estas y con ayuda del software Catia V5 se genera el 3D de las partes no normalizadas.

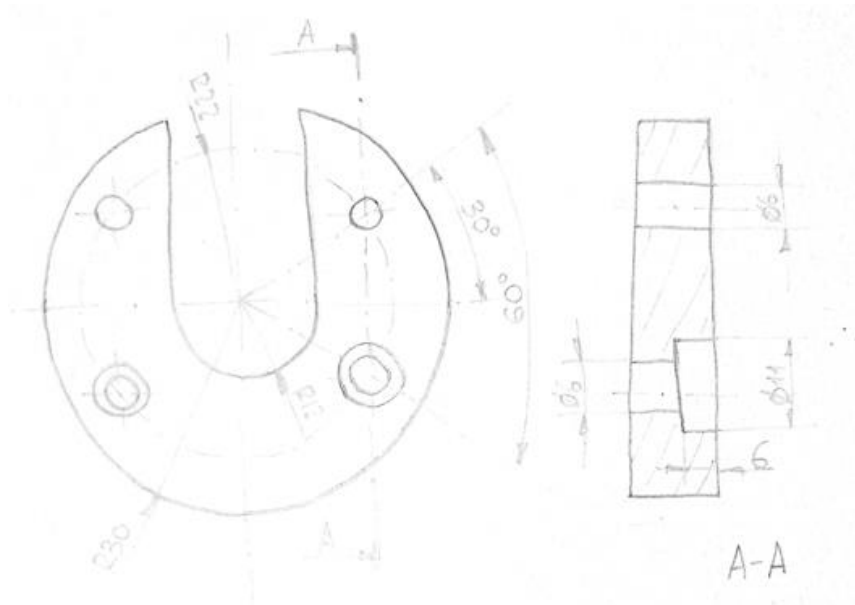


Figura 4. Primer croquis realizado.

2. Ensamblaje del utillaje con las partes normalizadas.
3. Análisis individual por pieza: cálculo de ajustes con piezas en contacto, material, acabados superficiales, tratamientos térmicos...
4. Análisis funcional de las piezas como parte de conjuntos: cadenas de cotas, posiciones extremas...
5. Plasmar toda la información recopilada en los pasos anteriores en planos según las normas ISO GPS.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO

El funcionamiento del utillaje neumático es el siguiente:

Se coloca un grupo de arandelas (en este caso 10 unidades) sobre el soporte (Marca12). Se suministra aire comprimido por el orificio A (figura 4) de la tapa (Marca10) a una presión determinada para poder realizar el posterior bloqueo.

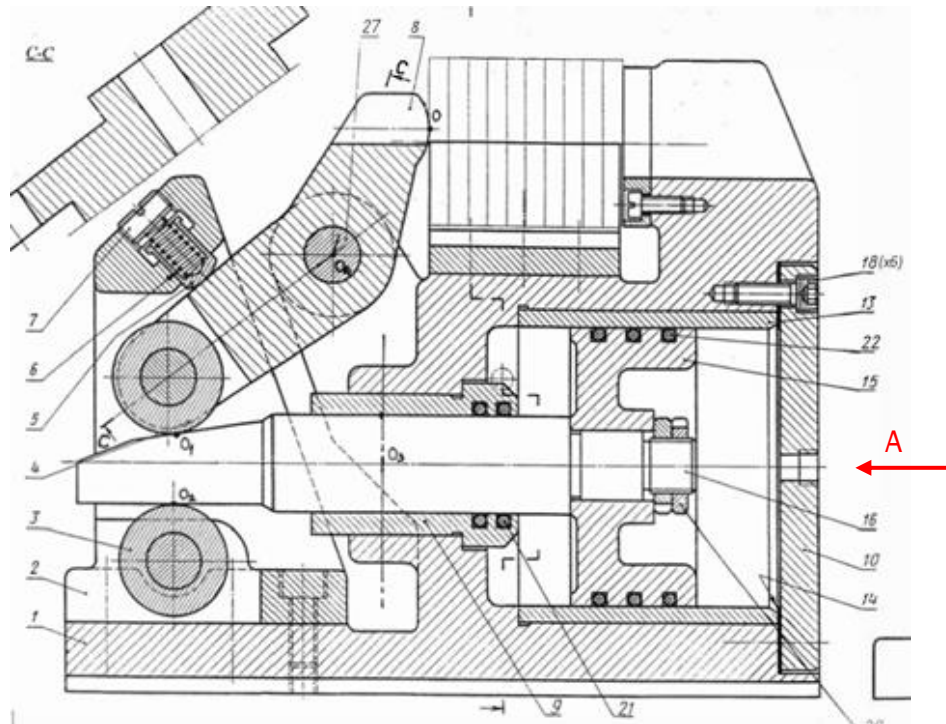


Figura 5. Orificio A para la entrada de aire comprimido.

El émbolo (Marca15) se desplazará hacia la izquierda debido a la presión del aire, empujando a su vez al eje (Marca16). Este levantará al rodillo (Marca04) conectado a la palanca (Marca08) mediante el pasador (Marca25). La elevación del rodillo provoca un giro en sentido horario de la palanca la cual se encarga de bloquear al grupo de arandelas. En la posición de bloqueo, se fresará la ranura.

Tras el fresado, se suministra aire comprimido por el orificio B (figura 5) de la bancada (Marca01) a una presión determinada para realizar la función de desbloqueo y retorno del dispositivo a su posición neutral.

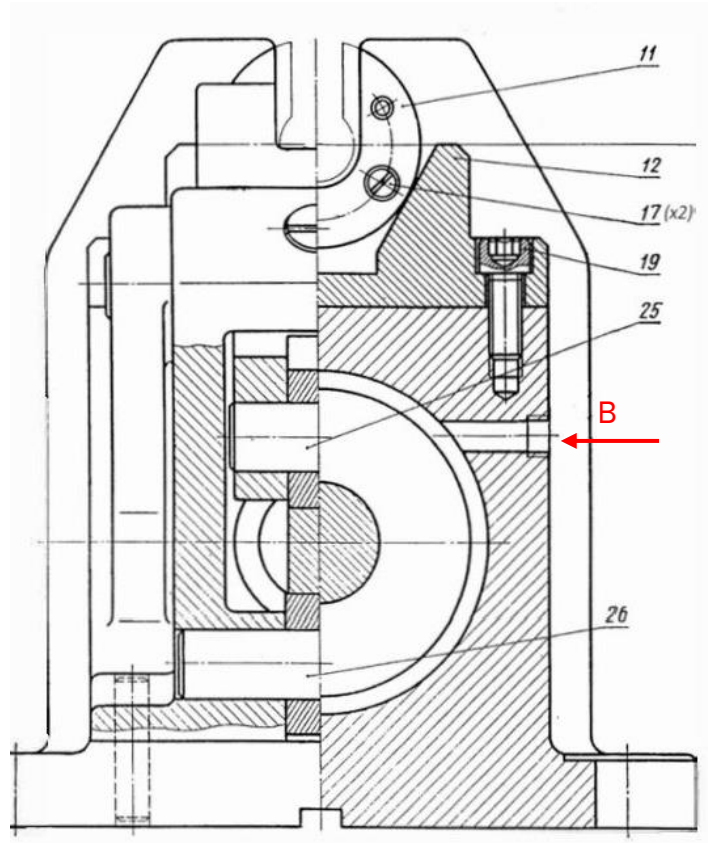


Figura 6. Orificio B para la entrada de aire comprimido.

El émbolo (Marca15) y el eje (Marca16) se moverán hacia la derecha por la acción del aire comprimido. La palanca (Marca08) girará en sentido antihorario debido a la acción del resorte (Marca06) y desbloqueará las arandelas ranuradas.

El utillaje está diseñado para ser fijado a la mesa de una fresadora horizontal mediante cuatro pernos.

3.2 GENERACIÓN DE UNA ESCALA NO NORMALIZADA

Partiendo de una dimensión indicada en el plano que se proporciona se forma la denominada “escala volante” o “escala gráfica” (figura 6) para poder generar una escala no normalizada que nos permita, en la medida de lo posible, diseñar el utillaje en verdadera magnitud.

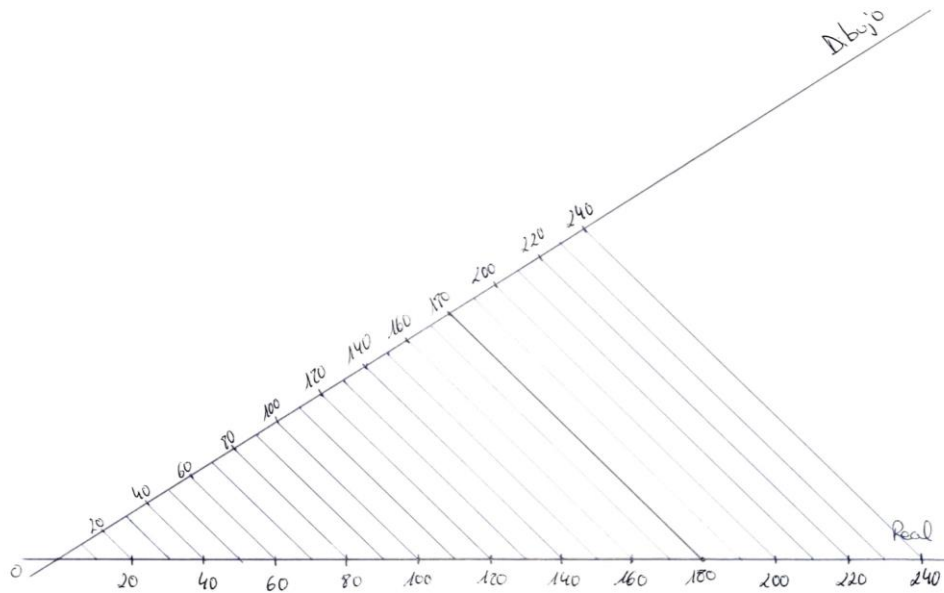


Figura 7. Escala volante.

La dimensión indicada en plano es de 180mm y corresponde a 130mm medidos en el plano: con estas dimensiones se genera una escala de 1:1,38 de tal forma que, todo lo que se mida en el plano, se debe multiplicar por, aproximadamente 1,38, para obtener su verdadera magnitud.

3.3 COMPONENTES DEL UTILLAJE

Se asignan los nombres a las distintas partes que conforman el ensamblaje:

Marca01	Bancada	Marca15	Émbolo
Marca02	Base	Marca16	Eje
Marca03	Rodillo Ø40x20	Marca17	Tornillo cabeza cilíndrica ranurado M6x20 (DIN 84)
Marca04	Rodillo Ø40x18	Marca18	Tornillo cabeza cilíndrica Allen M8x30 (DIN 912)
Marca05	Alojamiento muelle	Marca19	Tornillo cabeza cilíndrica Allen M10x30 (DIN 912)
Marca06	Resorte	Marca20	Contratuerca M20x6 (DIN 936)
Marca07	Espárrago ranurado M20x10 (DIN551)	Marca21	Junta tórica 34.29x33.95
Marca08	Palanca	Marca22	Junta tórica 88.27x98.93
Marca09	Cilindro interior	Marca23	Pasador 6 h8 x 28 (ISO 2338)
Marca10	Tapa	Marca24	Pasador 10 h8 x 40 (ISO 2338)
Marca11	Tope	Marca25	Pasador 20 h8 x 50 (ISO 2338)
Marca12	Soporte	Marca26	Pasador 20 h8 x 80 (ISO 2338)
Marca13	Casquillo de bronce	Marca27	Pasador 20 h8 x 120 (ISO 2338)
Marca14	Junta de la tapa		

Tabla 1. Lista de componentes del utillaje.

3.4 IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES NORMALIZADOS Y NO NORMALIZADOS

Tras haber definido la escala, ya se pueden empezar a realizar los primeros croquis de definición y modelos 3D.

El primer paso es diferenciar las piezas que se van a modelar (piezas no normalizadas) de las piezas comerciales (piezas normalizadas que se descargarán de catálogos) (tabla 2):

Piezas a modelar	Piezas normalizadas
Marca01	Marca06
Marca02	Marca07
Marca03	Marca17
Marca04	Marca18
Marca05	Marca19
Marca08	Marca20
Marca09	Marca21
Marca10	Marca22
Marca11	Marca23
Marca12	Marca24
Marca13	Marca25
Marca14	Marca26
Marca15	Marca27
Marca16	

Tabla 2. Lista de piezas a modelar frente a piezas normalizadas.

A la par que se van generando las distintas piezas, se anotan las dimensiones compartidas entre varias piezas: estas dimensiones se analizarán posteriormente en el análisis funcional porque serán cruciales para acotar debidamente las especificaciones requeridas para el correcto funcionamiento del dispositivo. También, es importante tener en cuenta las dimensiones compartidas ya que, al modelar las diferentes piezas y estar utilizando una escala no normalizada, con los correspondientes errores ya enunciados que conlleva, se deja constancia de una única dimensión y no se genera duda al volver a medir.

3.5 FUNDAMENTOS PARA EL ANÁLISIS FUNCIONAL

Se proceden a explicar los aspectos que se van a emplear para realizar el análisis funcional de las distintas piezas del utillaje y de los conjuntos que lo forman.

3.5.1 Tolerancias dimensionales generales

Una tolerancia dimensional es el intervalo al que deberá pertenecer la dimensión correspondiente. Como se puede observar en la figura 4, el eje tiene una dimensión ideal de 20mm de diámetro (valor nominal), pero realmente, ese valor se debe encontrar entre 19,9mm (límite inferior) y 20,1mm (límite superior).

La norma ISO 2768 es la encargada de definir la tolerancia dimensional según la calidad requerida (fina, media, grosera, muy grosera) y según el valor nominal o angular (grupos dimensionales predefinidos).

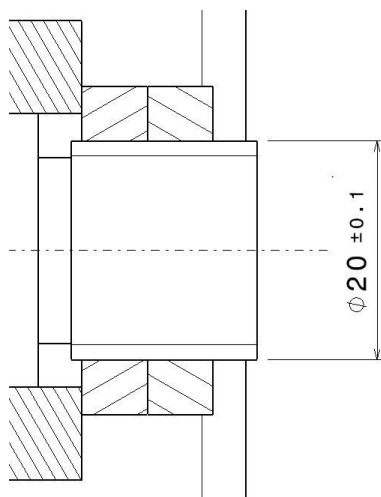


Figura 8. Ejemplo de tolerancia dimensional.

Las siguientes tablas son iguales que las presentadas por la norma ISO 2768.

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	Más de 0,5 ¹	Más de 3	Más de 6	Más de 30	Más de 120	Más de 400	Más de 1.000	Más de 2.000
		Hasta 3	Hasta 6	Hasta 30	Hasta 120	Hasta 400	Hasta 1.000	Hasta 2.000	Hasta 4.000
f	Fina	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	
m	Media	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	Grosera	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	Muy grosera		±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

¹ Para valores nominales inferiores a 0,5 mm, las tolerancias han de indicarse siempre junto a la cota nominal correspondiente.

Tabla 3. Tolerancias generales para medidas lineales, excepto aristas matadas. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)		
Designación	Descripción	Más de 0,5 Hasta 3	Más de 3 Hasta 6	Más de 6
f	Fina	±0,2	±0,5	±1
m	Media			
c	Grosera	±0,4	±1	±2
v	Muy grosera			

Tabla 4. Tolerancias generales para medidas de aristas matadas. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles en función de la longitud del lado menor del ángulo considerado (en mm)				
Designación	Descripción	Hasta 10	Más de 10 Hasta 50	Más de 50 Hasta 120	Más de 120 Hasta 400	Más de 400
f	Fina	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0°5'
m	Media					
c	Grosera	±1°30'	±1°	±0°30'	±0°15'	±0°10'
v	Muy grosera					

Tabla 5. Tolerancias generales para medidas angulares. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)

3.5.2 Tolerancia dimensional específica para Ajustes ISO

Para elementos geométricos dimensionales del tipo cilindro y para superficies opuestas paralelas, se establecen una serie de tolerancias dimensionales específicas regidas por la norma ISO 286.

La norma proporciona una serie de tablas en las que se recogen todas las tolerancias dimensionales en función de la calidad y en función de la longitud nominal.

En función del grado de tolerancia (calidad), se establecen diferentes valores, recogidos en la tabla 2:

Medida nominal d (mm)	Grados de tolerancia normalizados																			
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Tolerancias μm																			
$d \leq 3$	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1	1,4
$3 < d \leq 6$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,2	1,8
$6 < d \leq 10$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,5	2,2
$10 < d \leq 18$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,8	2,7
$18 < d \leq 30$	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,1	3,3
$30 < d \leq 50$	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,5	3,9
$50 < d \leq 80$	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3	4,6
$80 < d \leq 120$	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,5	5,4
$120 < d \leq 180$	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1	1,60	2,50	4	6,3
$180 < d \leq 250$	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,6	7,2
$250 < d \leq 315$	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,20	5,2	8,1
$315 < d \leq 400$	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,60	5,7	8,9
$400 < d \leq 500$	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,00	6,3	9,7
$500 < d \leq 630$			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,70	1,10	1,75	2,80	4,40	7	11
$630 < d \leq 800$			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,80	1,25	2	3,20	5	8	12,5
$800 < d \leq 1.000$			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,90	1,40	2,30	3,60	5,60	9	14
$1.000 < d \leq 1.250$			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,60	4,20	6,60	10,5	16,5
$1.250 < d \leq 1.600$			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,10	5	7,80	12,5	19,5
$1.600 < d \leq 2.000$			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,50	2,30	3,70	6	9,20	15	23
$2.000 < d \leq 2.500$			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,80	4,40	7	11	17,5	28
$2.500 < d \leq 3.150$			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,10	3,30	5,40	8,60	13,5	21	33

Tabla 6. Grados de tolerancia normalizados.

El rango de trabajo para este proyecto se encuentre entre IT3 e IT11 puesto que, es el rango en el que las piezas están destinadas a ajustar.

Un ajuste es la relación entre una entidad dimensional externa (agujero) y una interna (eje) que se ensamblarán.

Existen 3 tipos de ajustes:

- Ajuste con holgura (móvil): el límite inferior dimensional del agujero es mayor o igual que el límite superior dimensional del eje, es decir, siempre habrá un espacio entre el eje y el agujero al ensamblar.
- Ajuste con apriete (fijo): el límite superior dimensional del agujero es menor o igual que el límite inferior dimensional del eje, es decir, siempre habrá una interferencia entre el eje y el agujero al ensamblar.
- Ajuste indeterminado: ajuste que puede ser con holgura o con apriete entre el eje y el agujero al ensamblar.

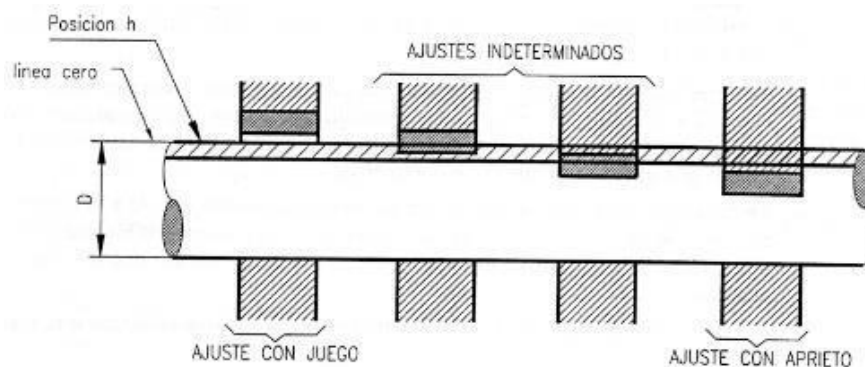


Figura 9. Tipos de ajustes ISO. Fuente: (Pérez Fernández & Álvarez García, 2016)

Existen dos sistemas para definir el cálculo de los ajustes según la función de la pieza que se va a dimensionar:

- Agujero base (H): la desviación límite inferior del agujero es cero. Es el sistema más empleado puesto que, a efectos prácticos, es más fácil modificar un eje que un agujero, por ello se fija la cota cero en el agujero y a partir de él, se generan los ejes.

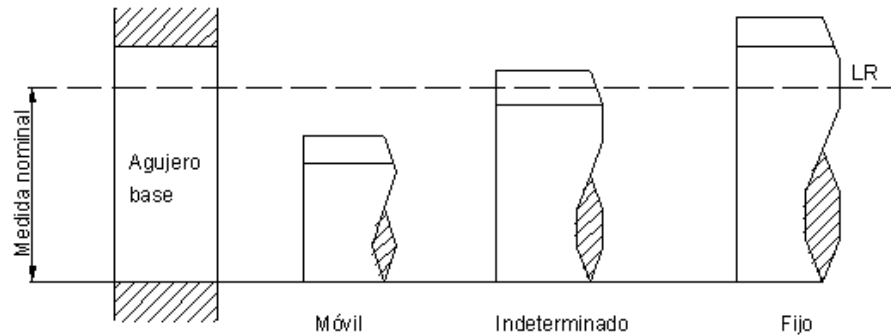


Figura 10. Sistema agujero base. Fuente: www.imh.eus. Visitado el 18/05/2022.

- Eje base (h): la desviación límite superior del eje es cero. Se suele emplear en partes de utillajes en los que intervenga un eje.

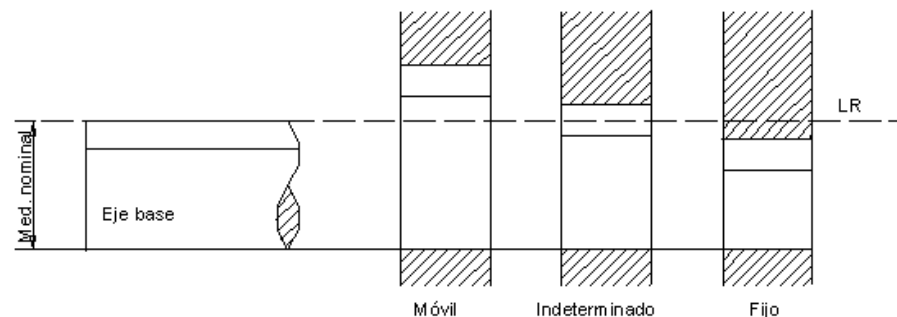


Figura 11. Sistema eje base. Fuente: www.imh.eus. Visitado el 18/05/2022.

Por último, la norma proporciona una serie de ajustes preferentes en función del tipo de sistema escogido y del tipo de ajuste:

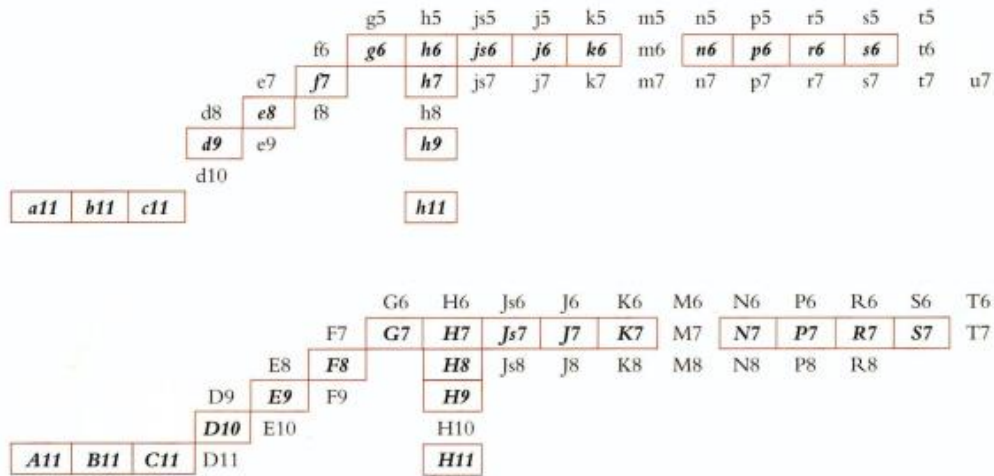


Tabla 7. Zona de tolerancias preferentes (ISO 1829) hasta diámetros de 500mm. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)

Dependiendo de la aplicación en la que se va a emplear un ajuste, se realiza una clasificación (Baltar Leiceaga, 1986):

Tipo	Agujero base		Eje base		Clase	Características	Aplicaciones
	Agujero	Eje	Eje	Agujero			
Fino	H7	s6/r6	h6	S7/R7	Prensado	Montaje a presión. No seguro de giro	Casquillos y coronas de bronce, acoplamientos en extremos de ejes
		n6		N7	Forzado duro	Montaje difícil. Seguro de giro	Casquillos de bronce, manguitos en cubos, collares calados sobre ejes
		k6		K7	Forzado medio	Montaje a martillo. Seguro giro y deslizamiento	Rodamientos, discos de levas, poleas y volantes, manivelas
		j6		J7	Forzado ligero	Montaje a mano. Ambos seguros	Piezas de máquinas herramienta y otras desmontables con frecuencia
		h6		H7	Deslizante		Engranajes, piezas importantes de máquina herramienta
Medio		g6		G7	Giratorio	Juego pequeño	Émbolos, bridas, anillos de rodamientos
		f7		F8	Holgado	Juego mediano	Cojinetes de bielas, ruedas dentadas, cajas de cambio
	H8	h9	h9	H9	Deslizante		Poleas fijas, manivelas y acoplamientos deslizantes sobre el eje
		e8		E9	Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas, ventiladores
		d9		D10	Holgado	Juego amplio	Soportes de ejes, poleas locas
Basto	H11	h11	h11	H11	Deslizante		Piezas de maquinaria agrícola
		d9		D10	Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas y manivelas desmontables
		e11		E11	Holgado	Juego amplio	Cojinetes de máquinas domésticas, pasadores, ejes
		a11		A11	Muy holgado		Piezas de locomotoras. Cojinetes, ejes de freno

Tabla 8. Aplicaciones de los ajustes.

3.5.3 Tolerancias geométricas

Las tolerancias geométricas son aquellas que definen la forma, orientación, localización y alabeo de los elementos de las piezas (planos, ejes, superficies, posición de taladros, etc.).

Geometric Characteristic Symbols			
	Type of Tolerance	Characteristic	Symbol
For individual features	Form	Straightness	—
		Flatness	
		Circularity (roundness)	
		Cylindricity	
For individual or related features	Profile	Profile of a line	
		Profile of a surface	
For related features	Orientation	Angularity	
		Perpendicularity	
		Parallelism	
	Location	Position*	
		Concentricity	
	Runout	Symmetry	
		Circular runout†	
Total runout†			

*May be related or unrelated.

†Arrowheads may be filled or not filled.

Tabla 9. Símbolos de las tolerancias geométricas. Fuente: (Giesecke, Lockhart, Goodman, & M. Johnson, 2016)

3.5.4 Acabados superficiales

A parte de las tolerancias dimensionales y geométricas, los elementos del utillaje poseen requerimientos funcionales en ciertas superficies que interactúan con superficies de otras piezas.

Según la norma ISO 1302, las superficies se clasifican en función de su desempeño:

Tipo de superficie	Interacciones	Acabado.
Superficie funcional.	Contacto directo con otros componentes. dinámico	Acabado muy fino
Superficie de apoyo.	Contacto estático con otros componentes	Acabado fino
Superficie libre.	Sin contacto directos con otros componentes.	Acabado basto o menor con fines estéticos.

Tabla 10. Tipos de superficies en función de su desempeño.

Para la representación del acabado superficial o rugosidad se emplean tres símbolos diferentes en función del tipo de mecanizado de la superficie referida:

Símbolo	Indicación de siglas equivalente	Término inglés	Término español
	APA	Any Process Allowed	Se permite cualquier proceso de fabricación
	MRR	Material Removal Required	Se requiere eliminación de material (mecanizado)
	NMR	No Material Removed	No se elimina material

Figura 12. Símbolos en función del tipo de mecanizado. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)

Las especificaciones del estado de superficie deben colocarse como indica la figura 9.

- a y b: requisitos de calidad superficial.
- c: método de fabricación.
- d: surcos superficiales y orientación.
- e: tolerancias de mecanizado.

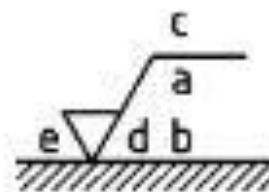


Figura 13. Disposición de las especificaciones del estado de superficie en el símbolo.

La norma ISO 4288 proporciona unos rangos típicos de rugosidad Ra que pueden obtenerse en función del proceso de fabricación:

Rugosidad promedio en micrómetros – Ra μm													
Proceso	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05	0.025	0.012
Arenado													
Aserrado													
Brochado													
Bruñido													
Cepillado													
Cizallado													
Corte con soplete													
Corte electroquímico													
Corte láser													
Electroerosión													
Estampado													
Esmerilado													
Extrusión													
Forjado													
Fresado													
Fundición a cera perdida													
Fundición a presión													
Fundición en arena													
Fundición en coquilla													
Granallado													
Laminado en caliente													
Laminado en frío													
Lapidado													
Limado													
Mandrillado													
Mortajado													
Oxicorte													
Pulido													
Recalcado													
Rectificado													
Superacabado													
Taladrado													
Torneado													
Trefilado													
	Aplicación frecuente										Aplicación menos frecuente		

Tabla 11. Rugosidad promedio en función del proceso de fabricación.

Ra (Rugosidad Media Aritmética): según la norma ISO 4287, es el promedio aritmético de las desviaciones del perfil de rugosidad desde la línea central a lo largo de la longitud de evaluación “ l_m ”.

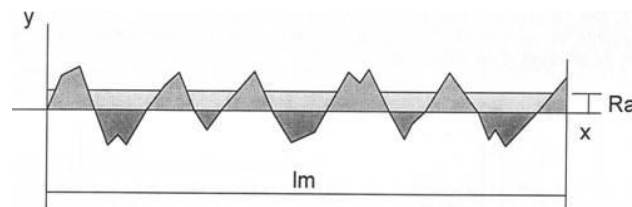


Figura 14. Rugosidad Media Aritmética.

Los componentes del presente proyecto se fabricarán mediante procesos de torneado, fresado y taladrado principalmente. Por ello, los rangos de rugosidad se encuentran entre $Ra=6,3$ y $Ra=0,8$.

3.6 PIEZAS NORMALIZADAS

Se procede a buscar en catálogos comerciales (Catia, Traceparts) todos los componentes normalizados:

Piezas normalizadas		Norma/Código Comercial
Resorte	Marca06	FYWB6-25
Esparrago ranurado M20x10	Marca07	DIN 551
Tornillo cabeza cilíndrica ranurado M6x20	Marca17	DIN 84
Tornillo cabeza cilíndrica Allen M8x30	Marca18	DIN 912
Tornillo cabeza cilíndrica Allen M10x30	Marca19	DIN 912
Contratuercas M20x6	Marca20	DIN 936
Junta tórica 34.29x33.95	Marca21	NF E 48042
Junta tórica 88.27x98.93	Marca22	NF E 48042
Pasador 6 h8 x 28	Marca23	ISO 2338
Pasador 10 h8 x 40	Marca24	ISO 2338
Pasador 20 h8 x 50	Marca25	ISO 2338
Pasador 20 h8 x 80	Marca26	ISO 2338
Pasador 20 h8 x 120	Marca27	ISO 2338

Tabla 12. Código comercial o normalizado de las piezas no modeladas.

3.6.1 Resorte comercial FYWB6-25 (Marca 06)

Según los requerimientos dimensionales, se busca un resorte con dimensiones de diámetro exterior ligeramente inferior a 11mm (Alojamiento resorte) y longitud aproximada de 20mm.

Se encuentra el siguiente resorte en la página web www.traceparts.com:

- Descripción: Circular Helical Spring WB (25% compression) FYWB6-25.
- Fabricante: Dongguan Forrun Hardware Co., Ltd.
- Ratio de compresión del muelle: 25% (Longitud libre 25mm, Longitud mínima 18.75mm).
- Diámetro exterior: 6mm.
- Diámetro de espira: 1.1mm.
- Carga máxima: 61.8N.

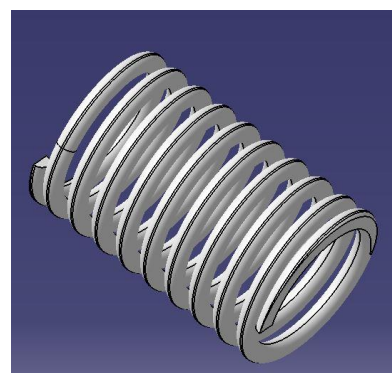


Figura 15. Resorte FYWB6-25 (Marca06).

3.6.2 Pasadores ISO 2338

Según la norma UNE-EN ISO 2338:1998: la fijación de los pasadores cilíndricos se realiza mediante ajuste con apriete sobre una de las piezas y con juego sobre la otra. En el presente proyecto se emplean pasadores cilíndricos tipo B (ver figura 7), por lo que la tolerancia dimensional del pasador será h8. La tolerancia del agujero con juego deberá ser G6 y el de ajuste con apriete P6.

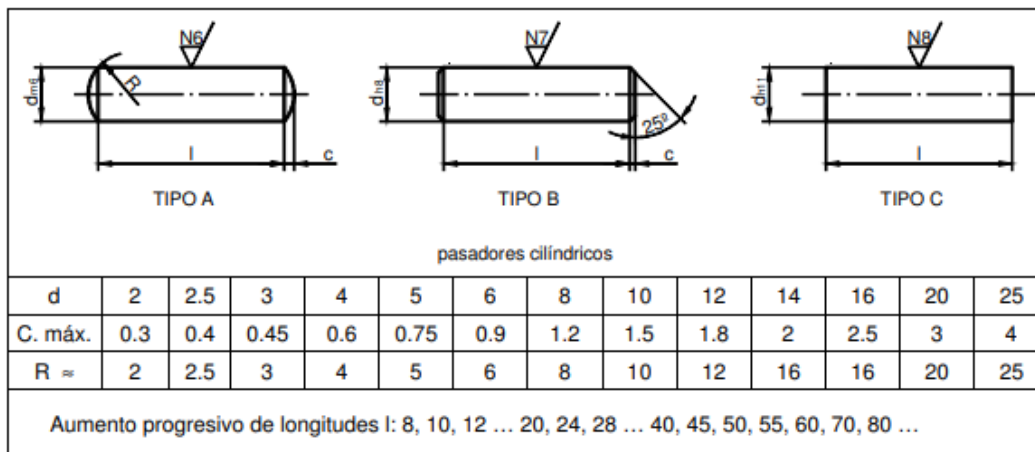


Figura 16. Tipos de pasadores ISO 2338.

Se realiza la clasificación de todos los pasadores que intervienen en el mecanismo para definir qué pieza afectada recibe el juego y cual recibe el apriete:

Pasador	Marca con juego	Marcas con apriete
Marca23	Marca11	Marca01
Marca24	Marca02, Marca12	Marca01
Marca25	Marca04, Marca08	Marca02
Marca26	Marca03	Marca02
Marca27	Marca08	Marca01

Tabla 13. Juego y apriete según la pieza posicionada con pasador cilíndrico ISO 2338.

3.6.3 Casquillo ISO 2795

La marca 13 es un casquillo sinterizado en bronce autolubricado. Según el catálogo de medidas que proporciona la norma, ninguno se ajusta a las dimensiones requeridas en el diseño del presente utillaje, por lo que se diseña el correspondiente al plano proporcionado.

Se respetan las tolerancias enunciadas por la norma DIN 1850-3:1998-07 para la fabricación de esta pieza (figura 8).

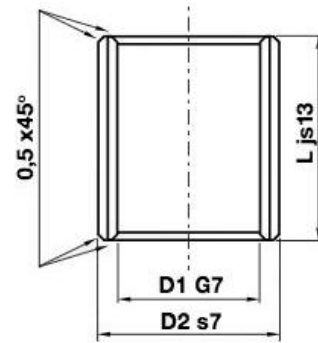


Figura 17. Tolerancias casquillo ISO 2795.

3.6.4 Juntas Tóricas comerciales

Según los requerimientos dimensionales, se busca una junta tórica (Marca22) de diámetro interior inferior a 89mm y diámetro de la sección inferior a 10mm (dimensiones dependientes del alojamiento de las juntas en el émbolo).

Se encuentra la siguiente junta la página web www.traceparts.com:

- Descripción: Free O Ring 88.27x98.92999999999999.
- Referencia: NF E 48042.
- Diámetro interior: 88,27mm.
- Diámetro de la sección: 5,33mm.

Para la junta tórica (Marc23) se realiza el mismo procedimiento:

- Descripción: Free O Ring 34.29x44.95.
- Referencia: NF E 48042.
- Diámetro interior: 34,29mm.
- Diámetro de la sección: 5,33mm.

Las juntas tóricas tienen la función de proporcionar estanqueidad en el cilindro, es decir, evitar las pérdidas de aire y proteger contra suciedad.

3.6.5 Tornillos y Tuercas

La función principal de las uniones roscadas es la fijación de varios componentes entre sí.

Las uniones roscadas necesarias para el correcto funcionamiento del mecanismo son: tornillos de montaje DIN912, DIN84 y tuercas de montaje DIN936 (contratuercas). Las dimensiones de los alojamientos de la zona roscada y de la cabeza de los tornillos se obtiene de la norma ([ver anexo A](#)).

El tipo de rosca general será Métrica ISO.

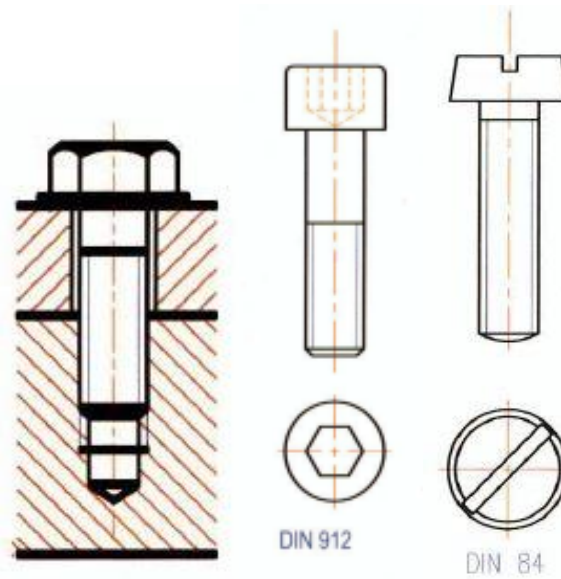


Figura 18. Uniones atornilladas mediante tornillos de montaje: DIN912 y DIN84. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)

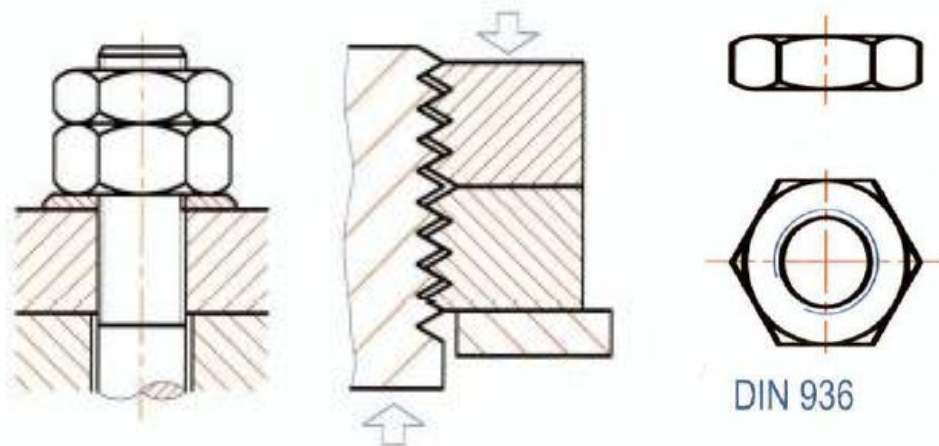


Figura 19. Inmovilización mediante tuerca-contratuerca. DIN 936. Fuente: (Félez Mindán & Martínez Muneta, 2008)

La inmovilización tuerca-contratuerca consiste en atornillar una contratuerca tras la tuerca, que está atornillada contra la pieza, para que aumente la presión entre flancos y así dificultar el desenroscado (figura 18).

El espárrago DIN551 se debe cortar para tener una longitud de 10mm puesto que no hay espárragos M20 de dicha longitud según la norma. Este se puede sustituir por DIN906 ó DIN908, que lograrían la misma función.

3.7 CUADERNO DE CARGAS

Para definir las características más importantes de los elementos que forman el utillaje, se elaboran listas para cada pieza describiendo ajustes, material, acabados superficiales, tratamientos térmicos y otros aspectos que se consideren relevantes para el análisis funcional.

Los materiales se escogen partiendo de un catálogo comercial de la empresa “ThyssenKrupp” dedicada a la fundición y forja de acero. (Ver Anexo A). Si no se especifica material, éste será F-1130.

Los juegos y aprietes se escogen siguiendo las normas ISO GPS vigentes y prestando atención a recomendaciones realizadas por autores expertos (Baltar Leiceaga, 1986).

Nomenclatura de los ajustes:

T: tolerancia del agujero	t: tolerancia del eje
Di: límite inferior del agujero	di: límite inferior del eje
Ds: límite superior del agujero	ds: límite inferior del eje
DM: diámetro máximo del agujero	dM: diámetro máximo del eje
Dm: diámetro mínimo del agujero	dm: diámetro mínimo del eje
TJ/TA/TI: tolerancia del juego/apriete/ajuste indeterminado	
JM/AM: juego/apriete máximo	Jm/Am: juego/apriete mínimo

Tabla 14. Nomenclatura de los ajustes.

Las superficies funcionales precisarán de una rugosidad $Ra=0.8$, las superficies de apoyo $Ra=1.6$ y las superficies libres $Ra=3.2$ (tablas 10 y 11).

A continuación, se realiza el estudio individual de cada componente, teniendo en cuenta las piezas con las que ensambla.

3.7.1 Bancada (Marca 01)

Todas las condiciones de la Bancada están enunciadas en el resto de los elementos en contacto con esta.

La bancada se fija mediante 4 Pernos a la mesa de una fresadora horizontal.

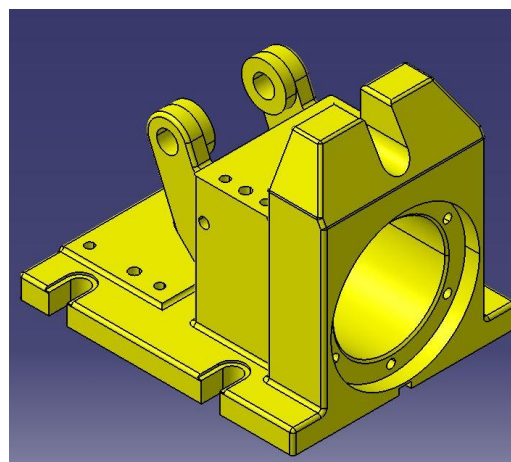


Figura 20. Bancada (Marca01).

3.7.2 Base (Marca 02)

MARCA 2	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	1 (24)
Fijación	1 (19)
Ajuste con juego	3, 5, 8
Ajuste indeterminado	26

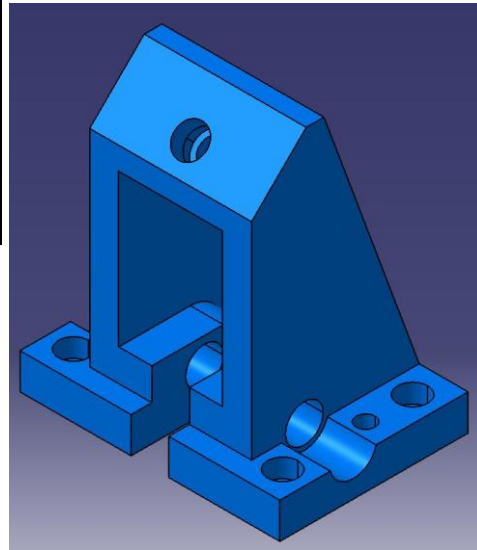


Figura 21. Base (Marca02).

Ajuste con juego entre 2 y 3: 20 H8/e8

Ajuste con juego entre 2 y 5: Ø15 H8/h6

Ajuste con juego entre 2 y 8: 55 H11/d9

Ajuste indeterminado entre 2 y 26:

Ø20 P6/h8

Ajuste: 20 H8/e8			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,033	t=	0,033
Di=	0,000	di=	-0,040
Ds=	0,033	ds=	-0,073
DM=	20,033	dM=	19,960
Dm=	20,000	dm=	19,927
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =		0,066	
JM =		0,106	
Jm =		0,040	

Ajuste: Ø15 H8/h9			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,027	t=	0,043
Di=	0,000	di=	-0,043
Ds=	0,027	ds=	0,000
DM=	15,027	dM=	15,000
Dm=	15,000	dm=	14,957
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =		0,07	
JM =		0,07	
Jm =		0,00	

Ajuste: 55 H11/d9			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,19	t=	0,074
Di=	0,00	di=	-0,174
Ds=	0,19	ds=	-0,100
DM=	55,19	dM=	54,900
Dm=	55,00	dm=	54,826
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =		0,264	
JM =		0,364	
Jm =		0,100	

Ajuste: Ø20 P6/h8			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,013	t=	0,033
Di=	-0,031	di=	-0,033
Ds=	-0,018	ds=	0,000
DM=	19,982	dM=	20,000
Dm=	19,969	dm=	19,967
Tipo de ajuste: INDETERMINADO			
TI =		0,046	
AM =		0,031	
JM =		0,015	

3.7.3 Rodillo Ø40x20 (Marca 03)

MARCA 3	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	2 (26)
Fijación	Libertad de giro
Ajuste con juego	2, 26
Ajuste con apriete	

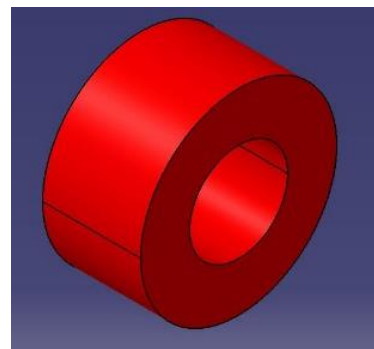


Figura 22. Rodillo Ø40x20 (Marca03).

Ajuste con juego entre 3 y 2: 20 H8/e8 (calculado en apartado 3.6.2)

Ajuste con juego entre 3 y 26: Ø20 G6/h8

Ajuste: Ø20 G6/h8			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,013	t=	0,033
Di=	0,007	di=	-0,033
Ds=	0,020	ds=	0,000
DM=	20,020	dM=	20,000
Dm=	20,007	dm=	19,967
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =		0,046	
JM =		0,053	
Jm =		0,007	

3.7.4 Rodillo Ø40x18 (Marca 04)

MARCA 4	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	2 (25)
Fijación	libertad de giro
Ajuste con juego	8, 25
Ajuste con apriete	

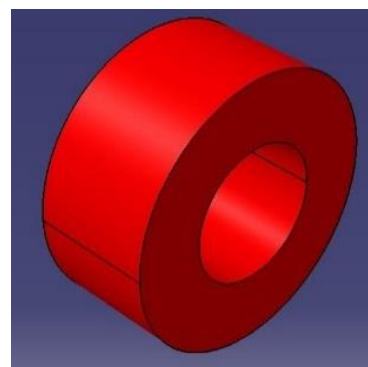


Figura 23. Rodillo Ø40x18 (Marca04).

Ajuste con juego entre 4 y 8: 18 H8/e8

Ajuste con juego entre 4 y 25: Ø20 G6/h8 (Igual que 3-26 calculado en el apartado 3.6.3)

Ajuste: 18 H8/e8			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,027	t=	0,027
Di=	0,000	di=	-0,059
Ds=	0,027	ds=	-0,032
DM=	18,027	dM=	17,968
Dm=	18,000	dm=	17,941
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =	0,054		
JM =	0,086		
Jm =	0,032		

3.7.5 Alojamiento muelle (Marca 05)

MARCA 5	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	2
Fijación	
Ajuste con juego	2
Ajuste con apriete	

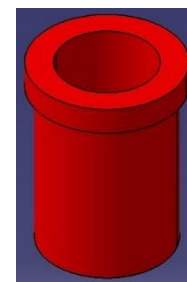


Figura 24. Alojamiento muelle (Marca05).

Ajuste con juego entre 5 y 2: Ø15 H8/h6 (calculado en apartado 3.6.2)

3.7.6 Resorte (Marca 06)

Contacto con Espárrago (Marca07).

Contacto con Alojamiento muelle (Marca05).

3.7.7 Espárrago ranurado M20x10 (Marca 07)

Bloqueo del conjunto muelle-alojamiento de muelle en Base (Marca02).

Contacto con Resorte (Marca06).

3.7.8 Palanca (Marca 08)

MARCA 8	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	1 (27)
Fijación	Libertad de giro
Ajuste con juego	1, 2, 4, 25, 27
Ajuste con apriete	

Deberá cumplir la norma ISO 2768-f puesto que es una de las piezas imprescindibles para el correcto funcionamiento del mecanismo.

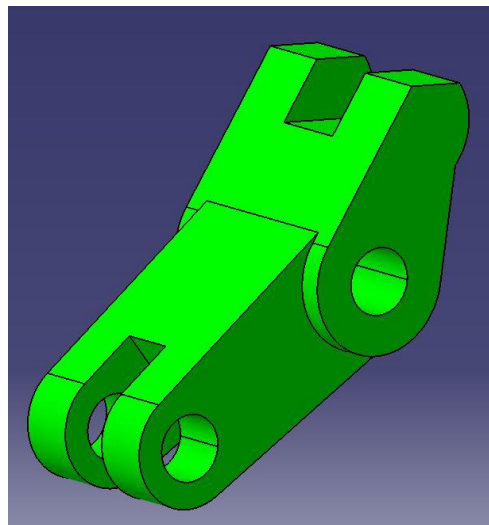


Figura 25. Palanca (Marca08).

Material: F-1130. Acero al carbono con buena resistencia y tenacidad.

Tratamiento térmico de templado y revenido para incrementar la resistencia al desgaste y la dureza, entre otras cualidades que adquiere la pieza. Se precisa de este tratamiento puesto que la pieza tiene la función directa de bloquear y desbloquear las arandelas, estará en contacto intermitente. También tendrá un giro respecto a la marca 27 que implica un contacto con la Base y la Bancada que se traducirá en un desgaste de las superficies en contacto.

Ajuste con juego entre 8 y 1: 70 H11/d9

Ajuste con juego entre 8 y 2: 55 H11/d9 (calculado en apartado 3.6.2)

Ajuste con juego entre 8 y 4: 18 H8/e8 (calculado en apartado 3.6.4)

Ajuste con juego entre 8 y 25: Ø20 G6/h8 (igual que en apartados anteriores)

Ajuste con juego entre 8 y 27: Ø20 G6/h8 (igual que en apartados anteriores)

Ajuste: 70 H11/d9			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,190	t=	0,074
Di=	0,000	di=	-0,174
Ds=	0,190	ds=	-0,100
DM=	70,190	dM=	69,900
Dm=	70,000	dm=	69,826
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =	0,264		
JM =	0,364		
Jm =	0,100		

3.7.9 Cilindro interior (Marca 09)

MARCA 9	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	1
Fijación	
Ajuste con juego	16
Ajuste indeterminado	1

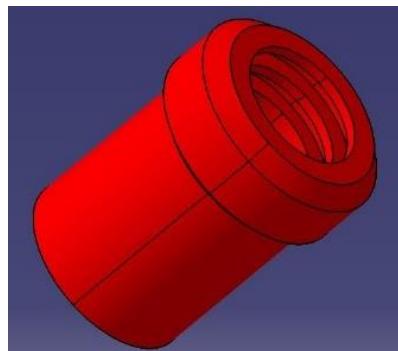


Figura 26. Cilindro interior (Marca09).

Estanqueidad con Eje (Marca16) mediante 2 Juntas tóricas (Marca21).

Ajuste con juego entre 9 y 16: $\varnothing 35$ H7/h6

Ajuste indeterminado entre 9 y 1: $\varnothing 50$ H7/k6

Ajuste: $\varnothing 35$ H7/h6			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,025	t=	0,016
Di=	0,000	di=	-0,016
Ds=	0,025	ds=	0,000
DM=	35,025	dM=	35,000
Dm=	35,000	dm=	34,984
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =	0,041		
JM =	0,041		
Jm =	0,000		

Ajuste $\varnothing 50$ H7/k6			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,025	t=	0,016
Di=	0	di=	0,002
Ds=	0,025	ds=	0,018
DM=	50,025	dM=	50,018
Dm=	50	dm=	50,002
Tipo de ajuste: INDETERMINADO			
TA =	0,041		
AM =	0,018		
JM =	0,023		

3.7.10 Tapa (Marca 10)

MARCA 10	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	1
Fijación	1 (18)
Ajuste con juego	
Ajuste con apriete	

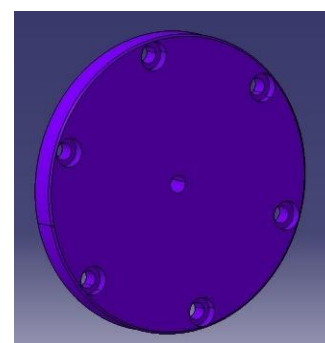


Figura 27. Tapa (Marca10).

3.7.11 Tope (Marca 11)

MARCA 11	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	1 (23)
Fijación	1 (17)
Ajuste con juego	23
Ajuste con apriete	

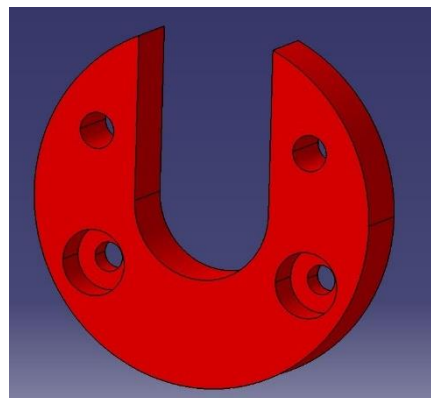


Figura 28. Tope (Marca11).

Material: F-1130 con temple y revenido. Misma descripción que la Palanca puesto que el desgaste al que estará sometido será similar.

Ajuste con juego entre 11 y 23: Ø6 G6/h8

Ajuste: Ø6 G6/h8			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,008	t=	0,018
Di=	0,004	di=	-0,018
Ds=	0,012	ds=	0,000
DM=	6,012	dM=	6,000
Dm=	6,004	dm=	5,982
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =		0,026	
JM =		0,030	
Jm =		0,004	

3.7.12 Soporte (Marca 12)

MARCA 12	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	1 (24)
Fijación	1 (19)
Ajuste con juego	24
Ajuste con apriete	

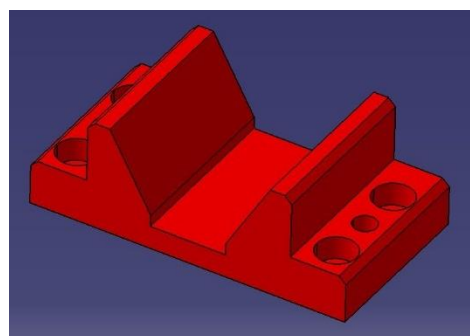


Figura 29. Soporte (Marca12).

Material: F-1130 con temple y revenido. Misma descripción que la Palanca puesto que el desgaste al que estará sometida será similar.

Ajuste con juego entre 12 y 24: Ø10 G6/h8

Ajuste: $\varnothing 10 G6/h8$			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,009	t=	0,022
Di=	0,005	di=	-0,022
Ds=	0,014	ds=	0,000
DM=	10,014	dM=	10,000
Dm=	10,005	dm=	9,978
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =		0,031	
JM =		0,036	
Jm =		0,005	

3.7.13 Casquillo (Marca 13)

MARCA 13	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	1
Fijación	
Ajuste con juego	15
Ajuste con apriete	1

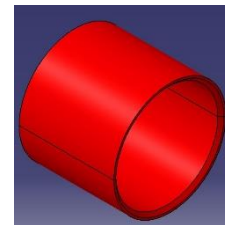


Figura 30. Casquillo (Marca13).

Estanqueidad mediante 3 Juntas tóricas (Marca22).

Ajuste con juego entre 13 y 15: $\varnothing 100 G7/h6$

Ajuste con apriete entre 13 y 1: $\varnothing 110 H7/s7$

Ajuste: $\varnothing 100 G7/h6$			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,035	t=	0,022
Di=	0,012	di=	-0,022
Ds=	0,047	ds=	0,000
DM=	100,047	dM=	100,000
Dm=	100,012	dm=	99,978
Tipo de ajuste: JUEGO			
TJ =		0,057	
JM =		0,069	
Jm =		0,012	

Ajuste $\varnothing 110 H7/s7$			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,035	t=	0,035
Di=	0,000	di=	0,079
Ds=	0,035	ds=	0,114
DM=	110,035	dM=	110,114
Dm=	110,000	dm=	110,079
Tipo de ajuste: INDETERMINADO			
TA =		0,070	
AM =		0,114	
Am =		0,044	

3.7.14 Junta para tapa (Marca 14)

Estanqueidad entre Bancada (Marca01) y Tapa (Marca10).

Material: caucho.

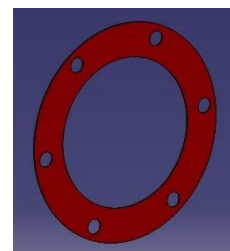


Figura 31. Junta para tapa (Marca14).

3.7.15 Émbolo (Marca 15)

MARCA 15	MARCA (eje/tuerca)
Posicionamiento	13
Fijación	16 (20)
Ajuste con juego	13
Ajuste con apriete	16

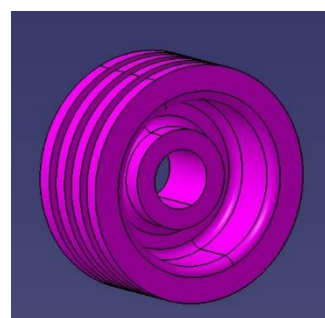


Figura 32. Émbolo (Marca15).

Estanqueidad mediante 3 Juntas tóricas (Marca22).

Material: F-1140

Ajuste con juego entre 15 y 13: $\varnothing 100$ G7/h6 (calculado en apartado 3.6.13)

Ajuste con apriete entre 15 y 16: $\varnothing 25$ K7/h6

Ajuste $\varnothing 25$ K7/h6			
Agujero (mm):		Eje (mm):	
T=	0,021	t=	0,013
Di=	-0,015	di=	-0,013
Ds=	0,006	ds=	0,000
DM=	25,006	dM=	25,000
Dm=	24,985	dm=	24,987
Tipo de ajuste: INDETERMINADO			
TA =		0,034	
AM =		0,015	
JM =		0,019	

3.7.16 Eje (Marca 16)

MARCA 16	MARCA (pasador/tornillo)
Posicionamiento	9
Fijación	15 (20)
Ajuste con juego	9
Ajuste con apriete	15

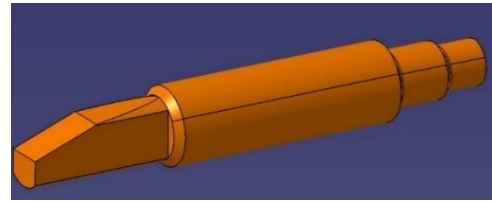


Figura 33. Eje (Marca16).

Material: F-1550. Acero para piezas cementadas de hasta 40mm de diámetro. Admite buen mecanizado.

Tratamientos térmicos posteriores a la cementación: temple y revenido.

Ajuste con juego entre 16 y 9: $\varnothing 35$ H7/h6 (calculado en apartado 3.6.9)

Ajuste con apriete entre 15 y 16: $\varnothing 25$ K7/h6 (calculado en apartado 3.6.15)

El eje es otra de las piezas imprescindibles para el correcto funcionamiento del utillaje por ello se hará un estudio mediante cadenas de cotas, para asegurar el correcto funcionamiento del subconjunto relativo al eje:

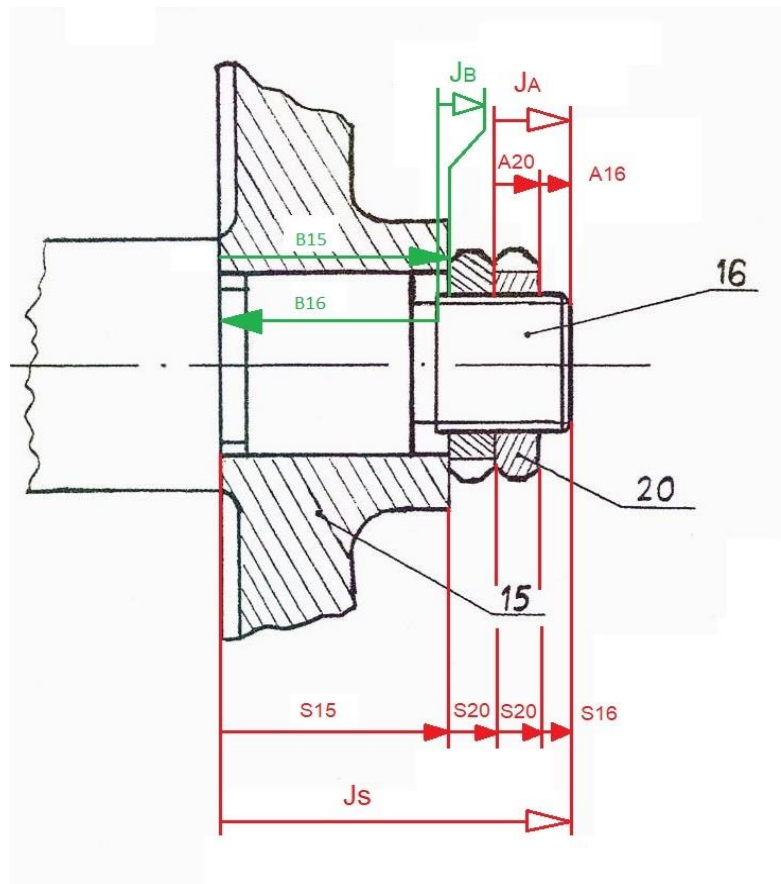


Figura 34. Análisis funcional del eje.

En la unión desmontable mostrada en la figura 34, se observa que es necesario la existencia de un juego J_A que garantice la longitud suficiente del extremo roscado del vástago; y la existencia de un juego J_B que garantice que todos los filetes de la contratuerca, marca 20, interior van a estar en contacto con los filetes del extremo roscado del eje marca 16.

Según la norma DIN78 (UNE-EN 20273:1992) se establece que la dimensión J_A debe ser mínimo 12.5mm (contratuerca DIN936 M20).

$$ITJ_S = ITS_{15} + 2 * ITS_{20} + ITS_{16}$$

$$ITJ_A = ITA_{20} + ITA_{16}$$

$$ITS_{16} = ITA_{16}$$

Se conoce:

$$J_S = 49 \pm 0.3$$

$$S_{15} = B_{15} = 30_{-0.1}^{+0.4}$$

$$S_{20} = A_{20} = 6_{+0.1}^{+0.2}$$

$$B_{16} = 29 \pm 0.2$$

La condición J_A es mínima, por lo que se calcula el mínimo:

$$48.7 = 29.9 + 2 * 6.1 + S_{16} \quad ; \quad S_{16} = A_{16} = 6.6\text{mm}$$

$$J_A = 6.1 + 6.6 = 12.7\text{mm} > 12.5\text{mm} \quad ; \quad \text{SE CUMPLE LA CONDICIÓN } J_A$$

Según el requerimiento geométrico ya enunciado, la dimensión J_B debe ser siempre positiva, por lo que se calculará también un mínimo:

$$ITJ_B = ITB_{15} - ITB_{16}$$

$$J_B = 29.9 - 29.2 = 0.7\text{mm} > 0 \quad ; \quad \text{SE CUMPLE LA CONDICIÓN } J_B$$

3.8 ENSAMBLAJE FINAL

Una vez se dispone de las 27 piezas diferentes que forman el dispositivo se procede a realizar el ensamblaje entre ellas, agrupando debidamente determinadas piezas en subconjuntos.

3.8.1 Montaje Muelle

El primer conjunto de piezas será el formado por: Marca05, Marca06, Marca07.



Figura 35. Subconjunto 1: Montaje muelle.

3.8.2 Montaje Cilindro interior con Juntas

El segundo conjunto de piezas será el formado por: Marca09, 2xMarca21.

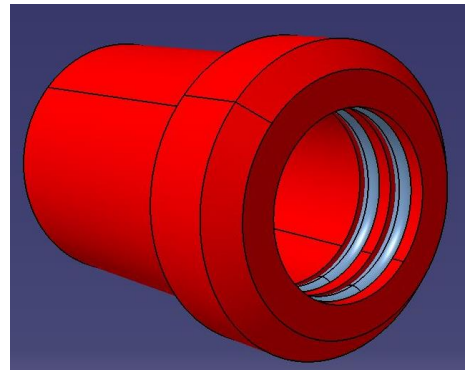


Figura 36. Subconjunto 2: Montaje cilindro interior con juntas.

3.8.3 Montaje Interior

El tercer conjunto de piezas será el formado por: Marca15, Marca16, 2xMarca20, 3xMarca22.

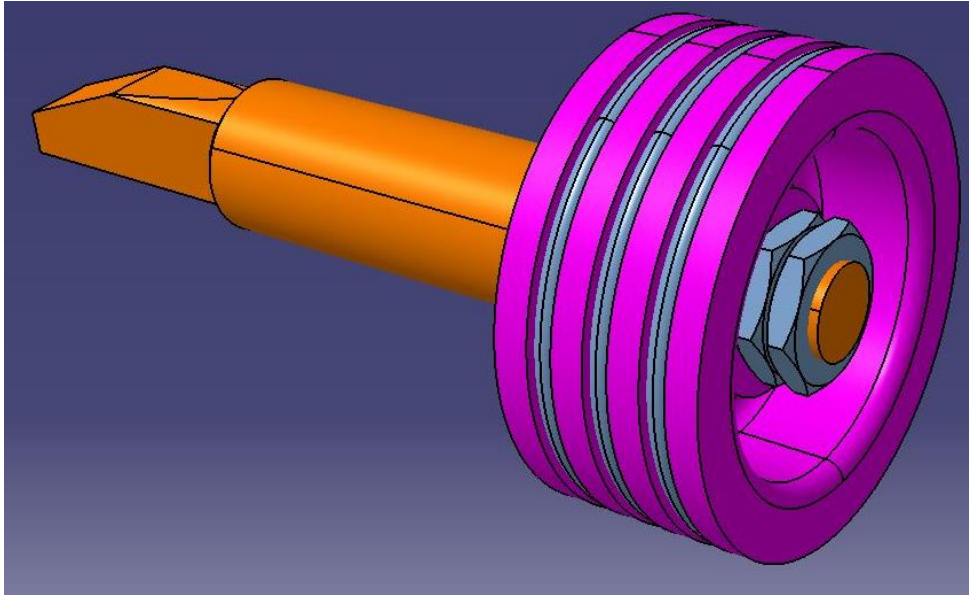


Figura 37. Subconjunto 3: Montaje interior.

3.9 MONTAJE Y DESMONTAJE

El proceso de desmontaje del mecanismo puede seguir varios caminos, en este apartado solamente se distinguirá uno de ellos. El proceso de montaje es análogo.

Se procede a describir, paso a paso, el orden de desmontaje del mecanismo:

1. Retirar espárrago (Marca07).
2. Retirar resorte (Marca06).
3. Retirar alojamiento del muelle (Marca05).

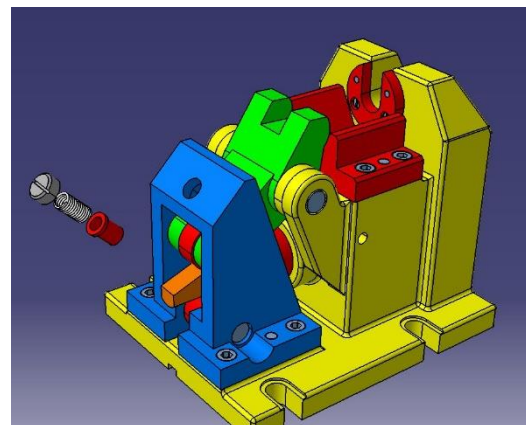


Figura 38. Retirada subconjunto resorte.

4. Retirar pasador D20x80 (Marca26).
5. Retirar rodillo D40x20 (Marca03).
6. Retirar 2 pasadores 10x40 (Marca24) que posicionan la base (Marca02) en la bancada (Marca01) y 4 tornillos Allen (Marca19) que fijan la base a la bancada.

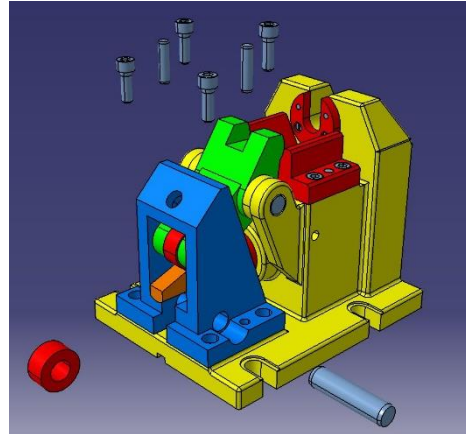


Figura 39. Retirada fijación de bancada.

7. Retirar la base (Marca02).
8. Retirar pasador D20x50 (Marca25).
9. Retirar rodillo D40x18 (Marca04).
10. Retirar pasador D20x120 (Marca27).
11. Retirar palanca (Marca08).

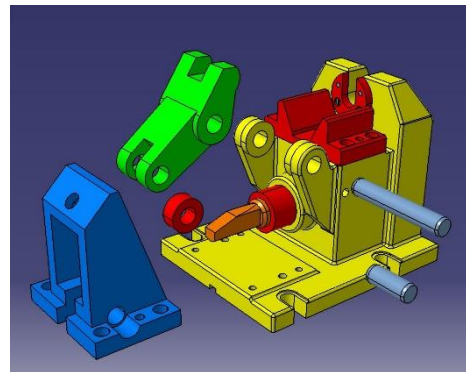


Figura 40. Retirada de bancada y palanca

12. Retirar 2 pasadores 10x40 (Marca24) que posicionan el soporte (Marca12) en la bancada (Marca01) y 4 tornillos Allen M10x30 (Marca19) que fijan el soporte a la bancada.
13. Retirar el soporte (Marca12).

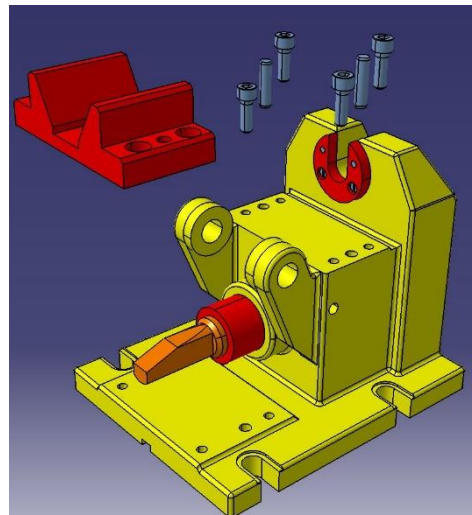


Figura 41. Retirada soporte.

14. Retirar 2 pasadores 6x28 (Marca23) que posicionan el tope (Marca11) en la bancada (Marca01) y 2 tornillos cabeza cilíndrica ranurados M6x10 (Marca17) que fijan el tope a la bancada.
15. Retirar el tope (Marca11).

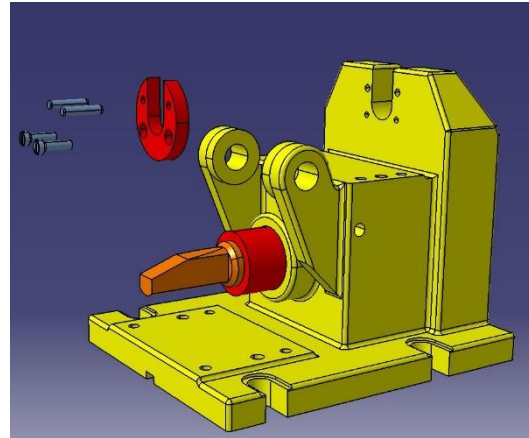


Figura 42. Retirada del tope.

16. Retirar 6 tornillos Allen. M8x30 (Marca18) que fijan la tapa (Marca10) a la bancada (Marca01).
17. Retirar la tapa (Marca10) y la junta de la tapa (Marca14).

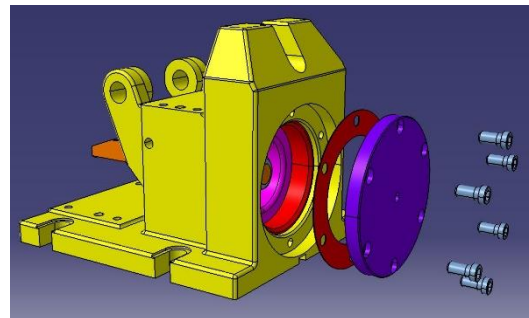


Figura 43. Retirada de la tapa y la junta de la tapa.

18. Retirar el subconjunto formado por: eje (Marca16), émbolo (Marca15), tuerca (Marca20), contratuerca (Marca20) y 3 juntas tóricas D100 (Marca22). Retirar las dos tuercas. Retirar las tres juntas. Retirar el émbolo.

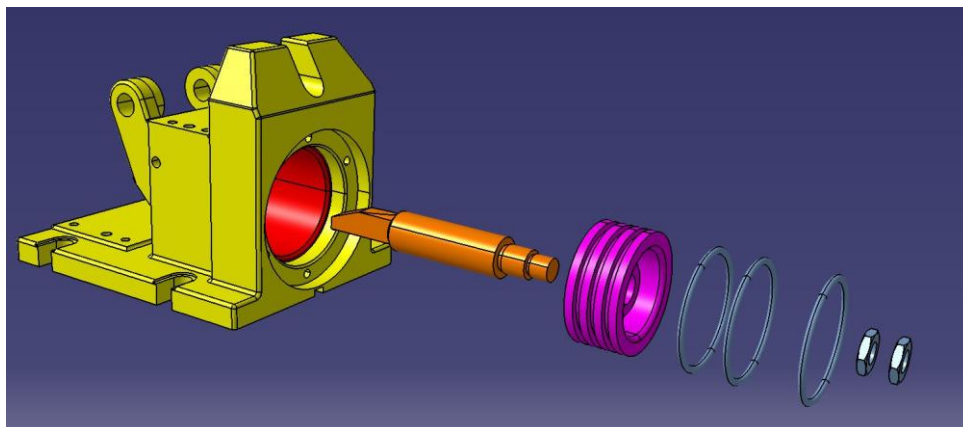


Figura 44. Retirada del subconjunto interior.

19. Retirar el casquillo (Marca13).
20. Retirar el cilindro interior (Marca09) con sus correspondientes 2 juntas (Marca21).

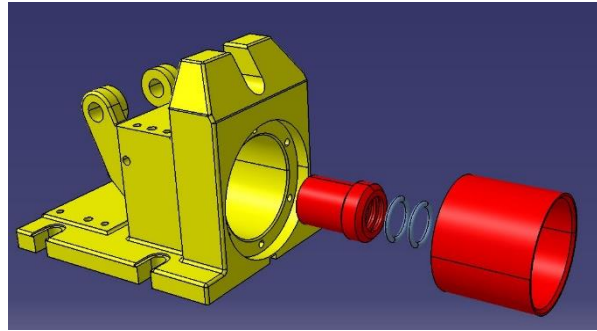


Figura 45. Retirada de casquillo y cilindro interior.

3.10 POSICIONES EXTREMAS

Las posiciones extremas del mecanismo se consideran tal que:

- Condición de bloqueo: posición en la que la palanca presiona las arandelas contra el utillaje.
- Condición de desbloqueo: posición en la que el muelle presiona la palanca para que esta gire en sentido antihorario y libere a las arandelas.

Carrera del émbolo: $39.75 - 0 = 39.75\text{mm}$

Ángulo abarcado por la palanca: $34.45^\circ - 25.84^\circ = 8.61^\circ$

Carrera del alojamiento muelle: $6.89 - 0.48 = 6.41\text{mm}$

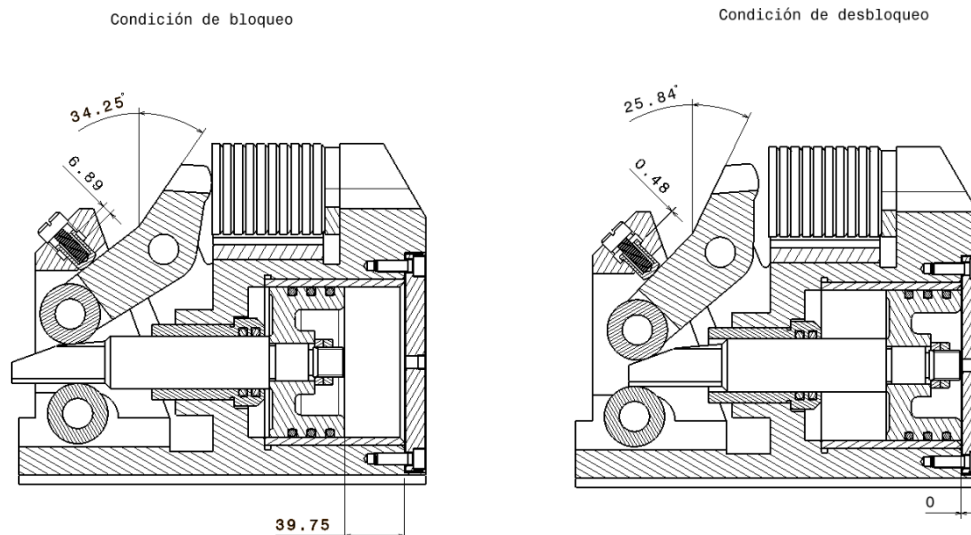


Figura 46. Posiciones extremas.

3.11 POSIBLES CONFIGURACIONES

La primera versión completa del dispositivo está definida para el fresado simultáneo de 10 arandelas de un cierto espesor.

Este dispositivo es capaz de amarrar distinto número de arandelas, distinto tamaño de arandelas e incluso distintas piezas, siempre y cuándo, estas piezas entren dentro del rango de amarre del dispositivo.

La versión actual del utillaje es capaz de amarrar piezas, o conjuntos de piezas, con una longitud total entre 74,81mm y 81,61mm. El cilindro neumático tiene una carrera de 43mm

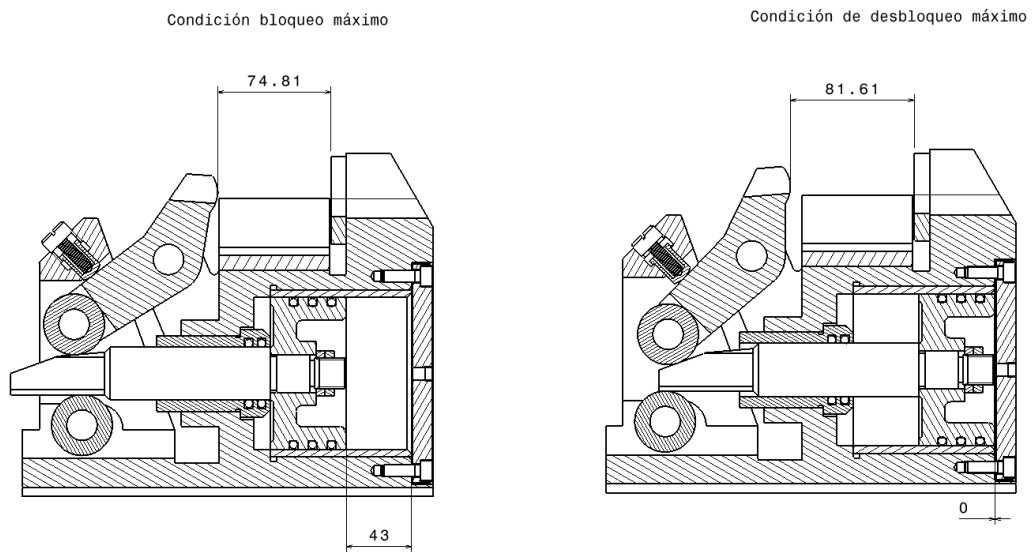


Figura 47. Rango de bloqueo de piezas

En modificaciones futuras, si se desea fresar otro tipo de piezas o conseguir una distinta longitud de amarre fuera de los rangos actuales, se pueden modificar ciertas piezas para adaptar a las nuevas necesidades. Esencialmente la palanca y el soporte son las piezas que serían intercambiables para futuros proyectos.

3.12 NORMATIVA

NORMA	TÍTULO
UNE-EN 286-1:2011	Especificación geométrica de productos (GPS). Sistema de codificación ISO para las tolerancias en dimensiones lineales. Parte 1: Base de tolerancias, desviaciones y ajustes.
UNE-EN 286-2:2011	Especificación geométrica de productos (GPS). Sistema de codificación ISO para las tolerancias en dimensiones lineales. Parte 2: Tablas de las clases de tolerancia normalizadas y de las desviaciones límite para agujeros y ejes.
UNE 1120:1996	Dibujos técnicos. Tolerancias de cotas lineales y angulares.
UNE-EN 22768-1:1994	Tolerancias generales. Parte 1: tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.
UNE-EN 22768-2:1994	Tolerancias generales. Parte 2: tolerancias para cotas geométricas sin indicación individual de tolerancia.
UNE 1149:1990	Dibujos técnicos. Principio de tolerancias fundamentales.
UNE-EN ISO 1101:2017	Especificación geométrica de producto (GPS). Acotado geométrico. Tolerancias de forma, orientación, localización y alabeo.
UNE-EN ISO 128:2020	Documentación técnica de productos. Principios generales de representación.
UNE-EN ISO 129:2019	Documentación técnica de los productos (TPD). Representación de dimensiones y tolerancias.
UNE-EN ISO 1302:2002	Especificación geométrica de productos (GPS). Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos.
UNE-EN ISO 4287:1999	Especificación geométrica de productos (GPS). Calidad superficial: Método del perfil. Términos, definiciones y parámetros del estado superficial.
UNE-EN ISO 4288:1999	Especificación geométrica de productos (GPS). Calidad superficial: Método del perfil. Reglas y procedimientos para la evaluación del estado superficial.
UNE 1027:1995	Dibujos técnicos. Plegado de planos.
UNE-EN ISO 5455:1996	Dibujos técnicos. Escalas.
UNE-EN ISO 6410: 1996	Dibujos técnicos. Roscas y piezas roscadas. Parte 1: Convenios generales. Parte 2: Insertos roscados. Parte 3: Representación simplificada.
UNE-EN ISO 2162-1:1997	Documentación técnica de productos. Resortes. Parte 1: Representación simplificada.

ISO 10243:2019	<i>Tools for pressing – Compression springs with rectangular section – Housing dimensions and colour coding</i>
UNE-EN 225:2011	Elementos de fijación. Pernos, tornillos, espárragos y tuercas. Símbolos y designación de las dimensiones.
UNE 17 05178	Tornillos y espárragos. Longitudes nominales y longitudes roscadas.
UNE-EN ISO 4762:2005	Tornillos de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal.
UNE-EN ISO 20273:1992	Elementos de fijación. Agujeros de paso para pernos y tornillos.
UNE-EN ISO 2338:1998	Pasadores cilíndricos, de acero no templado y acero inoxidable austenítico.
UNE-EN ISO 4035:2013	Tuercas hexagonales bajas biseladas. Productos de clases A y B.
UNE-EN ISO 1207:2011	Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada. Producto de clase A.
ISO 2795:2020	<i>Plain bearings – Sintered bushes – Dimensions and tolerances</i>
UNE 17703:2004	Rosca métrica ISO para usos generales. Selección de diámetros y pasos para tornillería.
UNE-EN ISO 898-1:2015	Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y de acero aleado. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino.

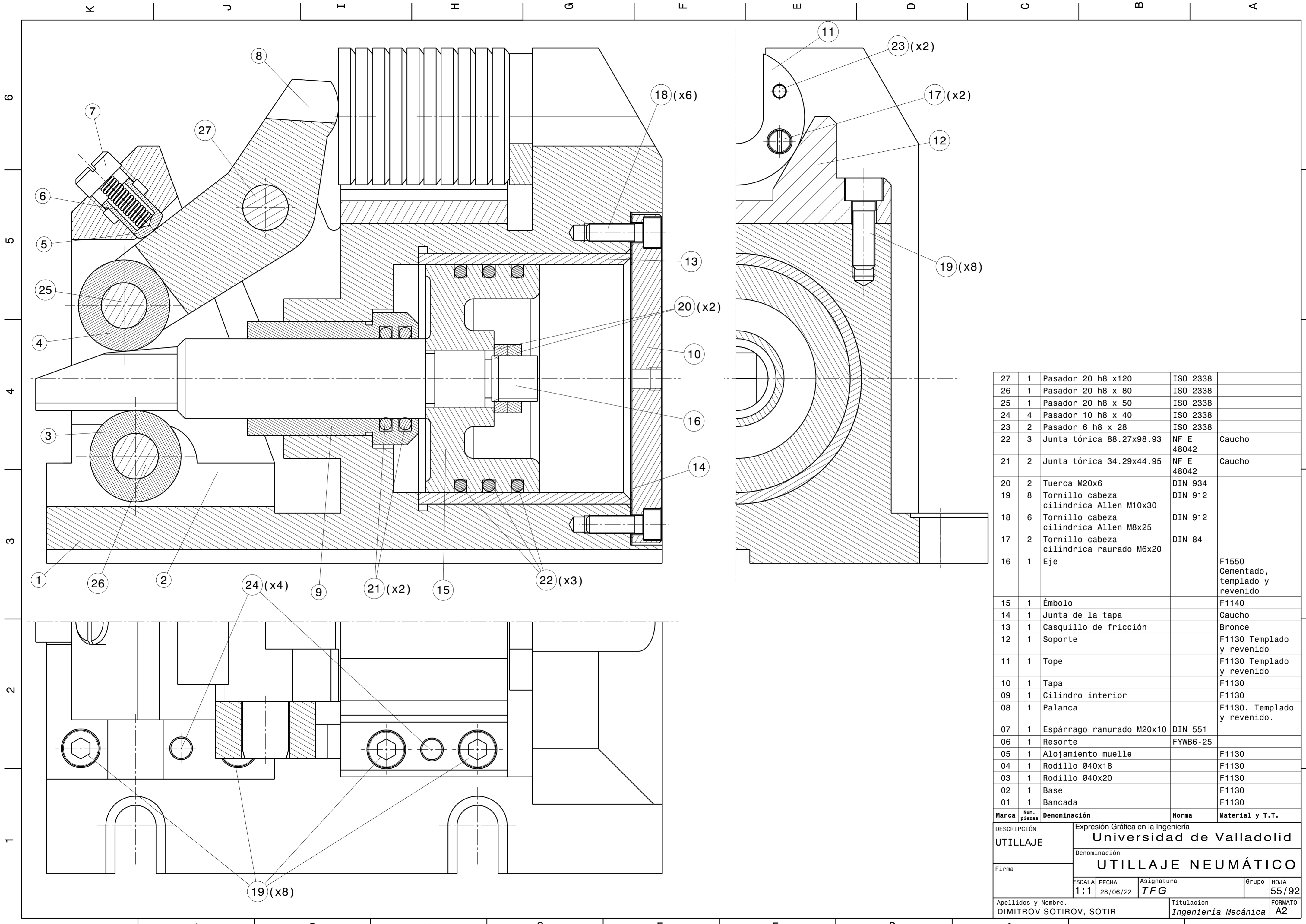
Tabla 15. Normativa empleada.

Toda la normativa empleada es vigente a día 30 de junio de 2022.



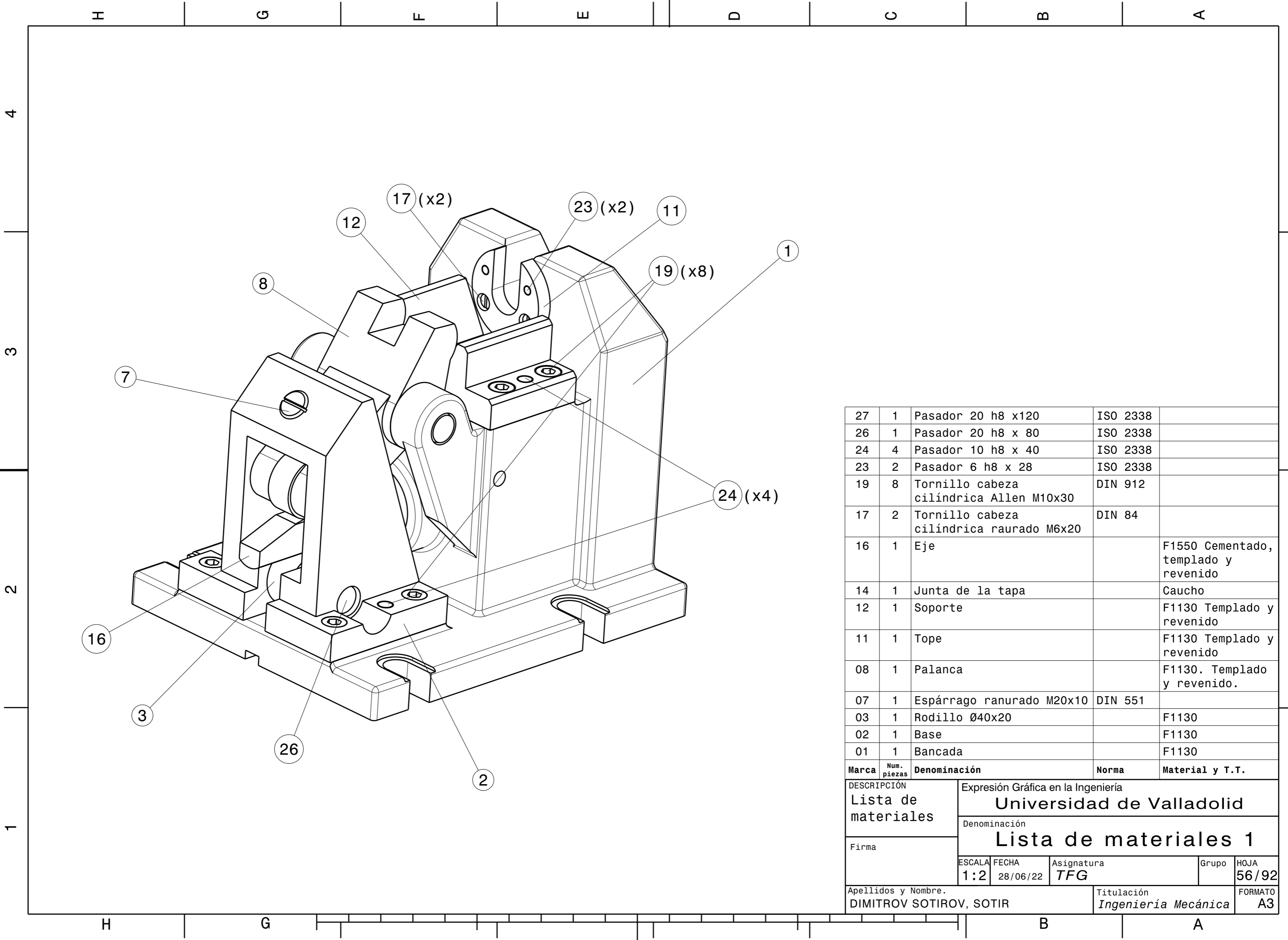
4. PLANOS

Tras haber realizado el análisis funcional de los componentes del utillaje se procede a traducir toda la información recopilada y organizada en una serie de planos.



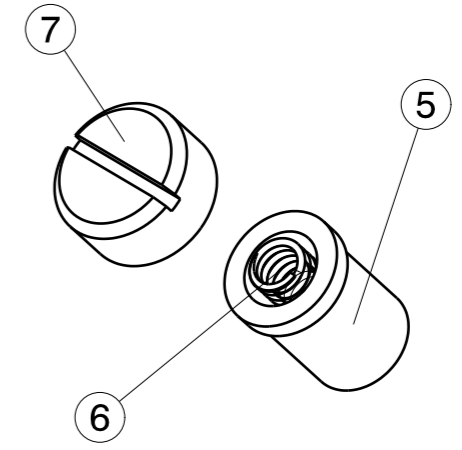
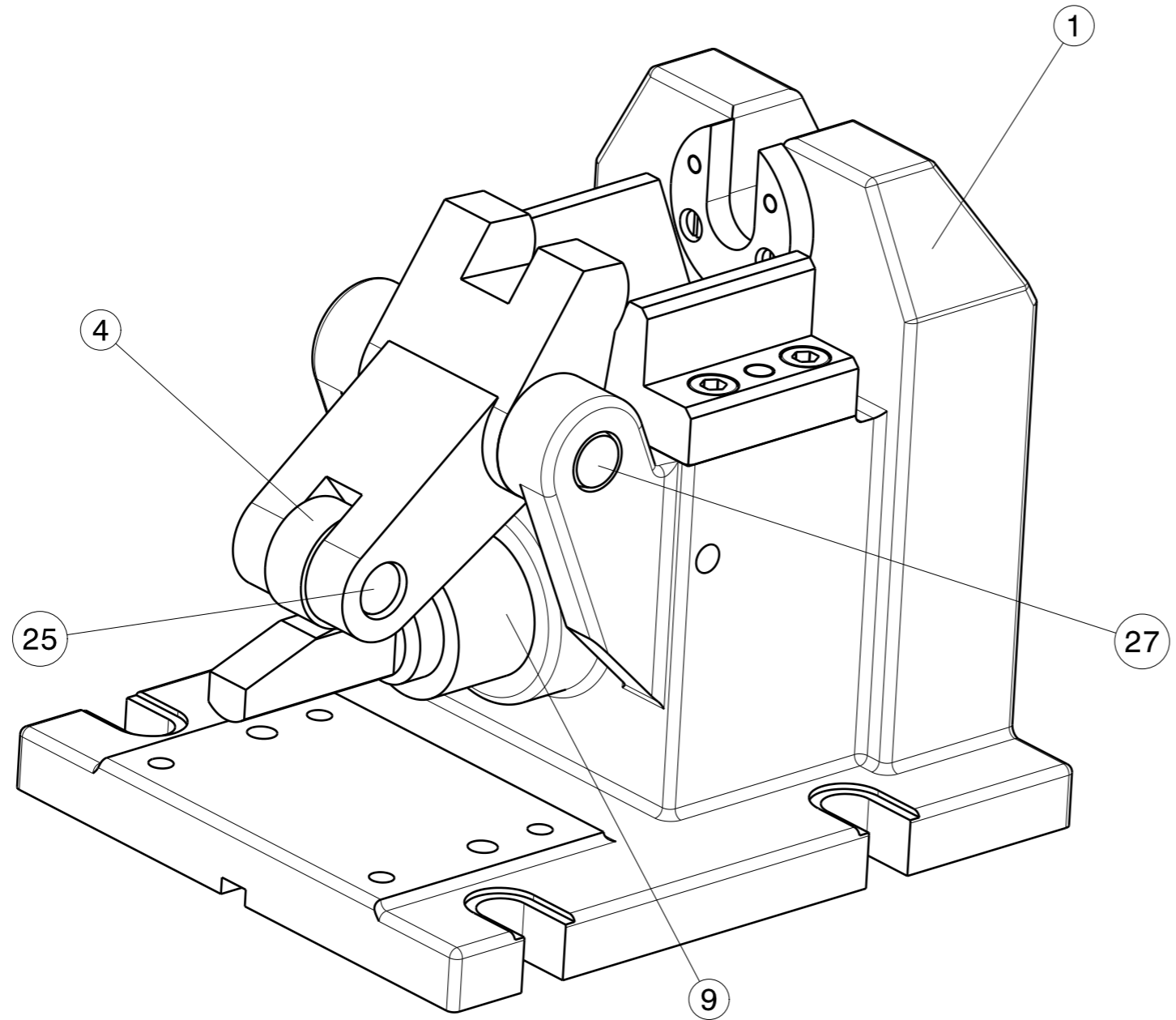
27	1	Pasador 20 h8 x120	ISO 2338	
26	1	Pasador 20 h8 x 80	ISO 2338	
25	1	Pasador 20 h8 x 50	ISO 2338	
24	4	Pasador 10 h8 x 40	ISO 2338	
23	2	Pasador 6 h8 x 28	ISO 2338	
22	3	Junta tórica 88.27x98.93	NF E 48042	Caucho
21	2	Junta tórica 34.29x44.95	NF E 48042	Caucho
20	2	Tuerca M20x6	DIN 934	
19	8	Tornillo cabeza cilíndrica Allen M10x30	DIN 912	
18	6	Tornillo cabeza cilíndrica Allen M8x25	DIN 912	
17	2	Tornillo cabeza cilíndrica raurado M6x20	DIN 84	
16	1	Eje		F1550 Cementado, templado y revenido
15	1	Émbolo		F1140
14	1	Junta de la tapa		Caucho
13	1	Casquillo de fricción		Bronce
12	1	Soporte		F1130 Templado y revenido
11	1	Tope		F1130 Templado y revenido
10	1	Tapa		F1130
09	1	Cilindro interior		F1130
08	1	Palanca		F1130. Templado y revenido.
07	1	Espárrago ranurado M20x10	DIN 551	
06	1	Resorte	FYWB6-25	
05	1	Alojamiento muelle		F1130
04	1	Rodillo Ø40x18		F1130
03	1	Rodillo Ø40x20		F1130
02	1	Base		F1130
01	1	Bancada		F1130

Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.
DESCRIPCIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
UTILLAJE		Universidad de Valladolid		
Firma		Denominación		
		UTILLAJE NEUMÁTICO		
ESCALA	FECHA	Asignatura	Grupo	HOJA
1:1	28/06/22	TFG		55/92
Apellidos y Nombre.		Titulación		FORMATO
DIMITROV SOTIROV, SOTIR		Ingeniería Mecánica		A2



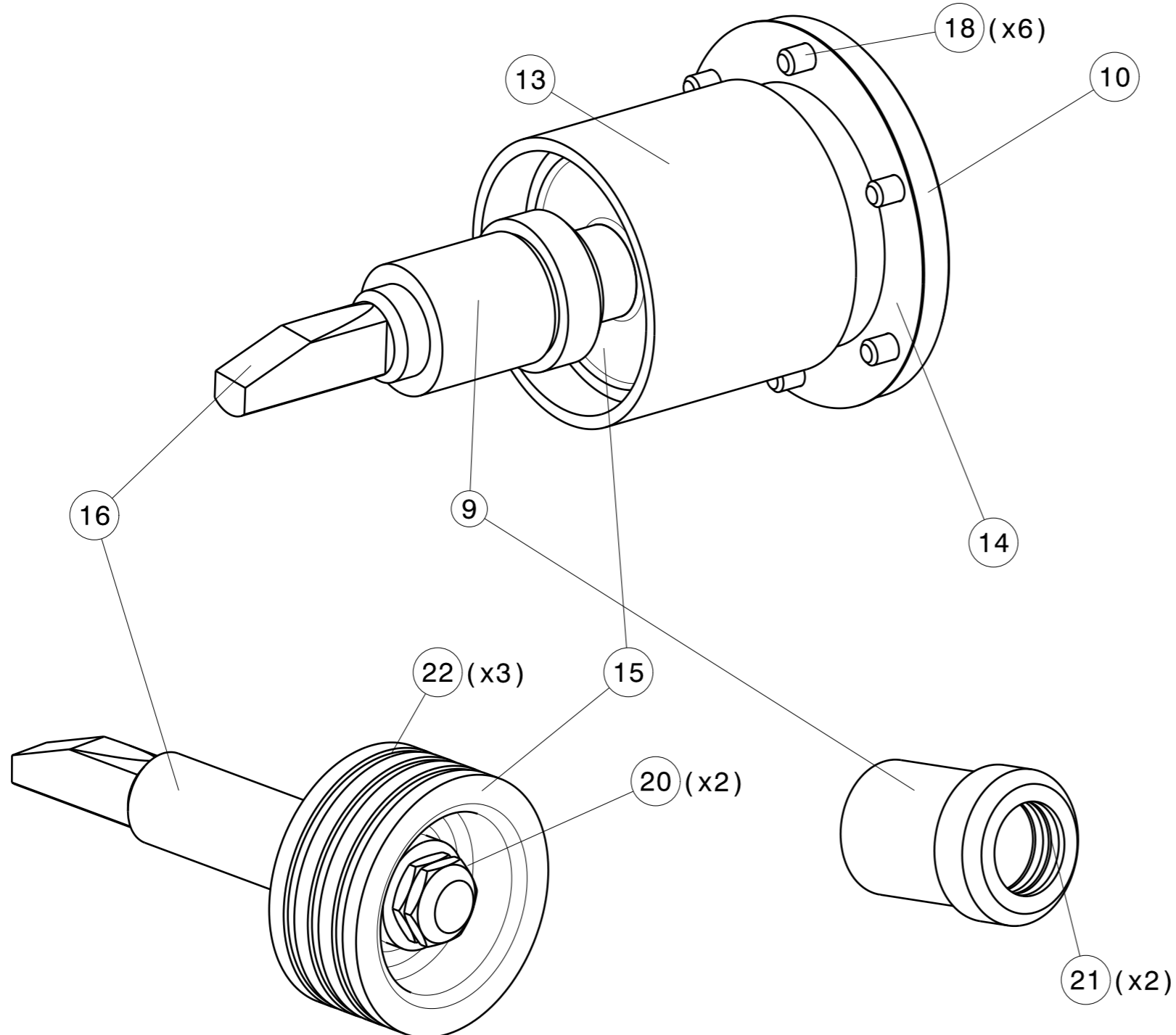
27	1	Pasador 20 h8 x120	ISO 2338	
26	1	Pasador 20 h8 x 80	ISO 2338	
24	4	Pasador 10 h8 x 40	ISO 2338	
23	2	Pasador 6 h8 x 28	ISO 2338	
19	8	Tornillo cabeza cilíndrica Allen M10x30	DIN 912	
17	2	Tornillo cabeza cilíndrica raurado M6x20	DIN 84	
16	1	Eje		F1550 Cementado, templado y revenido
14	1	Junta de la tapa		Caucho
12	1	Soporte		F1130 Templado y revenido
11	1	Tope		F1130 Templado y revenido
08	1	Palanca		F1130. Templado y revenido.
07	1	Espárrago ranurado M20x10	DIN 551	
03	1	Rodillo Ø40x20		F1130
02	1	Base		F1130
01	1	Bancada		F1130
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.

DESCRIPCIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Lista de materiales		Universidad de Valladolid		
		Denominación		
Firma		Lista de materiales 1		
		ESCALA	FECHA	Asignatura
Apellidos y Nombre.		Titulación	Grupo	HOJA
DIMITROV SOTIROV, SOTIR		Ingeniería Mecánica		56/92
		FORMATO	A3	



Conjunto muelle
Escala: 1:1

27	1	Pasador 20 h8 x120	ISO 2338	
25	1	Pasador 20 h8 x 50	ISO 2338	
09	1	Cilindro interior		F1130
07	1	Espárrago ranurado M20x10	DIN 551	
06	1	Resorte	FYWB6-25	
05	1	Alojamiento muelle		
04	1	Rodillo Ø40x18		F1130
01	1	Bancada		F1130
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.
DESCRIPCIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Lista de materiales		Universidad de Valladolid		
Firma		Denominación		
		Lista de materiales 2		
ESCALA	FECHA	Asignatura	Grupo	HOJA
1:2	28/06/22	TFG		57/92
Apellidos y Nombre.			Titulación	FORMATO
DIMITROV SOTIROV, SOTIR			Ingeniería Mecánica	A3

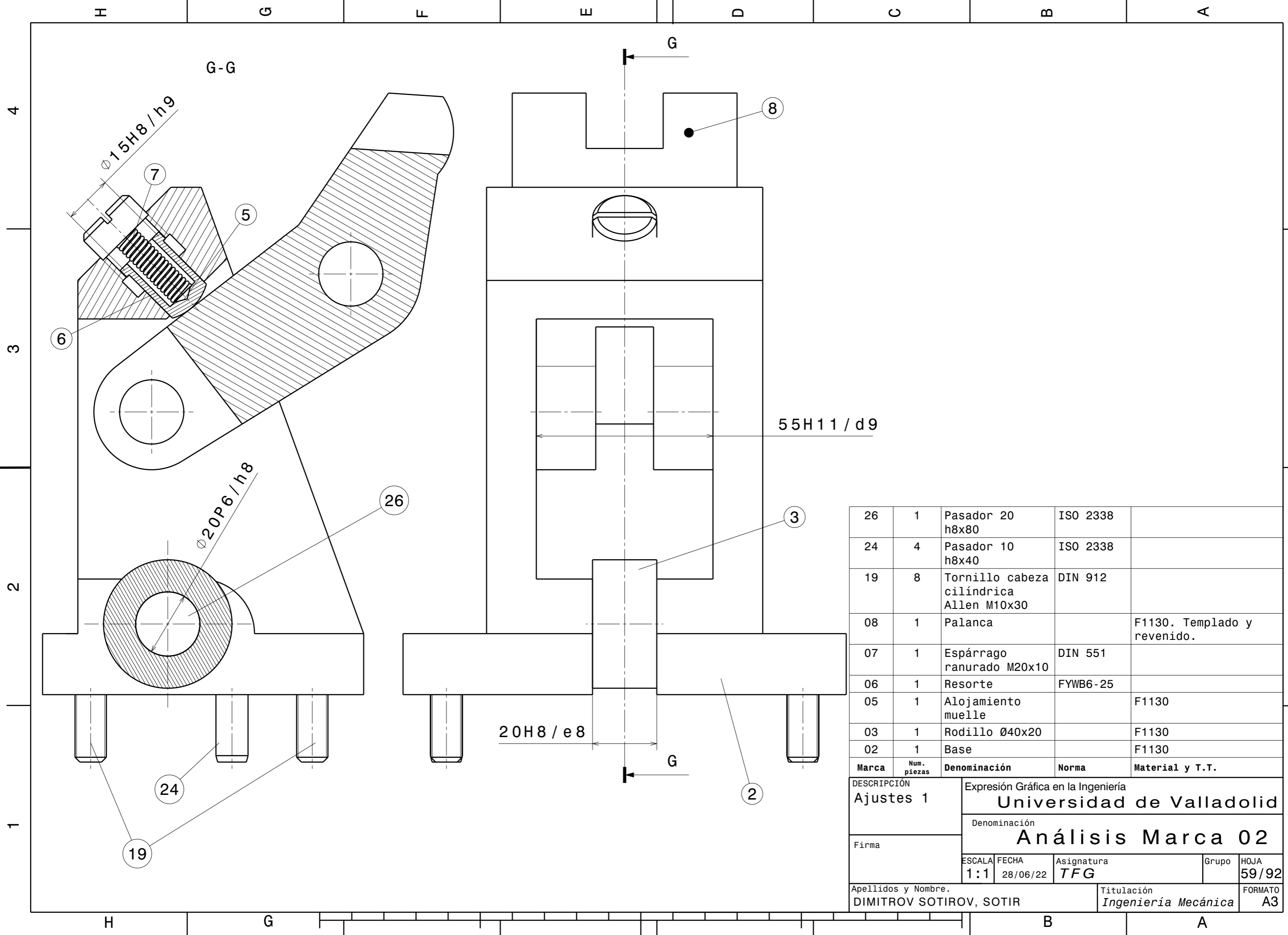


Montaje interior

Montaje cilindro interior con juntas

22	3	Junta tórica 88.27x98.93	NF E 48042	Caucho
21	2	Junta tórica 34.29x44.95	NF E 48042	Caucho
20	2	Tuerca M20x6	DIN 934	
18	6	Tornillo cabeza cilíndrica Allen M8x25	DIN 912	
16	1	Eje		F1550 Cementado, templado y revenido
15	1	Émbolo		F1140
14	1	Junta de la tapa		Caucho
13	1	Casquillo de fricción		Bronce
10	1	Tapa		F1130
09	1	Cilindro interior		F1130
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.

DESCRIPCIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Lista de materiales		Universidad de Valladolid		
		Denominación		
Firma		Lista de materiales 3		
		ESCALA	FECHA	Asignatura
Apellidos y Nombre.		Titulación		FORMATO
DIMITROV SOTIROV, SOTIR		Ingeniería Mecánica		A3

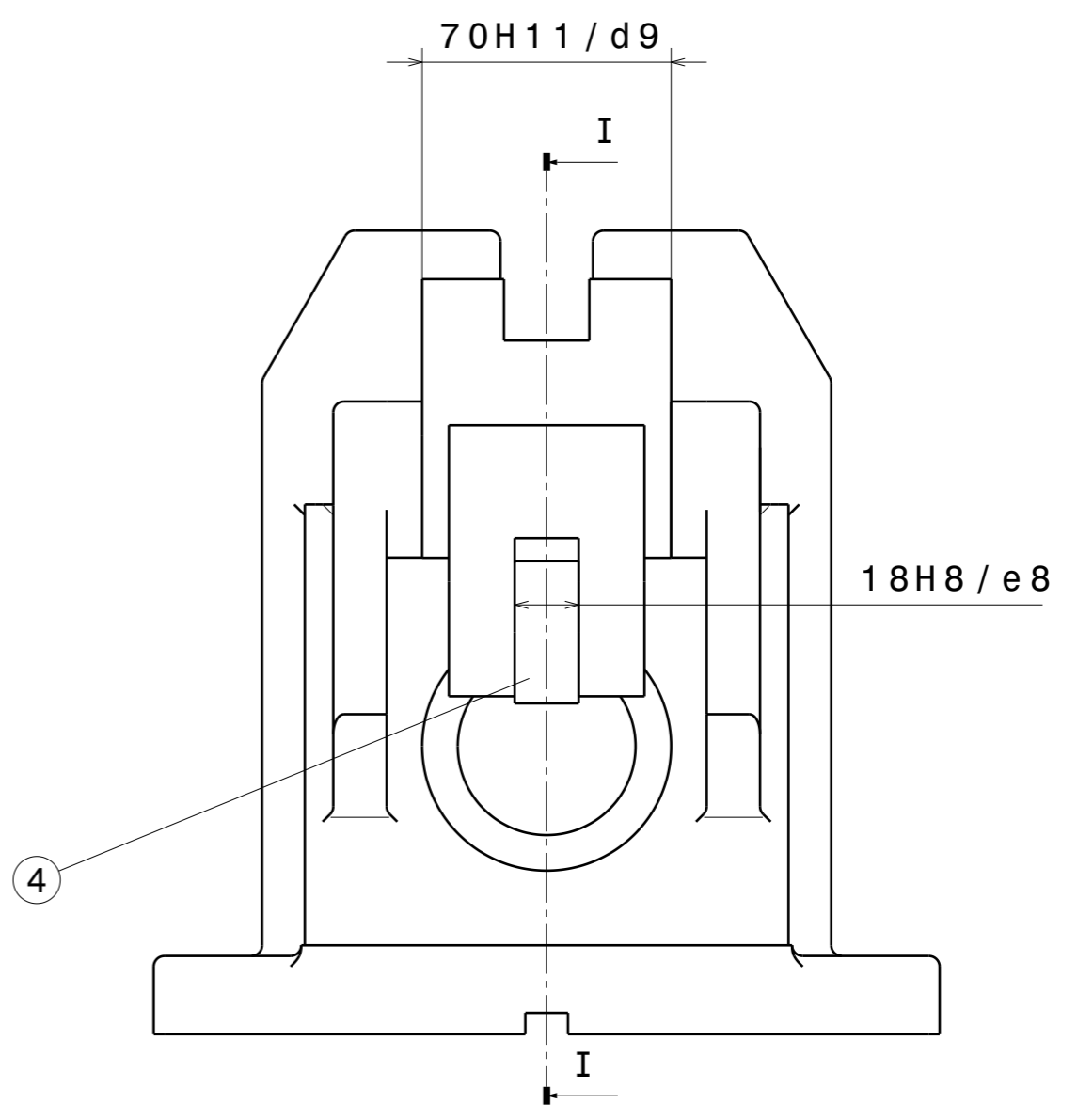
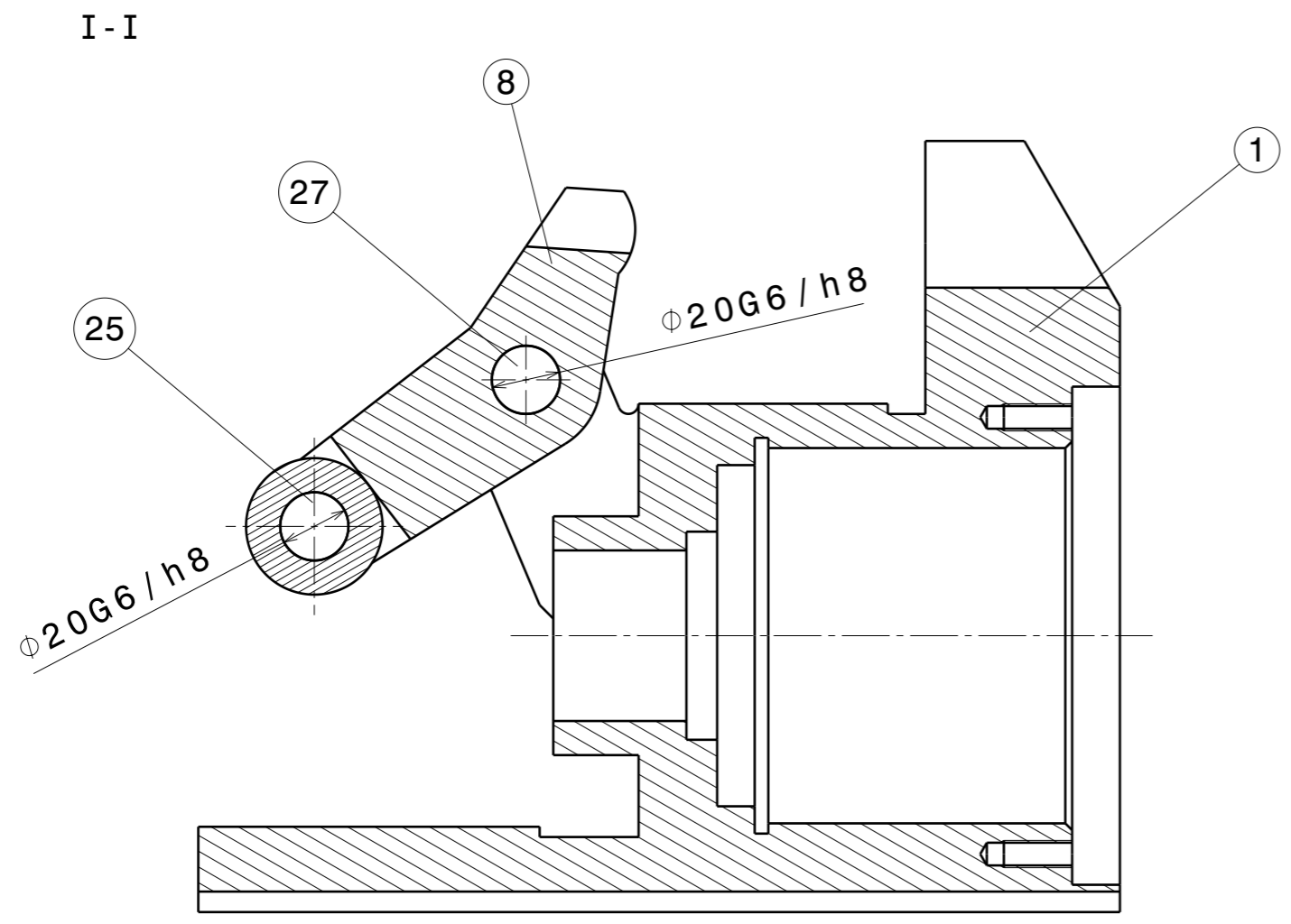


26	1	Pasador 20 h8x80	ISO 2338	
24	4	Pasador 10 h8x40	ISO 2338	
19	8	Tornillo cabeza cilíndrica Allen M10x30	DIN 912	
08	1	Palanca		F1130. Templado y revenido.
07	1	Espárrago ranurado M20x10	DIN 551	
06	1	Resorte	FYWB6-25	
05	1	Alojamiento muelle		F1130
03	1	Rodillo Ø40x20		F1130
02	1	Base		F1130
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.

DESCRIPCIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Ajustes 1		Universidad de Valladolid		
Firma		Denominación		
		Análisis Marca 02		
ESCALA	FECHA	Asignatura	Grupo	HOJA
1:1	28/06/22	TFG		59/92
Apellidos y Nombre.			Titulación	FORMATO
DIMITROV SOTIROV, SOTIR			Ingeniería Mecánica	A3

H G F E D C B A

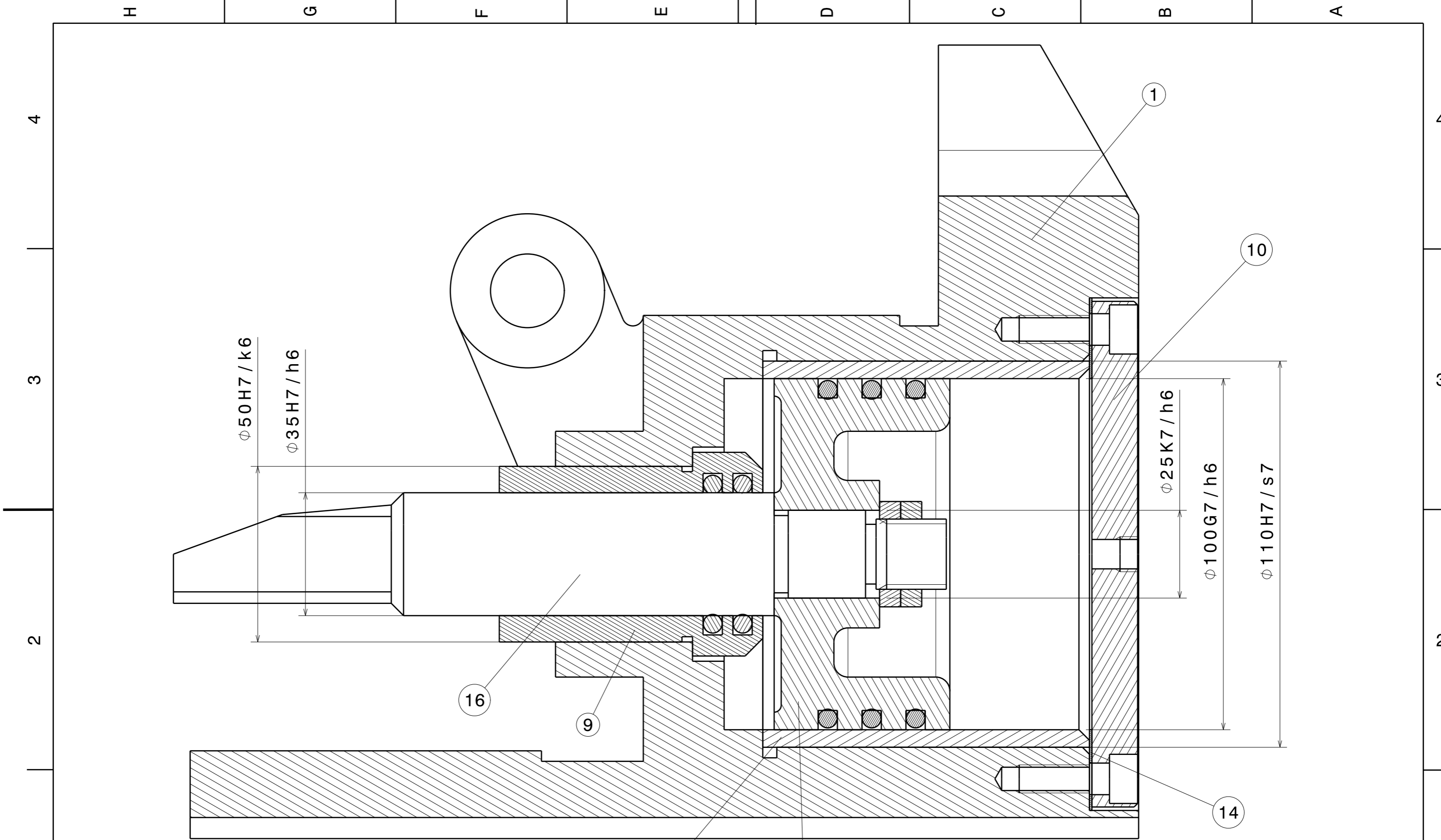
4
3
2
1



27	1	Pasador 20 h8x120	ISO 2338	
25	1	Pasador 20 h8x50	ISO 2338	
08	1	Palanca		F1130. Templado y revenido.
04	1	Rodillo $\varnothing 40 \times 18$		F1130
01	1	Bancada		F1130
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.

DESCRIPCIÓN Ajustes 2	Expresión Gráfica en la Ingeniería			
	Universidad de Valladolid			
Firma	Denominación Análisis Marca 08			
	ESCALA 1:1	FECHA 28/06/22	Asignatura TFG	Grupo HOJA 60/92
Apellidos y Nombre. DIMITROV SOTIROV, SOTIR			Titulación <i>Ingeniería Mecánica</i>	
			FORMATO A3	

H G F E D C B A



DESCRIPCIÓN Ajustes 3		Expresión Gráfica en la Ingeniería Universidad de Valladolid			
Firma		Denominación Análisis Marcas 9-16			
ESCALA 1:1	FECHA 28/06/22	Asignatura <i>TFG</i>	Grupo	HOJA 61/92	
Apellidos y Nombre. DIMITROV SOTIROV, SOTIR			Titulación <i>Ingeniería Mecánica</i>		FORMATO A3

4

3

2

1

D

C

B

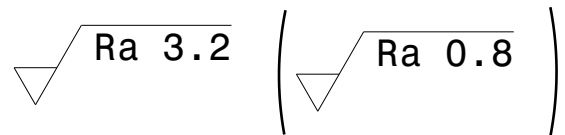
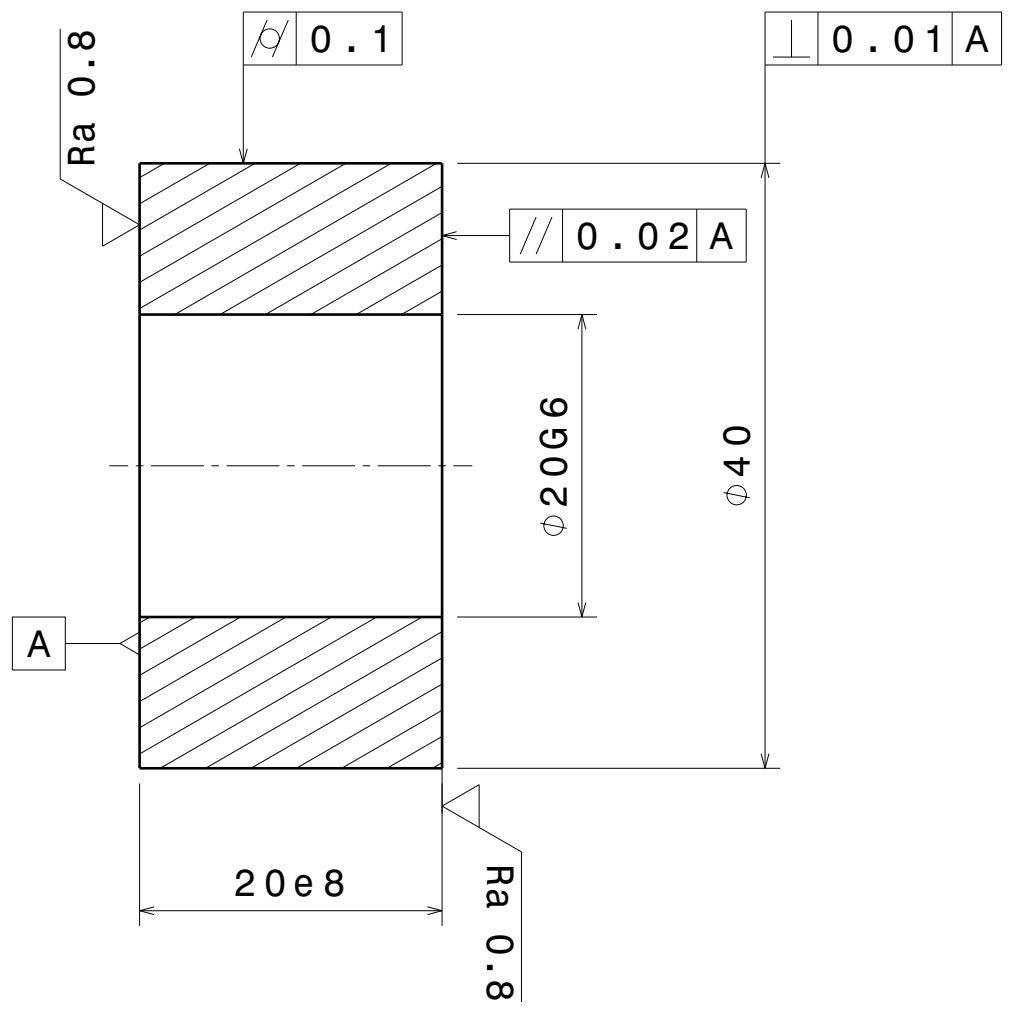
A

4

3

2

1



Matado de aristas vivas: 0,5x45°

03	1	Rodillo Ø40x20	ISO 2768-m	F1130
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.
DESCRIPCIÓN Marca 03		Expresión Gráfica en la Ingeniería Universidad de Valladolid		
Firma		Denominación Rodillo Ø40x20		
ESCALA 2:1		FECHA 28/06/22	Asignatura TFG	Grupo HOJA 62/92
Apellidos y Nombre. Dimitrov Sotirov, Sotir			Titulación <i>Ingeniería Mecánica</i> FORMATO A4	

D

C

B

A

4

3

2

1

D

C

B

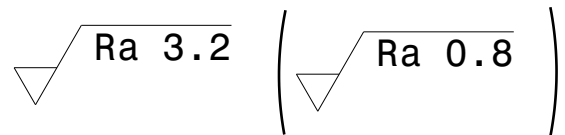
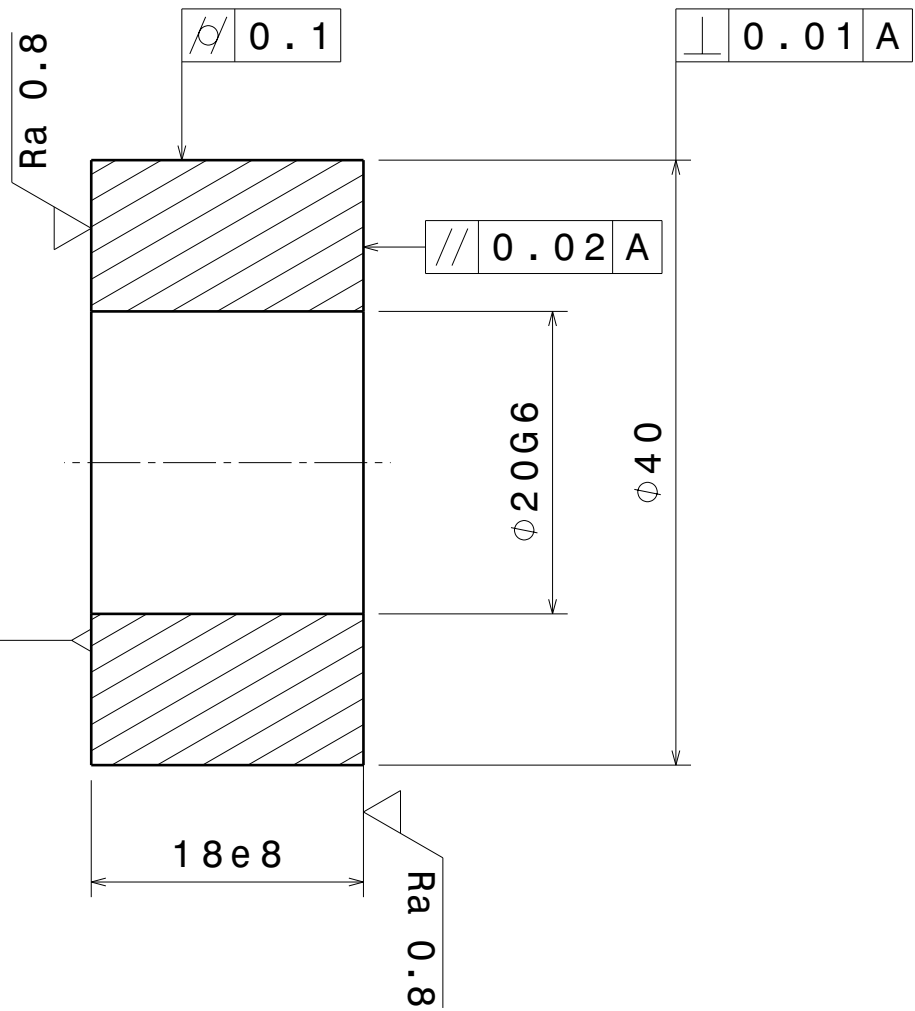
A

4

3

2

1



Matado de aristas vivas: 0,5x45°

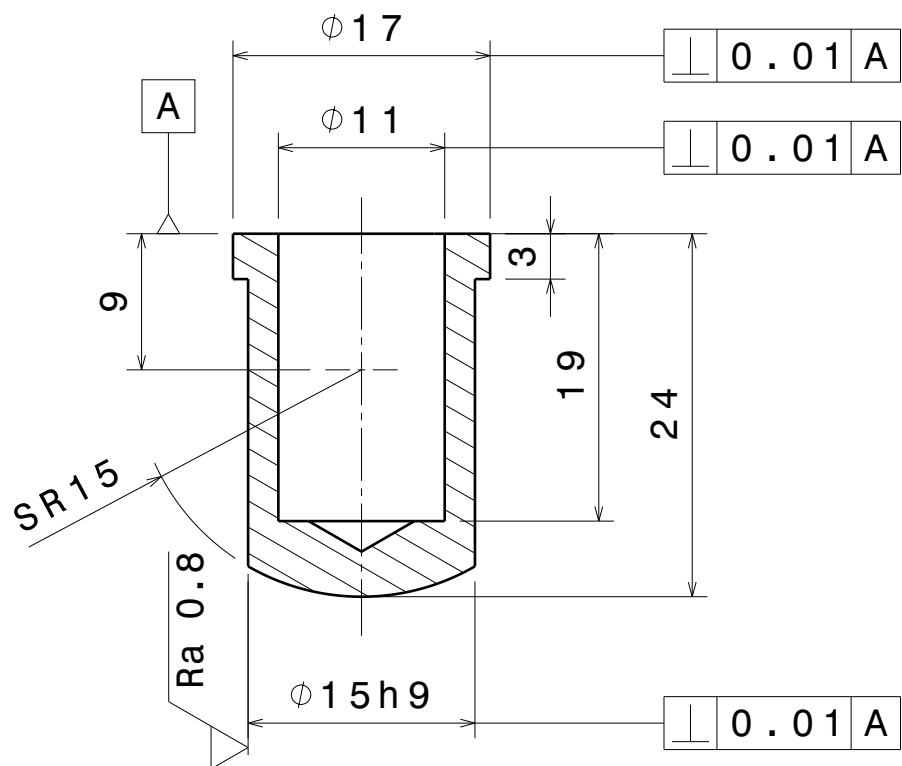
04	1	Rodillo Ø40x18	ISO 2768-m	F1130
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.
DESCRIPCIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Marca 04		Universidad de Valladolid		
Firma		Denominación		
		Rodillo Ø40x18		
ESCALA	FECHA	Asignatura	Grupo	HOJA
2:1	28/06/22	TFG		63/92
Apellidos y Nombre.			Titulación	FORMATO
Dimitrov Sotirov, Sotir			Ingeniería Mecánica	A4

D

C

B

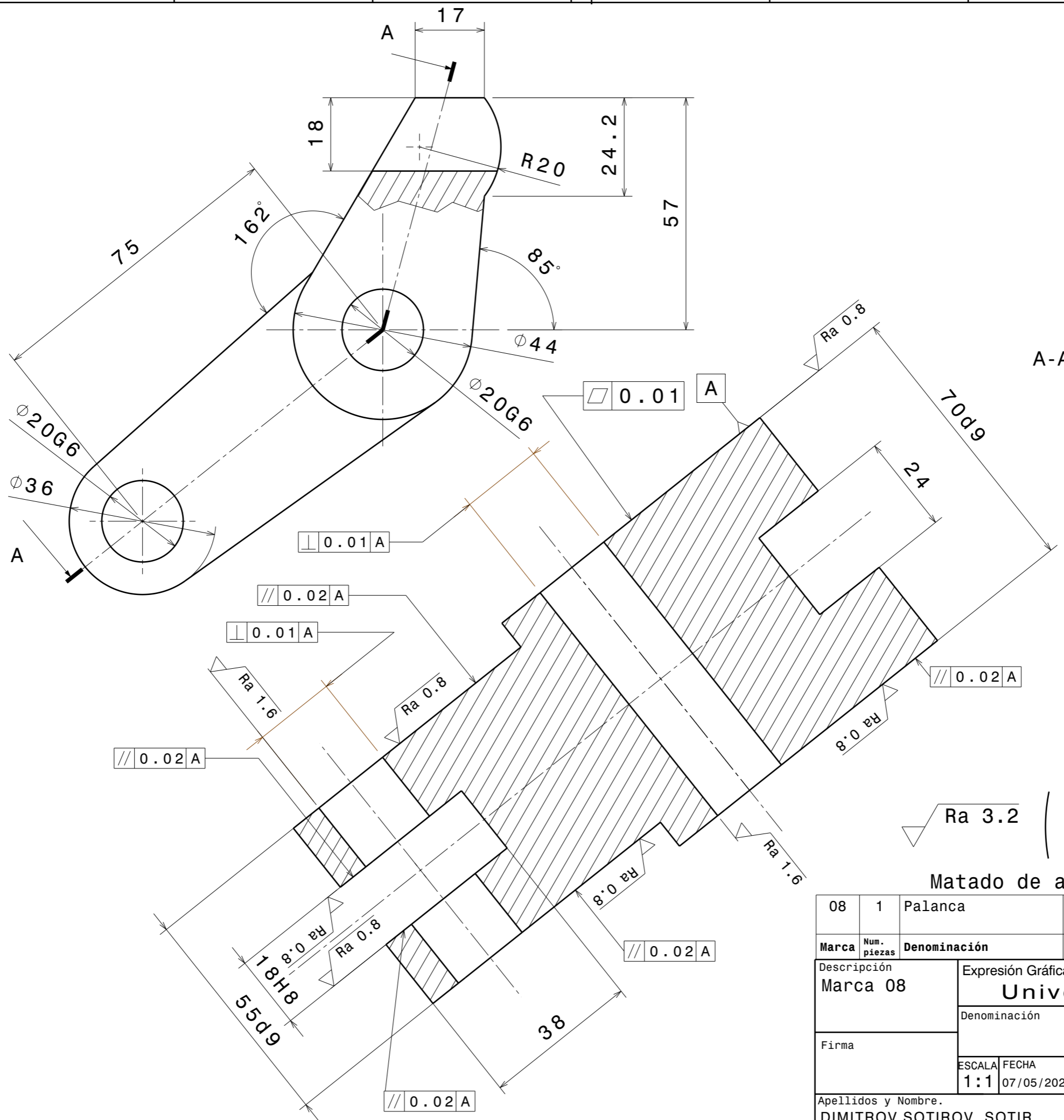
A



$\sqrt{\text{Ra } 3.2}$ ($\sqrt{\text{Ra } 0.8}$)

Matado de aristas vivas: $0,5 \times 45^\circ$

05	1	Alojamiento muelle	ISO 2768-m	F1130
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.
DESCRIPCIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Marca 05		Universidad de Valladolid		
Firma		Denominación		
		Alojamiento muelle		
ESCALA		FECHA	Asignatura	Grupo
2:1		28/06/22	TFG	HOJA
Apellidos y Nombre.		Titulación		FORMATO
Dimitrov Sotirov, Sotir		Ingeniería Mecánica		A4



Matado de aristas vivas: 0,5x45°

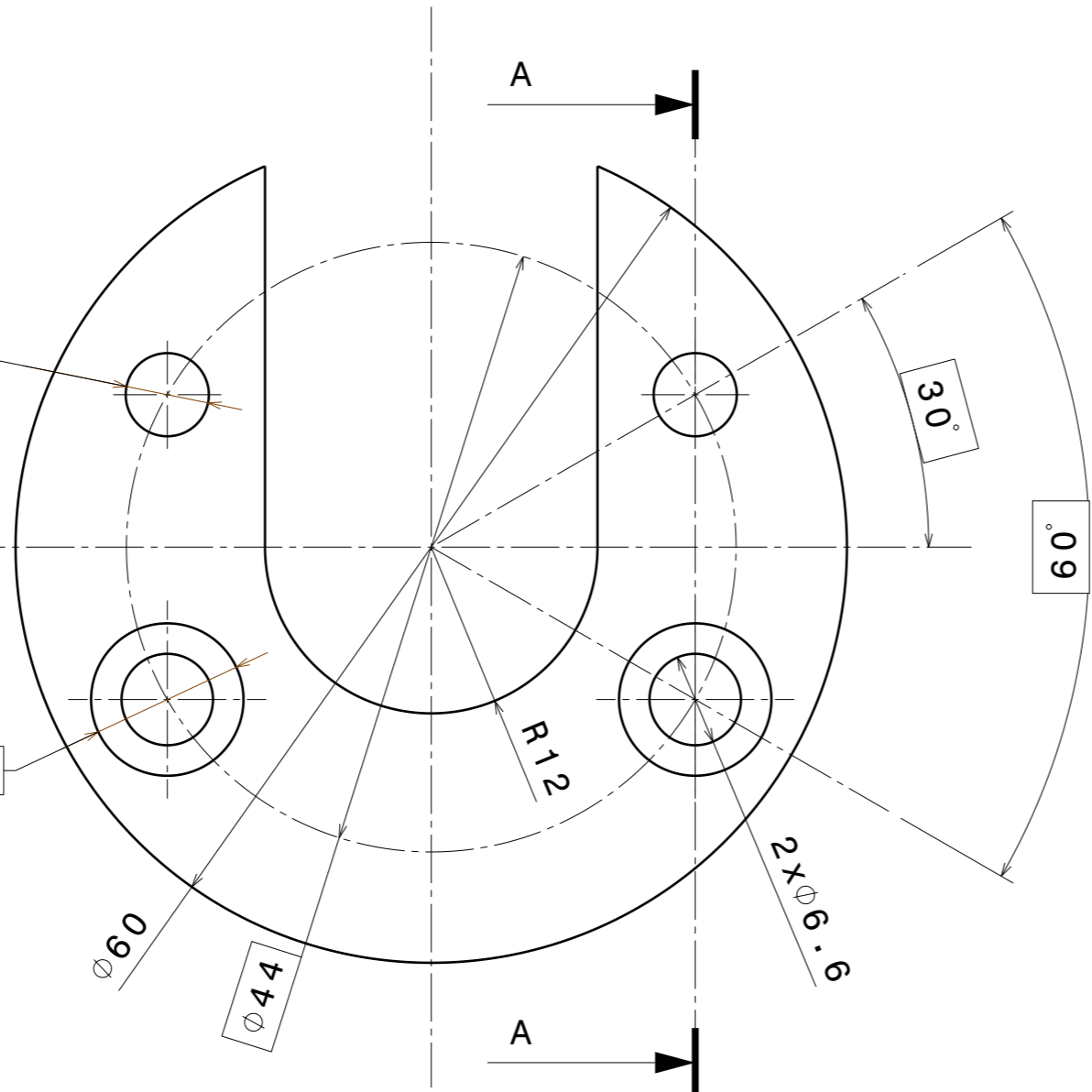
08	1	Palanca	ISO 2768-f	F-1130 Templado y revenido
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.
Descripción		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Marca 08		Universidad de Valladolid		
Firma		Denominación		
		Palanca		
Apellidos y Nombre.		ESCALA	FECHA	Asignatura
DIMITROV SOTIROV, SOTIR		1:1	07/05/2022	TFG
Titulación			Grupo	HOJA
Ingeniería Mecánica				65/92
FORMATO				
A3				

H G F E D C B A

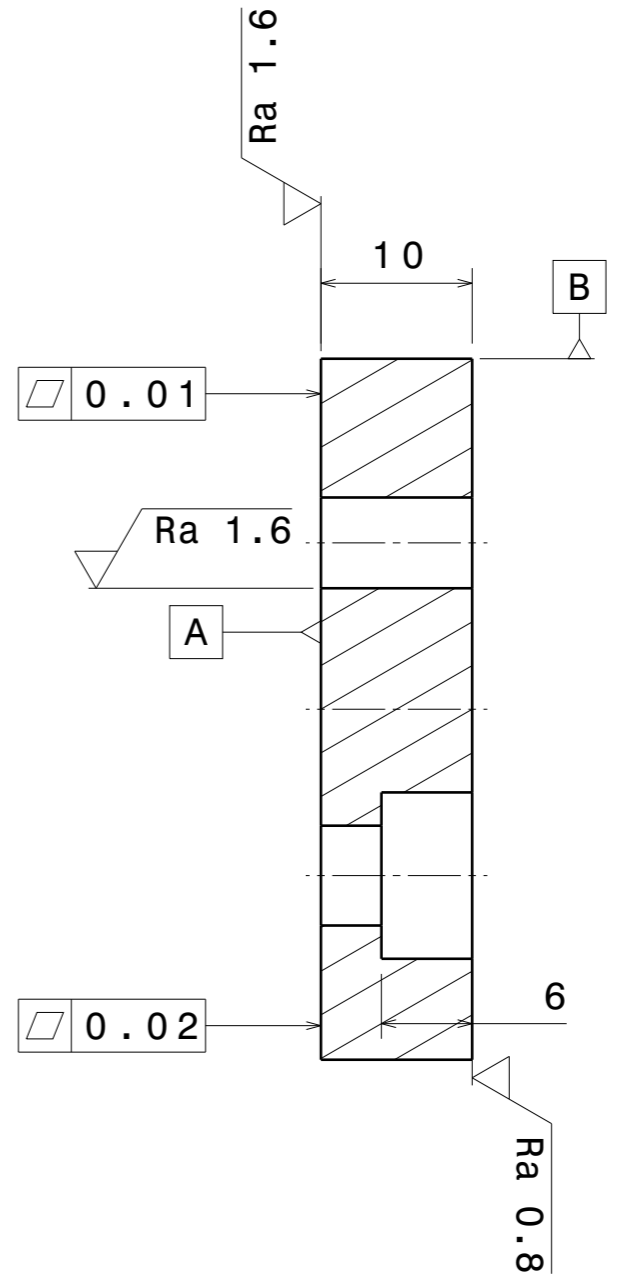
4
3
2
1

2xØ6G6
⊕ 0.2 A B

2xØ11
⊕ 0.2 A B



A-A



Ra 3.2 (Ra 1.6 Ra 0.8)

Matado de aristas vivas: 0,5x45°

11	1	Tope	ISO 2768-m	F-1130 Templado y revenido
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.
DESCRIPCIÓN	Expresión Gráfica en la Ingeniería			
Marca 11	Universidad de Valladolid			
Firma	Denominación			
	Tope			
	ESCALA	FECHA	Asignatura	Grupo
	2:1	07/05/2022	TFG	HOJA
	Apellidos y Nombre.			FORMATO
	DIMITROV SOTIROV, SOTIR			A3
	Titulación			
	Ingeniería Mecánica			

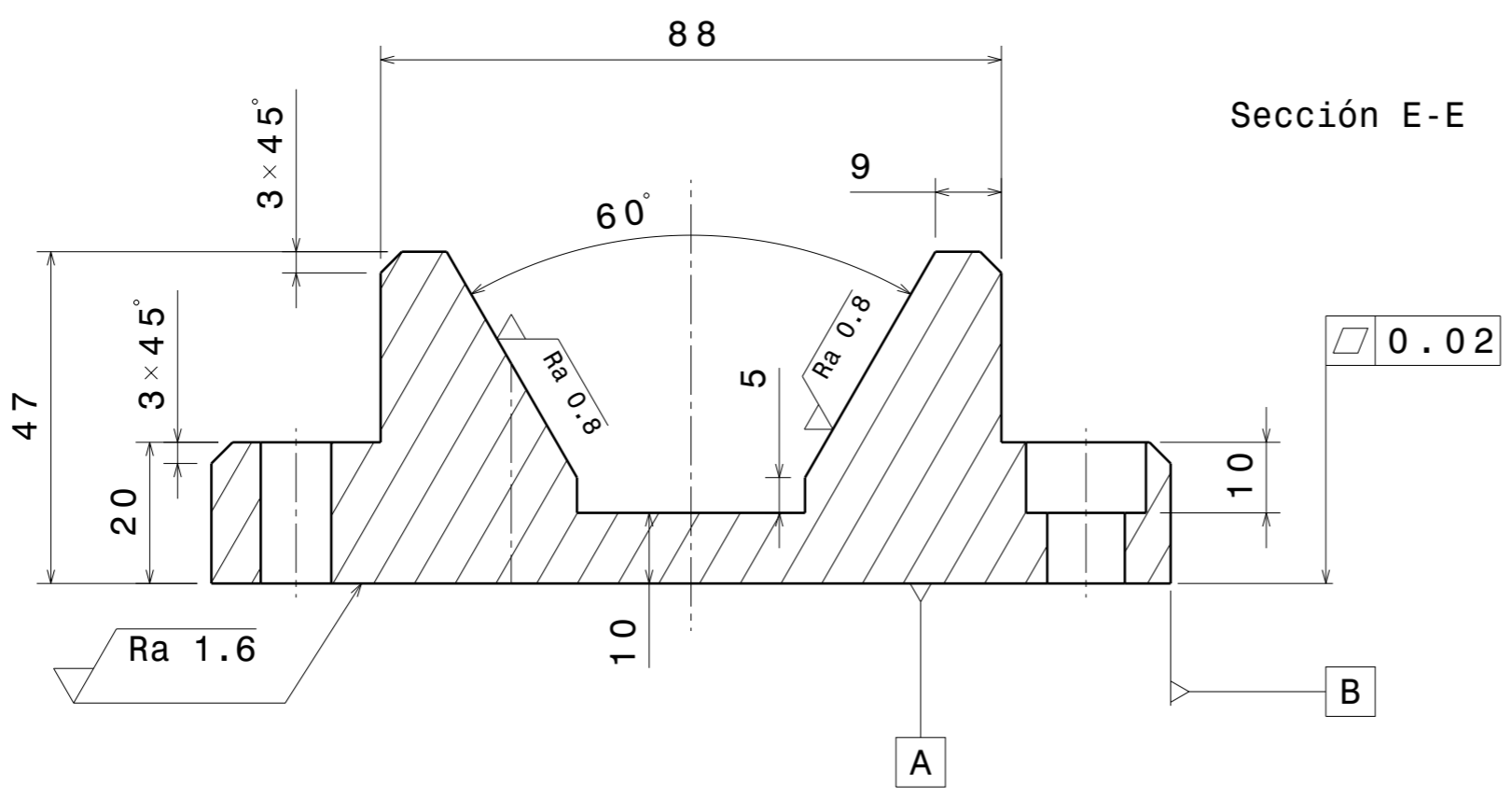
H G F E D C B A

H G F E D C B A

4

4

Sección E-E

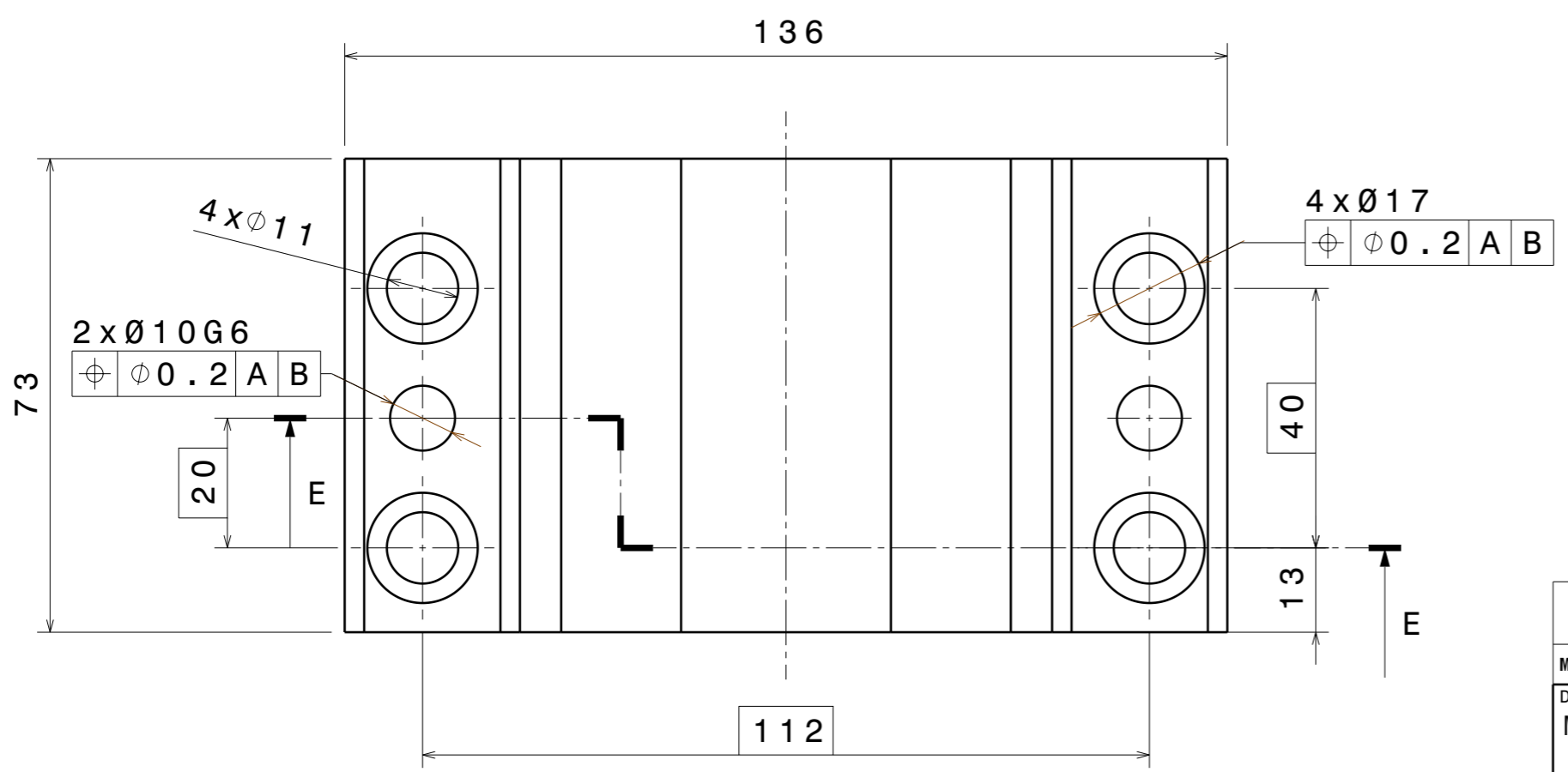


3

3

2

2



1

1

$\sqrt{\text{Ra } 3.2}$ ($\sqrt{\text{Ra } 1.6}$ $\sqrt{\text{Ra } 0.8}$)
 Matado de aristas vivas: 0,5x45°

12	1	Soporte	ISO 2768-m	F-1130 Templado y revenido
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.
DESCRIPCIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Marca 12		Universidad de Valladolid		
Firma		Denominación		
		Soporte		
Apellidos y Nombre.		ESCALA	FECHA	Asignatura
DIMITROV SOTIROV, SOTIR		1:1	07/05/2022	TFG
		Grupo	HOJA	
			67/92	
		Titulación		FORMATO
		Ingeniería Mecánica		A3

H G F E D C B A

H G F E D C B A

4

4

3

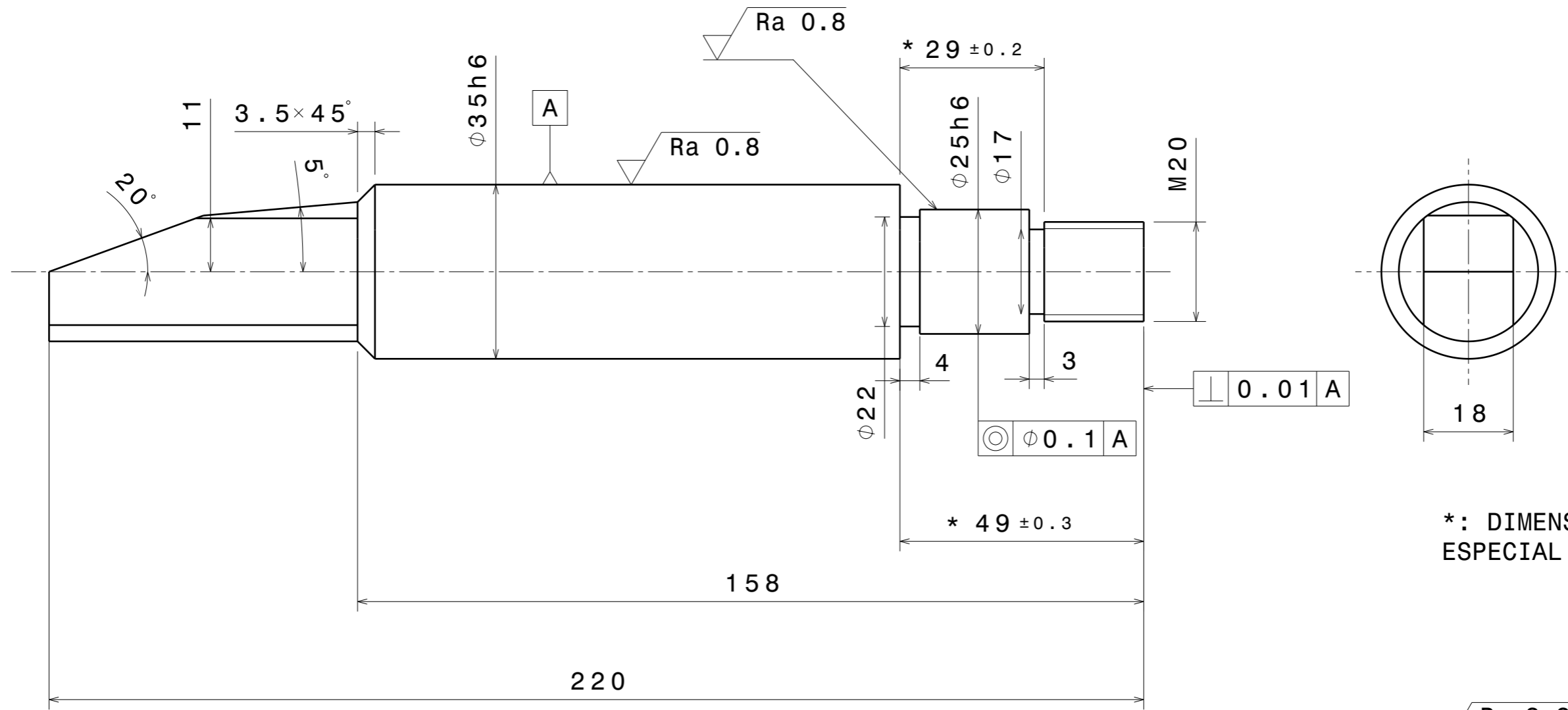
3

2

2

1

1



*: DIMENSIONES DE ESPECIAL CUMPLIMIENTO

$\sqrt{Ra\ 3.2}$ ($\sqrt{Ra\ 0.8}$)

Matado de aristas vivas: 0,5x45°

16	1	Eje	ISO 2768-m	F-1550 Cementado, templado y revenido
Marca	Num. piezas	Denominación	Norma	Material y T.T.
DESCRIPCIÓN		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Marca 16		Universidad de Valladolid		
Firma		Denominación		
		Eje		
Apellidos y Nombre.		ESCALA	FECHA	Asignatura
DIMITROV SOTIROV, SOTIR		1:1	20/06/2022	TFG
Titulación			Grupo	HOJA
Ingeniería Mecánica				68/92
FORMATO				
A3				

H G F E D C B A

H

G

F

E

D

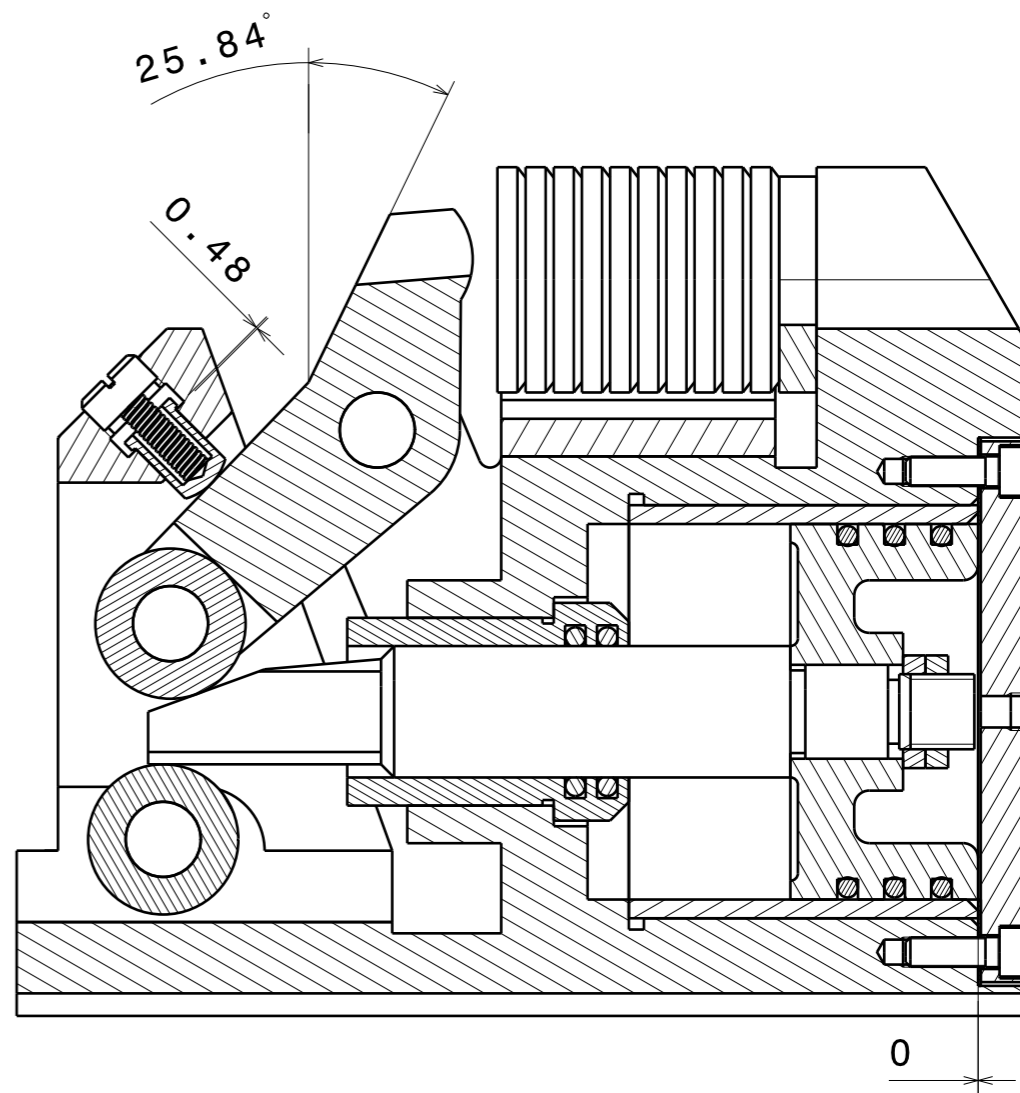
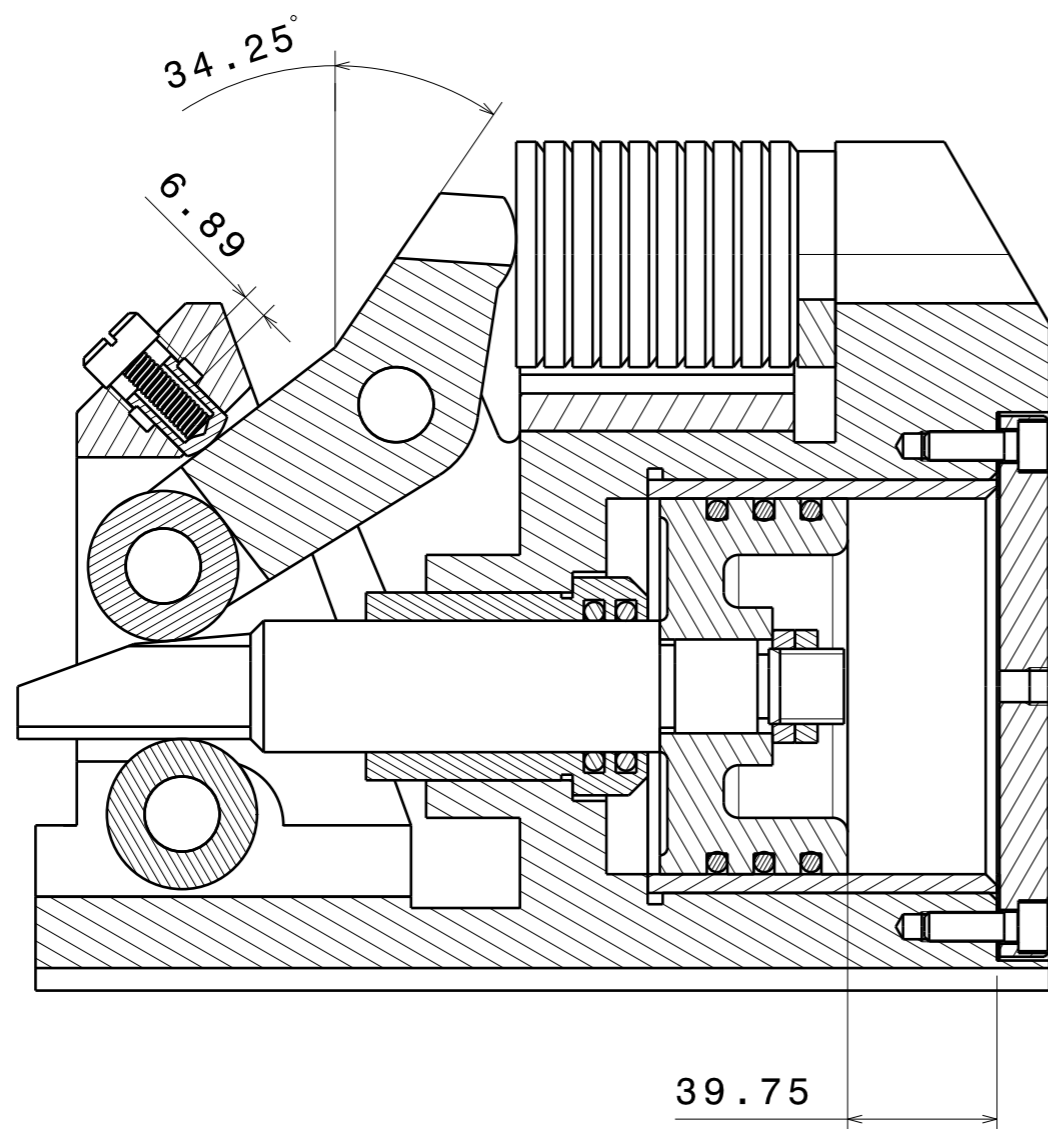
C

B

A

Condición de bloqueo

Condición de desbloqueo



Carrera émbolo: $39.75 - 0 = 39.75\text{mm}$
 Ángulo giro palanca: $34.45^\circ - 25.84^\circ = 8.61^\circ$
 Carrera alojamiento muelle: $6.89 - 0.48 = 6.41\text{mm}$

DESCRIPCIÓN Acotación funcional	Expresión Gráfica en la Ingeniería			
	Universidad de Valladolid			
Firma	Denominación Posiciones extremas			
Apellidos y Nombre. DIMITROV SOTIROV, SOTIR	ESCALA 1:2	FECHA 24/06/2022	Asignatura TFG	Grupo HOJA 69/92
	Titulación Ingeniería Mecánica			FORMATO A3

H

G

B

A

H

G

F

E

D

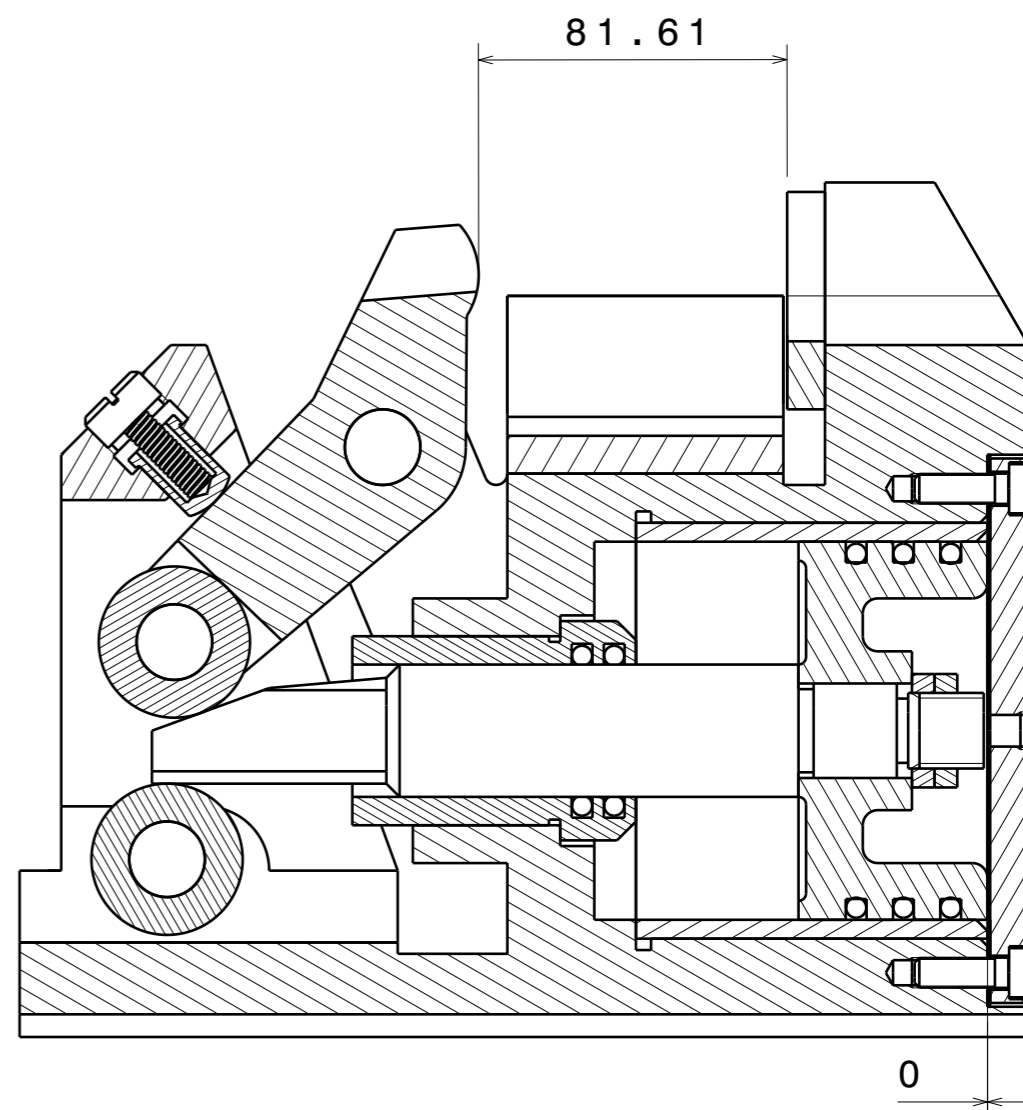
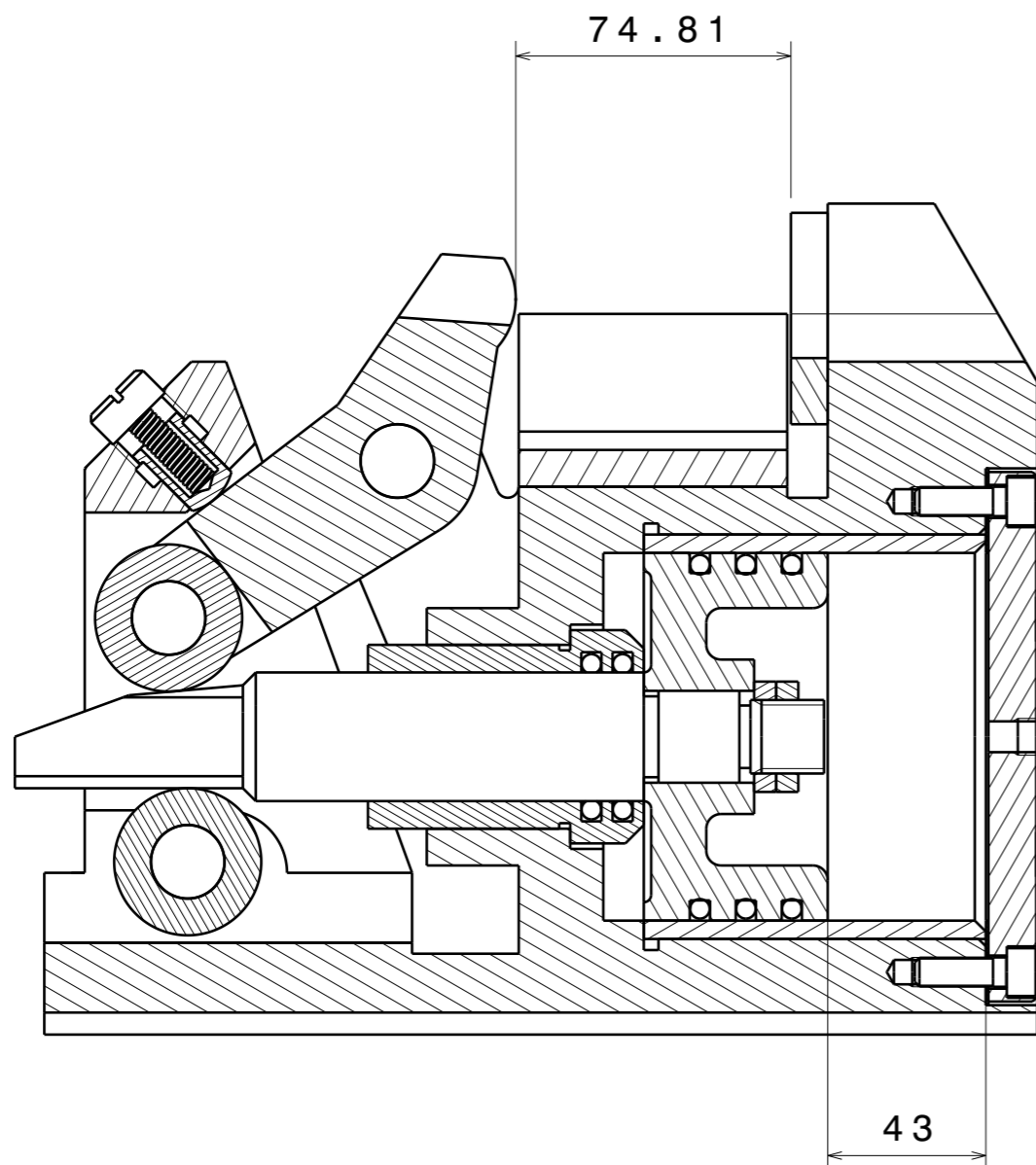
C

B

A

Condición bloqueo máximo

Condición de desbloqueo máximo



Longitud de amarre: (74.81, 81.61) mm
 Carrera máxima émbolo: 43mm

DESCRIPCIÓN Acotación funcional	Expresión Gráfica en la Ingeniería			
	Universidad de Valladolid			
Firma	Denominación			
	Amarre máximo			
Apellidos y Nombre.	ESCALA	FECHA	Asignatura	Grupo
	1:2	24/06/2022	TFG	
DIMITROV SOTIROV, SOTIR			Titulación	HOJA
			Ingeniería Mecánica	70/92
				FORMATO
				A3

H

G

B

A

5. IMPRESIÓN 3D

Tras haber realizado el análisis de las diferentes piezas y conjuntos del utillaje se realiza un prototipo a tamaño real mediante la impresión 3D. Se imprimen todas las marcas modeladas y las siguientes piezas normalizadas debido a que supone un coste inferior realizar la impresión en plástico frente al costo de la pieza original: Marca13, Marca25, Marca26, Marca27.

5.1 SOFTWARE Y HARDWARE

5.1.1 SOFTWARE DE IMPRESIÓN

Para la impresión se emplea el software libre “Ulimaker Cura”. Este programa permite configurar y controlar todos los parámetros que se deseen mediante un modo personalizado (velocidades, espesor de hilo, porcentaje de relleno sólido...). También informa del tiempo de impresión, coste del plástico empleado y cantidad de material empleado en una previsualización inmediatamente anterior a la impresión.

En la figura 48 se puede observar la previsualización de la impresión de las 4 piezas que se van a imprimir de manera conjunta con el software Ultimaker Cura. Se trata de una sección en la que se ve el relleno interior (12%, zonas en naranja y verde) así como el material en la base que aporta rigidez durante la impresión (zonas en azul).

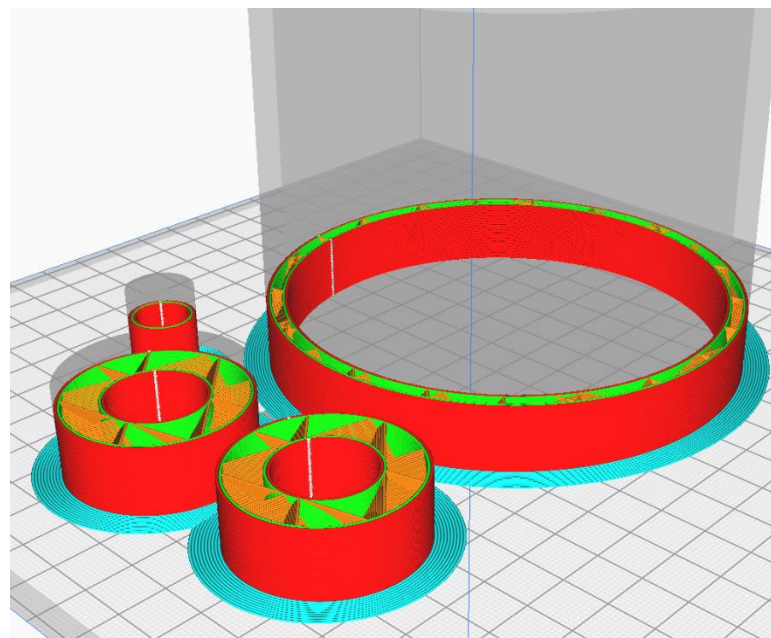


Figura 48. Impresión con software Ultimaker Cura.

La Marca 08 se imprime también mediante una impresora de resina (se detalla en el siguiente apartado) y un software diferente: PreForm. En la figura 49 se puede observar de modo similar a la figura anterior la estructura de la pieza a imprimir junto con los pilares de refuerzo.

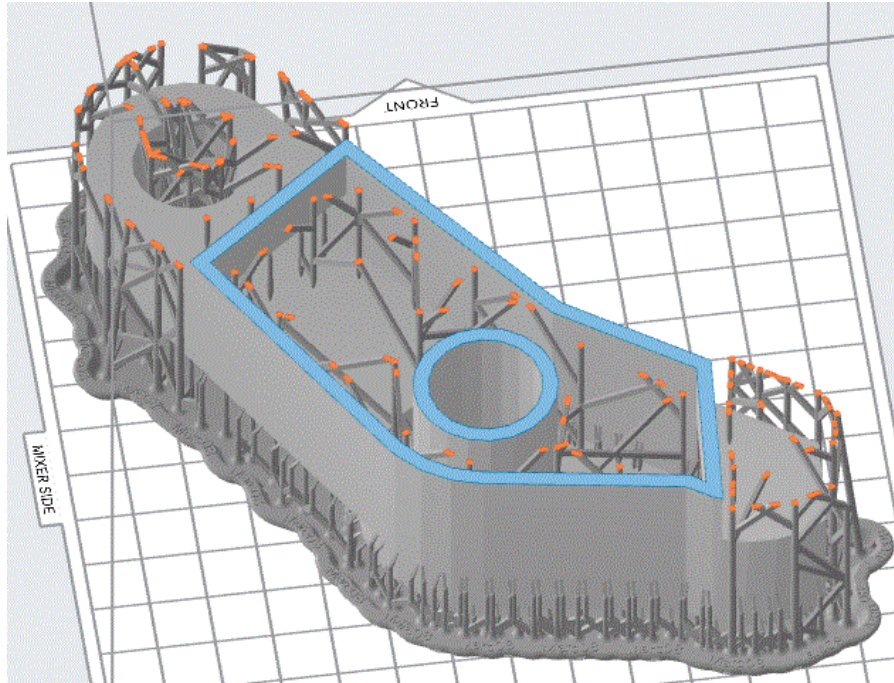


Figura 49. Impresión con software PreForm.

5.1.2 HARDWARE

Para la impresión se emplean dos impresoras diferentes puesto que, durante el transcurso de la impresión de la Marca 01, la impresora inicial, Anet A8, (figura 15) dejó de funcionar de manera inesperada, se detectó un fallo en la electrónica que no se pudo reparar y se optó por finalizar la impresión con una segunda impresora (Crealty Ender 3).

Posteriormente, se realiza una última impresión de la Marca 08 con una tercera impresora (Form 3+), en esta ocasión de resina, para mejorar la calidad de la pieza. Esta impresora es propiedad de la Universidad de Valladolid, es una impresora de calidad industrial (hasta $25\mu\text{m}$ de tolerancia de acabado superficial) que no se ha empleado hasta muy avanzado el proyecto puesto que no se tenía acceso a ella. Se realiza la impresión de la Marca 08 para comparar la calidad que ofrece una impresora semiprofesional frente a la calidad obtenida con impresoras de plástico con calidad inferior. (Para más información, consultar la página web www.formlabs.com)

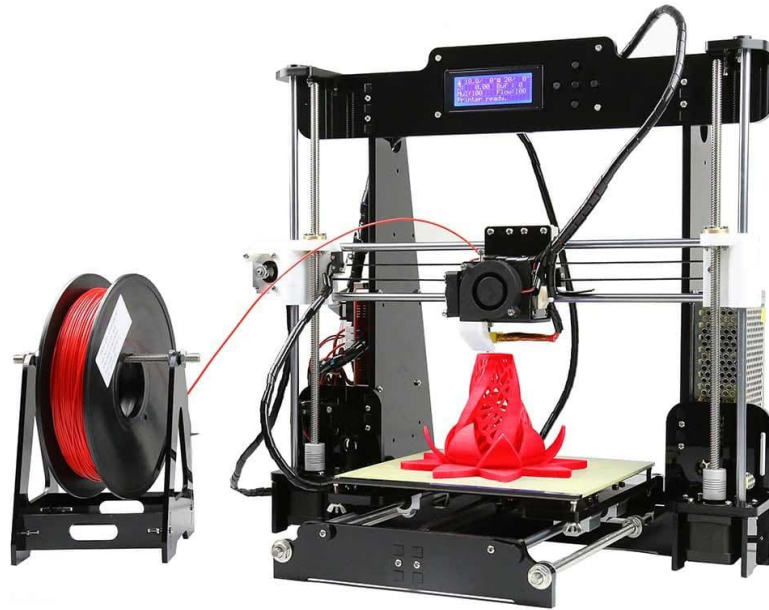


Figura 50. Impresora Anet A8 empleada.



Figura 51. Impresora CreaTY ender 3.



Figura 52. Impresora Form 3+.

5.2 IMPRESIÓN DEL PRIMER PROTOTIPO COMPLETO

Se comienzan a imprimir las piezas más pequeñas para asegurar el comportamiento de la impresora e ir realizando ligeros ajustes a los parámetros para observar que todo funciona correctamente.

Las primeras piezas obtenidas son los dos rodillos (Marca03 y Marca04), el alojamiento para el muelle (Marca05), el tope (Marca11) y los 3 pasadores cilíndricos de diámetro 20mm (Marca25, Marca26, Marca27). Se obtiene un resultado satisfactorio.



Figura 53. Impresión 3D Marca03, Marca04, Marca05, Marca11, Marca25, Marca26, Marca27.

Se continua con piezas de tamaño mediano como lo son las marcas 09, 10, 12, 13, 14 y 15. El comportamiento de la impresora roza la excelencia, aunque se observa un ligero error de calibración al comprobar los diámetros del casquillo (Marca13). Este error era despreciable en las primeras piezas de tamaño mediano, pero en el casquillo se presenta de una forma no muy crítica. Hay un ligero problema de apriete entre el casquillo y el émbolo, precisamente se requiere un juego el cuál, se consigue lijando las zonas en las que el diámetro es mayor para así reducirlo.



Figura 54. Impresión 3D Marca09, Marca10, Marca14.



Figura 55. Impresión 3D Marca12, Marca13, Marca15.

Se terminan por imprimir las piezas de tamaño mediano quedando únicamente las marcas 01 y 02.

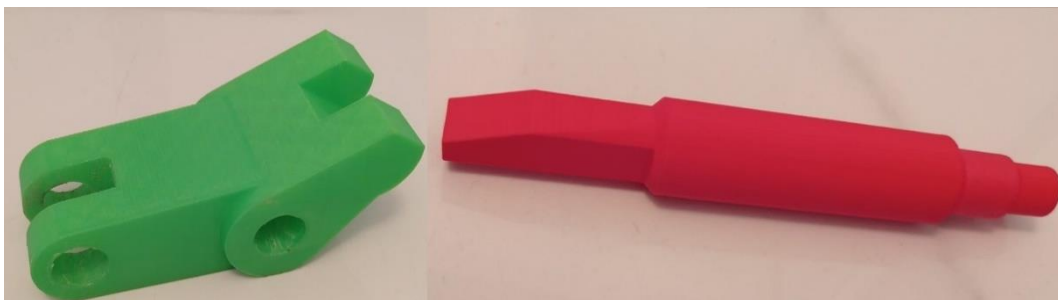


Figura 56. Marca08, Marca16.

El siguiente problema que se presenta es el tamaño real de la bancada (Marca01). La impresora Anet A8 dispone de un volumen máximo de impresión de 200 x 200 x 240mm y la pieza y la pieza a imprimir requiere de un volumen mínimo de 221 x 270 x 226mm.

El problema del ancho se solventa acortando esta dimensión puesto que para la primera versión del prototipo no se requerirá el anclaje a la mesa de la fresadora horizontal y, por lo tanto, es una parte de la pieza que no interactuará con ningún otro elemento.

El problema con el largo se resuelve cortando la pieza a una distancia de 158mm desde la cara en la que se encuentra el orificio A de entrada de aire comprimido. Se generan dos salientes para hacer encajar ambas partes tras la impresión. Transcurrido el 70% de la impresión de la parte cortada más grande de las dos, se produce el fallo de la impresora.

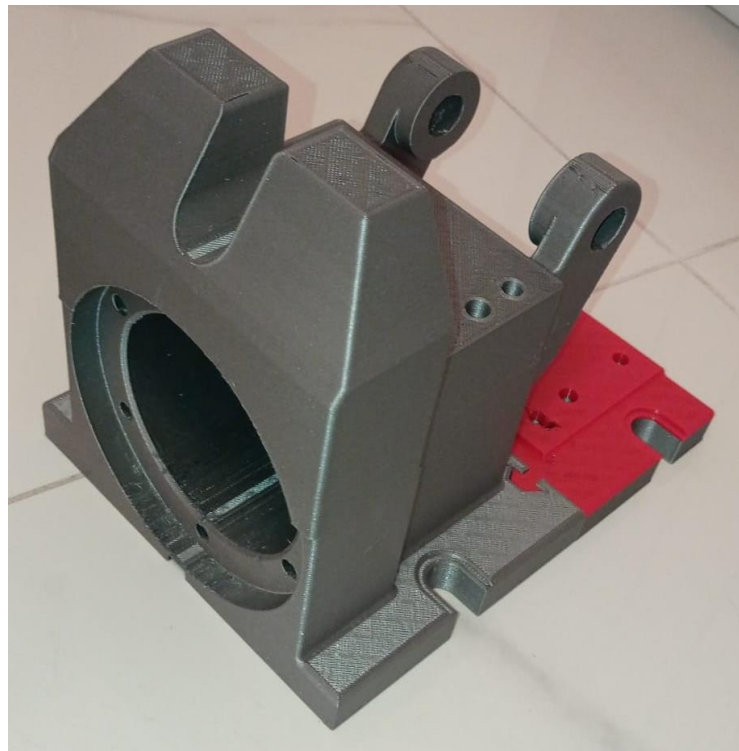


Figura 57. Impresión 3D Marca01. Vista 1.

En este punto, tras intentar reparar los daños con resultado negativo, se decide buscar otra forma de finalizar la impresión de las partes restantes. Se consigue otra impresora de características y dimensiones similares: Creality Ender 3. Gracias a esta impresora se consigue finalizar el trabajo imprimiendo el resto de la Marca01 y las piezas restantes.

Debido a no ser exactamente la misma impresora, ni disponer de la misma calidad ni calibración, la Marca01 no encaja correctamente al realizar la unión de las 3 partes diferentes que la conforman. Esto no es un gran impedimento puesto que, las tolerancias con las que trabaja una impresora 3D son bastante amplias por lo que, simplemente es un tema visual, la función del ensamblaje completo se consigue con ayuda de ciertos retoques con ayuda de lija y cola caliente.

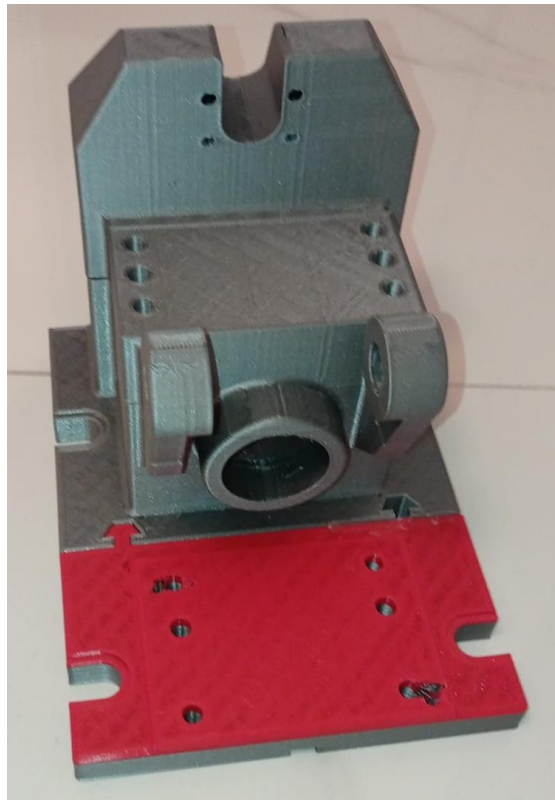


Figura 58. Impresión 3D. Vista 2.

Se finaliza la impresión con la Marca02.

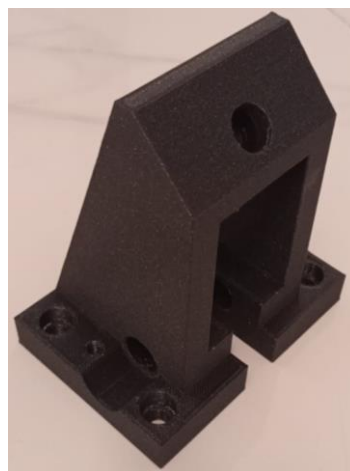


Figura 59. Marca02.

Se realiza el montaje del utillaje:

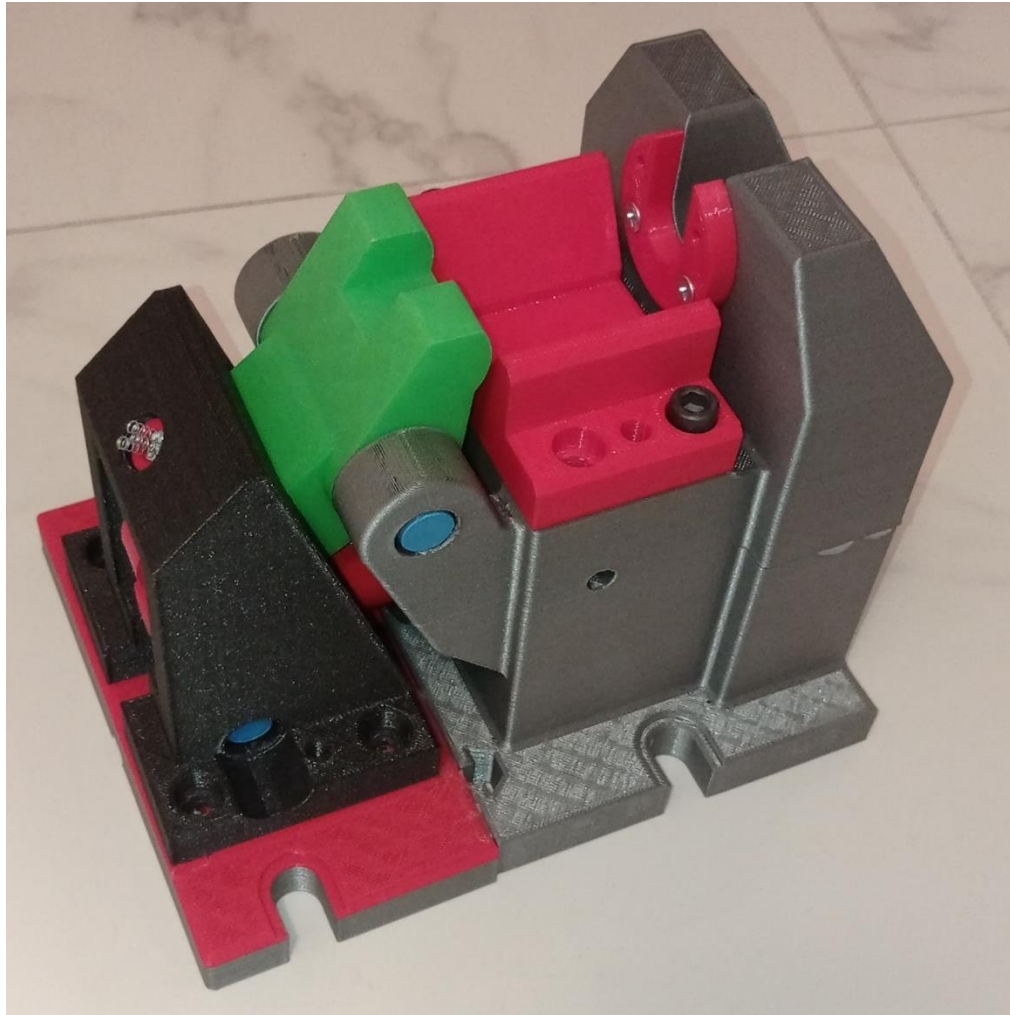


Figura 60. Utillaje impreso montado Vista 1.



Figura 61. Utillaje impreso montado. Vista 2.

6. PRESUPUESTO

6.1 PRESUPUESTO DEL PROTOTIPO MEDIANTE IMPRESIÓN 3D

El coste total del primer prototipo fabricado es de 59,05€, costando un total de 51,15€ el plástico de la impresión 3D y un total de 7,90€ la tornillería normalizada.

PRESUPUESTO		
IMPRESIÓN 3D		
MARCA	PRECIO	
Marca 01	24,37 €	
Marca 02	7,54 €	
Marca 03	0,67 €	
Marca 04	0,61 €	
Marca 05	0,43 €	
Marca 08	2,63 €	
Marca 09	1,62 €	
Marca 10	2,43 €	
Marca 11	0,32 €	
Marca 12	3,46 €	
Marca 13	1,66 €	
Marca 14	0,26 €	
Marca 15	3,45 €	
Marca 16	1,70 €	
TOTAL 3D:	51,15 €	
TORNILLERÍA		
OTROS	UNIDADES	PRECIO
Bolsa mediana BRICOMART:	2	3,95 €
TOTAL BRICOMART:		7,90 €
TOTAL:		59,05 €

Tabla 16. Presupuesto del primer prototipo

Este presupuesto puede ser inferior si se emplea un plástico más barato. Para esta demostración se han empleado materiales algo más costosos para poder diferenciar claramente unas piezas de otras y que el primer prototipo sea lo menos monótono posible.

6.2 PRESUPUESTO DEL UTILLAJE MECANIZADO

Se realiza la solicitud de un presupuesto aproximado para el mecanizado de todas las piezas del utillaje a la empresa Umed, S.L.

El precio aproximado del mecanizado del utillaje completo será de 4235€.

C/ Zamora, Nº15 Parcela 6 Nave 1
Polígono Los Hoyales 47140 Laguna de Duero - Valladolid
Tfno-983/ 21 14 83 - Fax- 983/ 29 46 90
E-mail: umed-sl@umed-sl.es URL: www.umed-sl.es

Nº. Oferta	Fecha	Página
0908/2022	30/06/2022	1

Por favor, indiquen el n.º de oferta en su pedido

Muy Señor/es Nuestro/s:
Tenemos a bien realizar nuestra mejor oferta para la realización de:

**Estampación, Troqueles, Matrices, Moldes,
Mecanizado, Rectificado, Erosión ...**

FRENOS Y
CONJUNTOS

Att. Sotir Dimitrov

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO/Ud.	Dto.	TOTAL
Utillaje, mecanizado de todas las piezas en acero montado PRECIO APROXIMADO	1	3.500,00 €		3.500,00 €
Plazo de entrega 19/8				
Validez de la oferta 2 días				

Precios válidos para la totalidad de la oferta

OFERTA SUJETA A LA VARIACION DE PRECIOS DE METALES

Portes de su cuenta

Base Imponible	3.500,00 €
IVA 21 %	735,00 €
Total Oferta	4.235,00 €

Esperamos que dicha oferta sea de su agrado. Atentamente,

Fdo. Ana Belén Diez

UMED,S.L.con CIF B47408315 responsable del tratamiento informa, de conformidad con lo establecido en el REGLAMENTO (UE) 2016/679,que los datos de carácter personal son tratados con la finalidad de - Dar a conocer nuestros productos/servicios. Podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, limitación de tratamiento, supresión, portabilidad y oposición al tratamiento de sus datos de carácter personal así como revocar los consentimientos que en su caso haya prestado u obtener más información, dirigiendo su petición a umed-sl@umed-sl.es/ C/ Zamora, 15, Parcela 6 Nave 1, Polígono Los Hoyales, 47140 Laguna de Duero (Valladolid).

Figura 62. Presupuesto del utillaje mecanizado en Umed.

6.3 PRESUPUESTO FINAL DEL PROYECTO

El tiempo empleado en desarrollar el presente trabajo fin de grado se resume en:

- 55 horas: búsqueda y consulta de información (libros, trabajos fin de grado, artículos, vídeos, normativas...)
- 100 horas: creación de todos los componentes normalizados, búsqueda y edición de los componentes no normalizados, ensamblaje de subcomponentes, ensamblaje general, análisis y modificaciones posteriores del utillaje completo.
- 80 horas: redacción de la memoria, incluyendo los cálculos de ajustes y demás análisis funcional.
- 65 horas: generación y edición de los planos.
- 50 horas: impresión 3D (configuración de parámetros, pruebas, solución a problemas, limpieza de las piezas recién impresas...)

Todo ello suma un total de 350 horas.

El salario del Ingeniero Mecánico es de 15€/h, lo que se traduce en:

$$350h \times 15€/h = 5250 \text{ €}$$

Sumando las tres cantidades, el coste total del proyecto es de:

$$59.05€ + 4235€ + 5250€ = \mathbf{9544.05€}$$

7. CONCLUSIONES

Partiendo de un simple plano con una sola dimensión acotada, se ha conseguido realizar todo un estudio prácticamente completo de un utillaje real. Gracias al empleo de las normas, y al uso de un software tan potente como es Catia, se puede profundizar hasta el más mínimo detalle. La impresión 3D da forma real a todo lo dibujado previamente antes de fabricar. Aporta una idea tangible del resultado final que tendrá el elemento diseñado.

Se observa claramente que sin todo el análisis funcional que se debe realizar previa fabricación, no se conseguirá un resultado final con los suficientes requerimientos geométricos y mecánicos ni la calidad suficiente. En ello han intervenido todas las tolerancias dimensionales, geométricas, acabados superficiales, cálculo de ajustes y demás análisis funcional.

Esto es uno de los posibles caminos a seguir para un correcto estudio y diseño de cualquier utillaje. El conocimiento y uso de las normas vigentes es fundamental para conseguir plasmar los requerimientos funcionales en una serie de planos que se puedan entender en cualquier parte del mundo.

Hay ciertos aspectos que no se pueden expresar con palabras y hace falta un lenguaje diferente.

El futuro de la ingeniería está en la impresión 3D, actualmente las impresoras de plástico comienzan a ser accesibles para cualquier usuario interesado en imprimir sus propios prototipos, pero ¿qué sucederá cuándo cualquier persona pueda imprimir, en metal y con una calidad garantizada, una pieza que él mismo ha diseñado? Quizás en unos años se pueda comenzar a ver esto y, para ello, si se desea obtener algo más que un simple prototipo, se ha de conocer todo lo tratado en el presente trabajo fin de grado.

En la actualidad, se puede observar que el coste que supone obtener un prototipo en plástico a escala 1:1 es de menos del 1% del coste total del proyecto. Esto nos da una idea de que el coste de fabricar un prototipo es insignificante frente al coste total, pero, puede ser crucial para corregir cualquier error por pequeño que sea (un simple taladro que esté desplazado unos milímetros puede anular todo el funcionamiento y, por ende, el dinero invertido en la fabricación).

La consecución de todos los objetivos planteados inicialmente se ha logrado con éxito.

La realización de este trabajo fin de grado me ha aportado una formación extra, más cercana al mundo laboral. Ha conseguido afianzar muchos conceptos que he ido aprendiendo a lo largo de estos últimos 4 años y ha logrado que el dibujo industrial se convierta en algo más que una simple asignatura para mí.



8. BIBLIOGRAFÍA

- Baltar Leiceaga. (1986). *Normas de Dibujo Técnico*. Donostiarra.
- Charpentier, Pailhes, & Ballu. (2013 agosto). *Eléments de modélisation des systèmes en conception* :. Bordeaux.
- Conesa Foix, X., & Becerra, G. (2010 abril). *Manual para la elaboración de un cuaderno de cargas*.
- Dantan, J.-Y., Anwer, N., & Mathieu, L. (s.f.). *Integrated Tolerancing Process for conceptual design*.
- Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao. (s.f.). *Tema 13: Actuadores de los sistemas neumáticos*.
https://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/361_ca.pdf
(Consultado 23/06/2022).
- Félez Mindán, J., & Martínez Muneta, M. L. (2008). *Ingeniería gráfica y diseño*. Madrid: SINTESIS.
- Giesecke, F., Lockhart, S., Goodman, M., & M. Johnson, C. (2016). *Technical Drawing with Engineering Graphics (15th Edition)*. Prentice Hall.
- Hernández, D. D. (2015). *Factors Affecting Dimensional Precision of Consumer 3D Printing*.
- Pérez Fernández, O., & Álvarez García, E. A. (2016). *Ajustes y tolerancias*.
- Román Freire, J. F. (2021). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ACOTACIÓN DE UNA LÍNEA DE EJES DE UN BUQUE MEDIANTE TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y GEOMÉTRICAS CONFORME A NORMATIVA ISO*. Xuño.
- Ting, L., Yanlong, C., Jing, W., & Jiangxin, Y. (2016). *Assembly Error Calculation with Consideration of Part Deformation*.
- Tornero, M. E., & Fernández, A. R. (2016). *Actuadores neumáticos*. Ingeniería Industrial, Universidad de Huelva.
- Zichar, M., & Papp, I. (2018). *Interaction Between 3D Printing*.

La lista completa de la normativa empleada se detalla en el apartado 3.12.



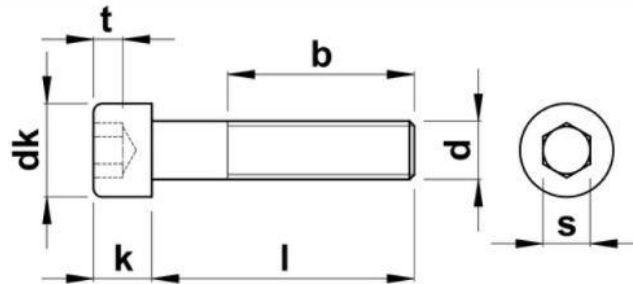
ANEXO A: TABLAS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

Norma ISO 20273:1992. Elementos de fijación. Agujeros de paso para pernos y tornillos.

Agujeros pasantes para rosca métrica. Dimensiones en mm.

Diámetro de rosca d	Agujero pasante d_h		
	Serie		
	Fina	Media	Basta
3,5	3,7	3,9	4,2
4	4,3	4,5	4,8
4,5	4,8	5	5,3
5	5,3	5,5	5,8
6	6,4	6,6	7
7	7,4	7,6	8
8	8,4	9	10
10	10,5	11	12
12	13	13,5	14,5
14	15	15,5	16,5
16	17	17,5	18,5
18	19	20	21
20	21	22	24
22	23	24	26
24	25	26	28
27	28	30	32
30	31	33	35
33	34	36	38
36	37	39	42
39	40	42	45
42	43	45	48

Norma ISO 4762:2005. Tornillos de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal.



Dimensiones

d	dk max.	k max.	s	b	t
M1.6	3.0	1.6	1.5	15	0.7
M2	3.8	2.0	1.5	16	1.0
M2.5	4.5	2.5	2	17	1.1
M3	5.5	3.0	2.5	18	1.3
M3.5	6.0	3.5	2.5	20	1.6
M4	7.0	4.0	3	20	2.0
M5	8.5	5.0	4	22	2.5
M6	10.0	6.0	5	24	3.0
M8	13.0	8.0	6	28	4.0
M10	16.0	10.0	8	32	5.0
M12	18.0	12.0	10	36	6.0
M14	21.0	14.0	12	40	7.0
M16	24.0	16.0	14	44	8.0
M18	27.0	18.0	14	48	9.0
M20	30.0	20.0	17	52	10.0
M24	36.0	24.0	19	60	12.0
M27	40.0	27.0	19	66	13.5
M30	45.0	30.0	22	72	15.5

Norma ISO 1207:2011. Tornillos de cabeza cilíndrica ranurada. Producto de clase A.

DIN 84 - ISO 1207 - UNI 6107										
Ø d	M 2	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12
dk mm	3,8	4,5	5,5	6,0	7,0	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0
k mm	1,3	1,6	2,0	2,4	2,6	3,3	3,9	5,0	6,0	7,0
n mm	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,2	1,6	2,0	2,5	2,5
t mm	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	2,0	2,4	2,4

Norma ISO 2338:1998. Pasadores cilíndricos, de acero no templado y acero inoxidable austenítico.

Pasadores cilíndricos

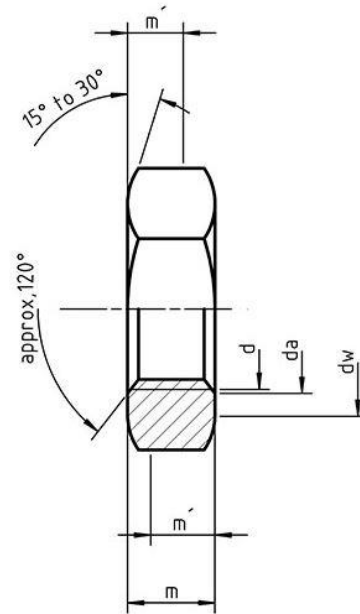
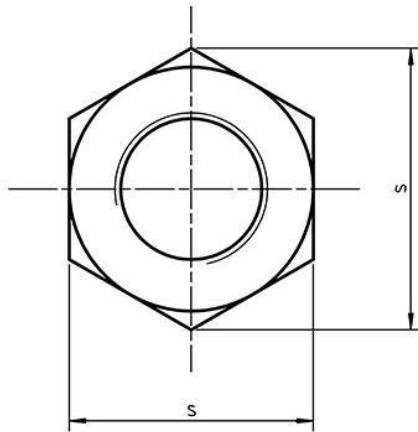


Designación: Pasador cilíndrico TIPO d x l UNE 17-061-79
 Ejemplo: Pasador cilíndrico A 10 x 40 UNE 17-061-79

Diámetro nominal d	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
8																					
10																					
12																					
14																					
16																					
20																					
25																					
30																					
35																					
40																					
45																					
50																					
55																					
60																					
65																					
70																					
75																					
80																					
90																					
100																					
110																					
120																					
130																					
140																					
150																					
160																					
170																					
180																					
190																					
200																					

Normas equivalentes: UNE 17-061, ISO 2338, DIN 7.

Norma ISO 4035:2013. Tuercas hexagonales bajas biseladas. Productos de clases A y B.



Legend:

- s - size of the hexagon
- m - height of the nut
- d - the nominal diameter of the thread

Makings:

- Steel: 14H, 17H, 22H
- Stainless: A2,A4
- Plastic: -
- Non Ferrous: Brass
- Thread: 6H

Notes:

Table according to DIN 936:

		dimensions in mm								
Thread d		M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
		M8x1	M10x1	M12x1,25	M14x1,5	M16x1,5	M18x1,5	M20x1,5	M22x1,5	M24x1,5
		-	M10x1,25	M12x1,5	-	-	M18x2	M20x2	M22x2	M24x2
P		1,25	1	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
da	min.	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	max.	8,75	10,8	13	15,1	17,3	19,5	21,6	23,7	25,9
dw	min.	11,3	15,3	17,2	20,2	22,2	25,3	28,2	29,5	33,2
e	min.	14,38	18,9	21,1	24,49	26,75	29,56	32,95	35,03	39,55
m	nominal=max.	5	6	7	8	8	9	9	10	10
	min.	4,7	5,7	6,64	7,42	7,42	8,42	8,1	9,1	9,1
m'	min.	3,8	4,6	5,3	5,9	5,9	6,7	6,5	7,3	7,3
	nominal=max.	13	17	19	22	24	27	30	32	36
s	min.	12,73	16,73	18,67	21,67	23,67	26,16	29,16	31	35
	Weight (7,85 kg/dm ³) kg/1000pcs	4	8,6	12,1	18,2	20,1	29,6	36,3	43,8	58

Aceros al carbono

MARCA	DESIGNACIÓN SIMBÓLICA	NORMA VIGENTE	C	SI	Mn	P	S	N	Otros	NORMAS NACIONALES			CAMPO DE APLICACIÓN	ESTADO DE SUMINISTRO	RESISTENCIA (N/mm ²) EN ESTADO BONIFICADO*					MARCA			
										UNE	AFNOR	DIN			AISI/SAE	B < 16	16 < B < 40	40 < B < 100	100 < B < 160		160 < B < 250	250 < B < 500	
CISE	CISE	1.1158	0,25	-	0,55	-	-	-	-	F 112 / F 110	XC 25	Ck 25	1025	Aceros al carbono con una buena soldabilidad para piezas de bajo límite elástico (250 - 400 N/mm ²) para el sector marítimo y la construcción de máquinas. Buena capacidad de embutición y plegado.	Bruto de laminación	500 - 700	500 - 550	-	-	-	-	CISE	
CISE	CISE	1.1181	0,35	-	0,65	-	-	-	-	F 113 / F 110	XC 32/NC 38	Ck 35	1025 / 1038	Aceros al carbono para piezas que requieren un límite elástico de 400 a 500 N/mm ² para el sector marítimo y la construcción de máquinas. Admite la soldadura.	Bruto de laminación	630 - 780	600 - 750	550 - 700	-	-	-	-	CISE
C4SE	C4SE	1.1191	0,45	-	0,65	-	-	-	-	F 114 / F 110	XC 45/NC 48	Ck 45	1045	Aceros al carbono de uso general para piezas con una resistencia media (650 - 800 N/mm ²) en estado bonificado, apto para el temple superficial.	Bruto de laminación	700 - 850	650 - 800	630 - 780	-	-	-	-	C4SE
C5SE	C5SE	1.1203	0,55	-	0,75	-	-	-	-	F 115 / F 110	XC 55H	Ck 55	1055	Para piezas que deben poseer una resistencia de 700 a 900 N/mm ² para el sector marítimo, la construcción de maquinaria agrícola, permite el temple en aceite en perfiles menores de 15 mm.	Bruto de laminación	800 - 950	750 - 900	700 - 850	-	-	-	-	C5SE
C60E	C60E	1.1221	0,60	-	0,75	-	-	-	-	-	XC 60	Ck 60	1060 / 1064	Aceros al carbono para piezas para el sector marítimo y la construcción de máquinas con una resistencia de 750 a 950 N/mm ² . Apto para el temple superficial.	Bruto de laminación	850 - 1000	800 - 950	750 - 900	-	-	-	-	C60E
ST 37-2	S235 JR2	1.0038	0,20	-	0,45	0,045	0,045	0,009	-	F 111 / F 1	E 24	RSt 37-2	A 570 Gr 36	Aceros de base no aleado de uso general. Admite la soldadura.	Bruto de laminación	340 - 470	340 - 470	340 - 470	320 - 470	320 - 470	-	-	ST 37-2
ST 52-3	S355 J2G3	1.0570	0,22	0,55	1,40	0,035	0,035	-	-	F 112	E 36	St 52-3	A 572 Gr 50	Aceros de calidad no aleado de uso general, apto para el uso a bajas temperaturas (-20°C). Admite la soldadura.	Bruto de laminación	490 - 630	490 - 630	490 - 630	450 - 630	450 - 630	-	-	ST 52-3

(*): Resistencia sobre probeta normalizada para los aceros ST 37-2 y ST 52-3.

Aceros de bonificado

MARCA	DESIGNACIÓN SIMBÓLICA	NORMA VIGENTE	C	SI	Mn	Cr	Mo	Ni	Otros	NORMAS NACIONALES			CAMPO DE APLICACIÓN	ESTADO DE SUMINISTRO	RESISTENCIA (N/mm ²) EN ESTADO BONIFICADO					MARCA			
										UNE	AFNOR	DIN			AISI/SAE	B < 16	16 < B < 40	40 < B < 100	100 < B < 160		160 < B < 250	250 < B < 500	
TMM 41C4	41C4	1.7025	0,41	-	0,75	1,05	-	-	-	F 1202 / F 121	42 C 4	41Cr4	S140 / S140 H	Aceros aleados al Cr aptos para el sector de la construcción y el sector marítimo, apto para el temple superficial.	Recocido, bonificado, bruto de laminación	1000 - 1200	900 - 1100	800 - 950	-	-	-	-	TMM 41C4
TMM 25C04	25C-M4	1.7218	0,25	-	0,75	1,05	0,22	-	-	F 222	25 CD 4	25C-M4	4130	Aceros aleados al CrMo con una elevada tenacidad y una buena soldabilidad para máquinas y el sector de la automoción.	Recocido, bonificado, bruto de laminación	900 - 1100	800 - 950	750 - 850	650 - 800	650 - 800	600 - 750	-	TMM 25C04
TMM 34C04	34C-M4	1.7220	0,34	-	0,75	1,05	0,22	-	-	F 220	34 CD 4	34C-M4	4135 / 4137	Aceros aleados al CrMo con una elevada tenacidad para máquinas y el sector de la automoción.	Recocido, bonificado, bruto de laminación	1000 - 1200	900 - 1100	800 - 950	750 - 900	700 - 850	650 - 800	-	TMM 34C04
TMM 42C04	42C-M4	1.7225	0,42	-	0,75	1,05	0,22	-	-	F 1252 / F 125	42 CD 4	42C-M4	4140 / 4142	Aceros con una buena tenacidad en piezas de secciones medias, apto para el temple superficial.	Recocido, bruto de laminación	1100 - 1300	1000 - 1200	900 - 1100	800 - 950	750 - 900	700 - 850	-	TMM 42C04
TMM 42C04	42C-M4	1.7227	0,42	-	0,75	1,05	0,22	-	S 0,030	F 1252 / F 125	-	42C-M4	-	Aceros con una buena tenacidad en piezas de secciones medias, apto para el temple superficial. Buen mecanizado.	Bonificado	1100 - 1300	1000 - 1200	900 - 1100	800 - 950	750 - 900	700 - 850	-	TMM 42C04
TMM 34C06	34C-NM6	1.6582	0,34	-	0,65	1,50	0,22	1,50	-	F 128	35 NCD 6	34C-NM6	4337 / 4340	Aceros aleados para piezas sometidas a cargas elevadas, donde se requiere una tenacidad alta. Sectores:ólico, maquinaria y máquina y herramienta.	Bonificado	1200 - 1400	1100 - 1300	1000 - 1200	900 - 1100	800 - 950	750 - 900	-	TMM 34C06
TMM 30C08	30C-NM8	1.6580	0,30	-	0,45	2,00	0,40	2,00	-	F 1272	30 NCD 8	30C-NM8	-	Aceros aleados para piezas sometidas a cargas muy elevadas, donde se requiere una tenacidad alta. Sectores:ólico, maquinaria y máquina y herramienta.	Bonificado	1250 - 1450	1100 - 1300	1000 - 1200	900 - 1100	850 - 1000	-	TMM 30C08	
TMM 36NCD16	36NCD-M16	1.6773	0,36	-	0,45	1,80	0,35	3,85	-	F 1260 / F 126	35 NCD 16	36NCD-M16	-	Aceros aleados para piezas muy solicitadas de cualquier dimensión y de máxima responsabilidad, para máquinas y motores. Apto para bajas temperaturas y esfuerzos combinados de flexión y torsión.	Bonificado	1250 - 1450	1100 - 1300	1000 - 1200	900 - 1100	850 - 1000	-	TMM 36NCD16	

Aceros para rodamientos

MARCA	DESIGNACIÓN SIMBÓLICA	NORMA VIGENTE	C	SI	Mn	Cr	Mo	Al	Otros	NORMAS NACIONALES			CAMPO DE APLICACIÓN	ESTADO DE SUMINISTRO	TEMPLE (°C)	REVENIDO(°C)	DUREZA SUPERFICIAL (HV0,05)	J5	J10	J20	J30	J50	MARCA	
										UNE	AFNOR	DIN												AISI/SAE
TMM 100C6	100C6	1.3505	0,80	0,25	0,35	1,50	-	-	Ca < 0,30	F 131 / F 1310	100 C 6	100C6	52100	Rodamientos y cojinetes de todas las dimensiones, anillos y discos con un espesor de pared de hasta 30 mm.	Recocido global, max. 207 HB	850 - 870 / aceite	150 - 180	62 HRC	65	47	38	34	29	TMM 100C6
TMM 100CM6S-4	100CM6S-4	1.3520	0,80	0,60	1,10	1,55	-	-	Ca < 0,50	-	100 CM 6	100CM6	K 19195	Anillos y discos con un espesor de pared de más de 30 mm.	Recocido global, max. 217 HB	850 - 870 / aceite	150 - 180	62 HRC	65	63	57	38	34	TMM 100CM6S-4
TMM 100CD7-3	100CM7-3	1.3536	0,80	0,25	0,70	1,80	0,17	-	Ca < 0,30	-	100 CD 7	100CM7-3	-	Anillos pesados y cojinetes con un espesor de pared de más de 30 mm.	Recocido global, max. 230 HB	840 - 880 / aceite	150 - 180	62 HRC	66	65	62	53	44	TMM 100CD7-3

Aceros para muelles

MARCA	DESIGNACIÓN SIMBÓLICA	NORMA VIGENTE	C	SI	Mn	Cr	Mo	V	Otros	NORMAS NACIONALES			CAMPO DE APLICACIÓN	ESTADO DE SUMINISTRO	TEMPERATURA DE CONFORMACIÓN (°C)	TEMPLE	REVENIDO (°C)	PROPIEDADES MECÁNICAS EN ESTADO BONIFICADO			MARCA		
										UNE	AFNOR	DIN						AISI/SAE	R _m (N/mm ²)	R _{p0.2} (N/mm ²)		TENACIDAD (KVJ)	
TMM 38S7	38S7	1.5023	0,38	1,65	0,65	-	-	-	Ca + 10 Sn < 0,60	F 1451	41 S 7	38S7	-	Arandales de muelle, tensores para el sector de la construcción.	Recocido, bruto de laminación	900 - 820	830 - 810 / agua	430 - 500 / aire	≥ 1030	1180 - 1370	-	-	TMM 38S7
TMM 61SC7	61SC7	1.7108	0,61	1,80	0,85	0,35	-	-	Ca + 10 Sn < 0,60	F 1442	61 SC 7	60SC7	9252	Muelles para el sector marítimo, la construcción y la maquinaria.	Recocido, bruto de laminación	900 - 830	840 - 870 / aceite	430 - 500 / aire	≥ 1150	1350 - 1600	≥ 5	-	TMM 61SC7
TMM 55C3	55C3	1.7176	0,55	-	0,85	0,85	-	-	Ca + 10 Sn < 0,60	F 1431	55 C 3	55C3	5155 / 5160	Muelles aptos para piezas de mayores dimensiones.	Recocido, bruto de laminación	920 - 830	780 - 810 / aceite	430 - 500 / aire	≥ 1200	1400 - 1650	≥ 9	-	TMM 55C3
TMM 51CV4	51CV4	1.8159	0,51	-	0,90	1,05	-	0,17	Ca + 10 Sn < 0,60	F 1430 / F 143	51 CV 4	50CV4	6145 / 6150	Aceros estándar de muelles, para cargas elevadas (1370 - 1720 N/mm ²).	Recocido, bruto de laminación	920 - 830	830 - 860 / aceite	430 - 500 / aire	≥ 1200	1400 - 1700	≥ 9	-	TMM 51CV4
TMM 51CV4	51CV4	1.7701	0,51	-	0,90	1,05	0,22	0,15	Ca + 10 Sn < 0,60	-	51 CV 4	51CM4	-	Aceros de muelles para cargas elevadas, apto para mayores secciones que el TMM 51CV4.	Recocido, bruto de laminación	920 - 830	830 - 860 / aceite	430 - 500 / aire	≥ 1200	1400 - 1700	≥ 6	-	TMM 51CV4

Aceros de cementación

MARCA	DESIGNACIÓN SIMBÓLICA	NORMA VIGENTE	C	SI	Mn	Cr	Mo	Ni	Otros	NORMAS NACIONALES			CAMPO DE APLICACIÓN	ESTADO DE SUMINISTRO	CEMENTACIÓN (°C)	TEMPLE DIRECTO	TEMPLE (NÚCLEO)	TEMPLE (SUPERF.)	RECOCCIO INTERMEDIO (°C)	REVENIDO (°C)	MARCA		
										UNE	AFNOR	DIN										AISI/SAE	
TMM 17C3	17C3	1.7016	0,17	-	0,75	0,85	-	-	-	-	17 C 3	5015 / 5115	Para componentes con una resistencia en el núcleo limitada, pero con una buena resistencia a la fatiga.	Bruto de laminación	880 - 980	880 - 980	860 - 900	780 - 820	650 - 700	150 - 200	-	TMM 17C3	
TMM 16MC5	16MC5	1.7131	0,16	-	1,15	0,95	-	-	-	F 1516	16 MC 4	16MC5	5115	Aceros al CrMo para la construcción de engranajes, piñones y piezas cementadas de secciones pequeñas que requieren una resistencia en el núcleo de 700 - 1200 N/mm ² .	Bruto de laminación, recocido blanco	880 - 980	880 - 980	860 - 900	780 - 820	650 - 700	150 - 200	-	TMM 16MC5
TMM 16MC5S	16MC5S	1.7139	0,16	-	1,15	0,95	-	-	S 0,030	F 1516 / F 1517	-	16MC5S	5115	Aceros al CrMo para la construcción de engranajes, piñones y piezas cementadas de secciones pequeñas que requieren una resistencia en el núcleo de 700 - 1200 N/mm ² . Buen mecanizado.	Bruto de laminación	880 - 980	880 - 980	860 - 900	780 - 820	650 - 700	150 - 200	-	TMM 16MC5S
TMM 20MC5	20MC5	1.7147	0,20	-	1,25	1,15	-	-	-	F 150 D	20 MC 5	20MC5	5120	Aceros al CrMo con más C que el TMM 16MC5 y por tanto con mayor dureza en el núcleo. Para engranajes y piñones.	Bruto de laminación	880 - 980	880 - 980	860 - 900	780 - 820	650 - 700	150 - 200	-	TMM 20MC5
TMM 20NC2-2	20NC-M2-2	1.6523	0,20	-	0,80	0,55	0,20	0,55	-	-	21NC-M2-2	-	Aceros con una buena resistencia a la fatiga. Para piñones cementados, cajas de cambios de camiones, automóviles y maquinaria agrícola. Árboles y cremalleras.	Bruto de laminación	880 - 980	880 - 980	860 - 900	780 - 820	630 - 650	150 - 200	-	TMM 20NC2-2	
TMM 20NC2S-2	20NC-M2S-2	1.6526	0,20	-	0,80	0,55	0,20	0,55	S 0,030	F 1522	20 NCD 2	21NC-M2S2	8620 / 8620 H	Aceros con una buena resistencia a la fatiga. Para piñones cementados, cajas de cambios de camiones, automóviles y maquinaria agrícola. Árboles y cremalleras. Buen mecanizado.	Recocido, bruto de laminación	880 - 980	880 - 980	860 - 900	780 - 820	630 - 650	150 - 200	-	TMM 20NC2S-2
TMM 15NC13	15NC13	1.5752	0,17	-	0,55	0,75	-	3,25	-	F 1540	15 NC 13	15NC13	4320 / 4320 H	Cigüeñales, bielas y otras piezas de motor que deben cumplir las más altas exigencias de resistencia en el núcleo y tenacidad. Engranajes muy solicitados de p. en cajas de velocidades y reductores.	Recocido, bruto de laminación	880 - 980	880 - 980	840 - 880	780 - 820	600 - 630	150 - 200	-	TMM 15NC13
TMM 18C07-6	18C-M7-6	1.6587	0,18	-	0,70	1,65	0,30	1,50	-	-	18 NCD 6	17C-NM6	-	Ejes y engranajes en el sector aéreo. Para manijas, cigüeñales y bielas muy solicitadas. Tienen en el núcleo una resistencia elevada y una excelente tenacidad. Apto para uso a bajas temperaturas.	Recocido, bruto de laminación	880 - 980	880 - 980	830 - 870	780 - 820	630 - 650	150 - 200	-	TMM 18C07-6
TMM 18C054	18C-M54	1.7243	0,18	-	0,75	1,05	0,20	-	S 0,030	F 1550	-	18CM54	-	Empleado mucho en piezas cementadas de hasta 40 mm de diámetro, p. ej. Ejes de piñones (holones), árboles de levas y engranajes. Buen mecanizado.	Bruto de laminación	880 - 980	880 - 980	860 - 900	780 - 820	650 - 700	150 - 200	-	TMM 18C054

Aceros de nitruración

MARCA	DESIGNACIÓN SIMBÓLICA	NORMA VIGENTE	C	SI	Mn	Cr	Mo	Ni	Otros	NORMAS NACIONALES			CAMPO DE APLICACIÓN	ESTADO DE SUMINISTRO	BONIFICADO (TEMPLE °C)	RESISTENCIA (N/mm ²) EN ESTADO BONIFICADO					DUREZA SUPERFICIE NITRURADA (HV)	MARCA
										UNE	AFNOR	DIN				AISI/SAE	B < 16	16 < B < 40	40 < B < 100	100 < B < 160		
TMM 34CAD5-10	34CAD-M5-10	1.8507	0,34	-	0,55	1,15	0,20	-	Al 1,00	F												