



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia
para materiales poliméricos.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Rodríguez Cruz, Iván

Tutor/a: Sánchez Caballero, Samuel

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia capaz de realizar los diferentes ensayos del tipo: relajación, fluencia temporal o creep y ensayo mecánico dinámico. Concretamente el banco de ensayos se diseñará para el estudio de materiales poliméricos en los cuales no se requiere de cargas elevadas, pero sí de grandes deformaciones. Los datos obtenidos de estos ensayos son cruciales para la selección de materiales poliméricos. En el ámbito de la ingeniería mecánica los componentes están sujetos a cargas prolongadas y por tanto la capacidad del material para soportar las deformaciones plásticas sin fallar es fundamental. Los datos obtenidos mediante los ensayos permitirán a las empresas seleccionar materiales para aplicaciones específicas e incluso predecir el comportamiento de los materiales a largo plazo.

El alcance del TFG abarca el diseño y cálculo de la estructura para soportar las cargas aplicadas, definiendo las especificaciones necesarias para los ensayos se realizará la selección de materiales y secciones necesarias para los diferentes componentes. Selección y cálculo de los elementos motrices y transmisiones, realizando el cálculo de las relaciones de transmisión necesarias para mantener la carga constante durante el ensayo, la selección del motor y cálculos para el dimensionamiento del husillo. Así como las diferentes simulaciones FEM (método de los elementos finitos) para el estudio de rigidez de la estructura y mordazas de sujeción. Finalmente se definirán los procesos de fabricación de cada elemento, además del presupuesto completo del banco de ensayos.

Se trabajarán las siguientes competencias de la titulación:

- 27 (E) Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos.
- 28 (E) Conocimiento y utilización de los principios de la resistencia de materiales.
- 29 (E) Conocimientos básicos de los sistemas de producción y fabricación.
- 42 (E) Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.
- 47 (E) Conocimientos y capacidades para la aplicación de la ingeniería de materiales.
- 63 (E) Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

- 64 (G) Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

Abstract

The objective of this project is design and develop a creep test bench capable of performing different types of tests such as relaxation, creep, and dynamic mechanical testing. Specifically, the testing bench Will be designed for the study of polymeric materials where high loads are not requires but large deformations are. The data obtained from these tests are crucial for the selection of polymeric materials. In the field of mechanical engineering the components are subject to prolonged loads, and therefore, the material's ability to withstand plastic deformations without failing is fundamental. The data obtained from the test Will allow companies to select materials for specific applications and even predict the long-term behavior of materials.

The scope of this TFG includes the design and calculation of the structure to support the applied loads, defining the necessary specifications for tests, selecting the materials and section required for the different components. It also involves the selection and calculation of the driving and transmissions elements, calculating the necessary transmisi3n ratios to mantain a constant load during the test, motor and sizing the spindle. As well as the different FEM (Finite Element Method) simulations to study the stiffness of the structure and gripping jaws. Finally, the manufacturing processes for each element, as well as the complete Budget for the testing bench, Will be defined.

The following competencies of the degree will be addressed:

- 27 (E) Understanding of the principles of theory of machines and mechanisms.
- 28 (E) Understanding and use of the principles of strength of materials.
- 29 (E) Basic knowledge of production and manufacturing systems.
- 42 (E) Knowledge and skills for the calculation, design and testing of machines.
- 47 (E) Knowledge and skills for the application of materials engineering.
- 63 (E) Knowledge in basic and technological subjects which enables them to learning of new methods and theories, and provide them versatility to adapt to new situations.
- 64 (G) Ability to solve problems with initiative, decision-making, creativity, critical reasoning, and to communicate and transmit knowledge, skills and abilities in the field of Industrial Engineering.

Resum

El present projecte té com a objectiu el disseny i desenvolupament d'un banc d'assaigs de fluència capaç de realitzar diferents assaigs del tipus: relaxació, fluència temporal o creep i assaig mecànic dinàmic. Concretament, el banc d'assaig es dissenyarà per a l'estudi de materials polimèrics en els quals no es requereixen de càrregues elevades, però sí de grans deformacions. Les dades obtingudes d'aquest assajos són crucials per a la selecció de materials polimèrics. En l'àmbit de l'enginyeria mecànica, els components estan sotmesos a càrregues prolongades i, per tant, la capacitat del material per suportar les deformacions plàstiques sense fallar és fonamental. Les dades obtingudes mitjançant els assajos permetran a les empreses seleccionar materials per aplicacions específiques i fins i tot predir el comportament dels materials a llarg termini.

L'abast del TFG abarca el disseny i càlcul de l'estructura per suportar les càrregues aplicades, definint les especificacions necessàries per als diferents components. Selecció i càlcul dels elements motrius i transmissions, realitzant el càlcul de les relacions de transmissió necessàries per mantindre la carrega constant durant l'assaig, la selecció del motor i càlculs per al dimensionament del cargol. Així com les diferents simulacions FEM (mètode dels elements finits) per a l'estudi de la rigidesa de l'estructura i mordasses de sujecció. Finalment es definiran els processos de fabricació de cada element, a més del pressupost complet del banc d'assaigs.

Es treballaran les següents competències de la titulació:

- 27 (E) Coneixement dels principis de teoria de màquines i mecanismes.
- 28 (E) Coneixement i utilització dels principis de la resistència de materials.
- 29 (E) Coneixements bàsics dels sistemes de producció i fabricació.
- 42 (E) Coneixements i capacitats per al càlcul, disseny i assaig de màquines.
- 47 (E) Coneixements i capacitats per a l'aplicació de l'enginyeria de materials.
- 63 (E) Coneixement en matèries bàsiques i tecnològiques, que els capacite per a l'aprenentatge de nous mètodes i teories, i els dote de versatilitat per adaptar-se a noves situacions.
- 64 (G) Capacitat de resoldre problemes amb iniciativa, presa de decisions, creativitat, raonament crític i de comunicar i transmetre coneixements, habilitats i destreses en el camp de l'Enginyeria Industrial.

Índice

Listado de Símbolos

Listado de Acrónimos

Glosario

1. Introducción

1.1. Justificación académica del proyecto	21
1.2. Justificación técnica del proyecto	21
1.3. Objetivos del proyecto	21

2. Estudio de mercado

2.1. Estudio del estado del arte	25
2.2. Análisis de la competencia	28
2.2.1. Instron	28
2.2.2. MTS Systems Corporation	30
2.2.3. Shimadzu Corporation	31
2.2.4. ZwickRoell	33
2.2.5. Resumen técnico	35
2.3. Determinación del segmento del mercado	35

3. Requerimientos y especificaciones

3.1. Requisitos técnicos	39
3.2. Normativa aplicable	40
3.2.1. Elección de normativa	40
3.2.2. ASTM E328-21	41
3.2.3. ISO 527-2:2012	42
3.2.4. ISO 899-1:2018	43
3.2.5. ISO 6721-1:2020	44

4. Características básicas de la máquina

4.1. Descripción general de la máquina	47
4.2. Descripción de los subconjuntos de la máquina	48
4.2.1. Estructura	48
4.2.2. Sistema de agarre	49
4.2.3. Sistema de control	50
4.3. Descripción del funcionamiento de la máquina	51

5. Cálculos justificativos	
5.1. Selección de materiales	55
5.1.1. Elementos estandarizados	55
5.1.2. Estructura y mordazas	55
5.2. Cálculo del par de salida y entrada necesarios	57
5.3. Cálculos para el dimensionado del husillo	59
5.4. Cálculo de los engranajes	62
5.5. Cálculo de apriete de los tornillos	65
5.6. Simulación del husillo-tuerca	66
5.7. Simulación de los engranajes	70
5.8. Simulación de la estructura	73
5.9. Simulación de la mordaza 1	76
5.10. Simulación de la mordaza 2	78
5.11. Descripción de los procesos de fabricación	80
6. Presupuesto	
6.1. Análisis de viabilidad	84
7. Planos	
7.1. Índice de planos	85
8. Pliego de condiciones	
8.1. Normativa aplicada	107
8.2. Manual de montaje	107
8.3. Manual de utilización	109
8.4. Manual de mantenimiento	110
8.4.1. Sistema de translación	110
8.4.2. Estructura y mordazas	110
8.4.3. Sistema de control	110
Bibliografía	
Índice de figuras	
Índice de tablas	

Listado de Símbolos

μ	Coefficiente de fricción o rozamiento.
P	Paso de rosca.
dn	Diámetro nominal de la rosca del husillo.
φ	Ángulo de la hélice.
T_L	Par de giro aplicado.
F	Carga lineal.
η	Rendimiento.
T_s	Par a la salida.
T_e	Par a la entrada.
i	Relación de transmisión.
MA	Par de apriete aplicado al tornillo.
K	Factor de apriete.
FM	Precarga del tornillo.
d	Diámetro.
As	Sección efectiva.
v_c	Velocidad de corte.
a_c	Avance unitario.
St	Carga axial.
At	Área del esfuerzo a tracción.
dm	Diámetro exterior del husillo.
dr	Diámetro interior del husillo.
N	Factor de seguridad.
Abah	Área total de la raíz del diente en el husillo.
Abat	Área total de la raíz del diente en la tuerca.

n_f	Valor que magnifica la distribución no uniforme de la carga sobre los filetes.
W_i	Constante que depende del tipo de rosca husillo.
W_o	Constante que depende del tipo de rosca tuerca.
S_{aba}	Esfuerzo máximo en los filetes.
S_{st}	Cortante por el par torsor.
$T_{s'}$	Par de torsión máximo.
S_y	Límite a la tracción.
h	Altura de trabajo de los filetes.
S_{flexh}	Flexión en los filetes husillo.
S_{flext}	Flexión en los filetes tuerca.
A_{ap}	Área sometida a aplastamiento.
S_{ap}	Esfuerzo de compresión normal.
L_t	Longitud de la tuerca.
F_{ad}	Carga máxima de compresión
f_k	Carga de columna.
f_c	Factor de corrección según el montaje.
c	Factor de seguridad para el pandeo.
E	Módulo de elasticidad.
I	Momento de inercia.
L_h	Longitud de pandeo.
F_{tan}	Fuerza máxima tangencial.
m	Modulo del engranaje.
Y	Factor de perfil de diente en el punto de paso.
b	Ancho del diente del engranaje.
σ_b	Tensión de flexión admisible.
D_e	Diámetro primitivo del engranaje
P_{max}	Par máximo soportado

σ_B Máxima flexión soportada bajo condiciones estándares

k_v Factor de velocidad

k_t Factor de temperatura

k_l Factor de lubricación

k_m Factor del material

c_s Factor de trabajo

Listado de Acrónimos

FEM	Finite Element Method (Método de Elemento Finito)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización)
DMA	Dynamic Mechanical Analysis (Análisis Mecánico Dinámico)

Glosario

Banco de ensayos de fluencia

Un equipo utilizado para realizar pruebas de deformación progresiva y lenta aplicando a un material una carga constante.

Relajación

Un tipo de ensayo de fluencia que se utiliza para determinar el comportamiento del material bajo una carga constante a lo largo del tiempo. El resultado es una disminución gradual de la tensión en el material frente a una deformación que se mantiene constante.

Creep

Un tipo de ensayo de fluencia en el que someten un material a una carga constante mantenida en el tiempo. Importante para determinar la resistencia y vida útil de los materiales.

Ensayo mecánico dinámico

Un tipo de ensayo de fluencia en el cual el material es sometido a cargas cuya magnitud y frecuencia cambian durante la prueba, varían rápidamente en el tiempo. Útil para estudiar la respuesta frente impactos, vibraciones o ciclos de carga y descarga.

1

Introducción

Índice

1.1 Justificación académica del proyecto	21
1.2 Justificación técnica del proyecto	21
1.3 Objetivos del proyecto	21

1.1 Justificación académica del proyecto

El proyecto se origina a partir de la necesidad de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la etapa de estudio del grado de Ingeniería Mecánica en la mención de Diseño y Fabricación de Máquinas y Prototipos, y la necesidad de superar el Trabajo Final de Grado.

1.2 Justificación técnica del proyecto

Este proyecto surge por la necesidad del DIMM de la Universidad en realizar ensayos de fluencia de materiales poliméricos para poder evaluar la deformación y el comportamiento de estos materiales bajo cargas constantes durante largos períodos de tiempo. Concretamente en la realización de ensayos de relajación, fluencia temporal o creep y ensayos mecánicos dinámicos.

Este proyecto abre las puertas a la Universidad para la realización de los diferentes ensayos mencionados permitiendo caracterizar de forma precisa el comportamiento de los materiales poliméricos bajo cargas prolongadas, cuantificando la capacidad del material para soportar las deformaciones plásticas sin fallar. Los datos obtenidos mediante estos ensayos permitirán a las empresas seleccionar materiales para aplicaciones específicas e incluso predecir el comportamiento del material a largo plazo.

1.3 Objetivos del proyecto

El objetivo principal es el diseño y desarrollo de un banco de fluencia para materiales poliméricos que sea capaz de realizar los ensayos de fluencia, centrándonos en los ensayos de relajación, fluencia temporal o creep y ensayo mecánico dinámico.

El banco de fluencia constará de un sistema de control que permitirá realizar los ensayos definiendo la tensión o deformación exigida en el ensayo y registrando los valores característicos de deformación y tensión respecto al tiempo que nos permitirán cuantificar las propiedades mecánicas de cada material.

El alcance del trabajo se centra en:

- Diseño y cálculo de la estructura portante.
- Selección de los elementos motrices y de transmisión
- Simulaciones FEM

2

Estudio de mercado

Índice

2.1 Estudio del estado del arte	25
2.2 Análisis de la competencia	28
2.2.1 Instron	28
2.2.2 MTS Systems Corporation	30
2.2.3 Shimadzu Corporation	31
2.2.4 ZwickRoell	33
2.2.5 Resumen técnico	35
2.3 Determinación del segmento del mercado	35

2.1 Estudio del estado del arte

Los ensayos de fluencia son un tipo de ensayo destructivo que permite caracterizar el comportamiento de un material bajo una carga constante a lo largo del tiempo. Esta técnica es de gran importancia en el ámbito de la ingeniería mecánica, ya que permite comprender y predecir el comportamiento de los materiales mediante el estudio de la deformación plástica y la resistencia del material a lo largo del tiempo.

La historia de los ensayos de fluencia se remonta a principios del siglo XX, momento en el cuál ingenieros y científicos comenzaron a observar que los materiales fallaban incluso con cargas aparentemente bajas y constantes. A medida que avanzaba la tecnología estas estructuras se volvían más grandes y complejas dificultando la predictibilidad de su comportamiento. Surgiendo así, la necesidad de comprender y predecir los comportamientos a fluencia de los materiales para garantizar la seguridad y rendimiento adecuados para cada componente.

Los primeros ensayos de fluencia se realizaron principalmente en metales, como el acero, utilizados en aplicaciones estructurales. Estos se centraban en el comportamiento a fluencia a temperaturas elevadas debido a las altas deformaciones observadas durante un periodo de tiempo corto en estructuras con elevadas temperaturas de funcionamiento. Fue así como los investigadores comenzaron a desarrollar técnicas de ensayo específicas, como el ensayo de tracción a alta temperatura el cuál permitía caracterizar el comportamiento del material en diferentes condiciones.

Los primeros ensayos de fluencia en polímeros se realizaron en 1940, en materiales como el caucho y el nylon. Estos ensayos se realizaban en máquinas de ensayos universales creadas principalmente para realizar ensayos de materiales metálicos. Estos bancos de ensayo permitían aplicar una carga constante a la muestra de polímero y medir la deformación obtenida a lo largo del tiempo. Sin embargo, este tipo de ensayo no era muy preciso y resultaba complicado obtener una evaluación detallada del comportamiento del material debido al comportamiento viscoelástico y la sensibilidad a la temperatura del material.

En la década de los 60, se desarrolló una nueva técnica de ensayo y sistemas automatizados de carga y medición. Estos sistemas permitían una mayor precisión en la medición de la deformación facilitando la obtención de los datos. La técnica desarrollada conocida como ensayo dinámico mecánico (DMA) permite someter al material a diferentes velocidades de carga y temperaturas, obteniendo una evaluación más compleja y detallada del comportamiento del material.

El ensayo mecánico dinámico es una técnica utilizada para caracterizar las propiedades viscoelásticas de los polímeros. El ensayo consiste en someter una muestra a una deformación cíclica para medir la respuesta en tensiones del material, lo que permite obtener información sobre las propiedades elásticas y viscosas, así como, la capacidad de almacenar o disipar energía bajo una carga dinámica.

Se lleva a cabo en máquinas especializadas que registran los datos de fuerza y deformación en función de la frecuencia y temperatura. Estos datos se utilizan para generar las curvas de módulo (elástico), pérdida de energía (viscoso) y factor de amortiguamiento.

La información obtenida resulta de gran utilidad para comprender el comportamiento mecánico de los materiales poliméricos bajo las cargas dinámicas como las que tienen lugar en las aplicaciones reales, proporcionando información sobre la rigidez, resistencia y capacidad de amortiguación y recuperación.

En los años 1970-1980 aumentó el interés en los polímeros, así como su aplicación en diversos sectores. Esto produjo una necesidad por mejorar las técnicas de ensayos y el análisis de datos obtenido. Se comenzó a controlar tanto la temperatura como la humedad en los ensayos al ver que ambos factores influían en el comportamiento a fluencia de los materiales poliméricos. Además de la introducción de dos nuevas técnicas de ensayos, el ensayo de relajación y el ensayo de fluencia temporal o creep.

El ensayo de relajación se realiza aplicando una deformación constante al material para medir la disminución del esfuerzo o la tensión a lo largo del tiempo para observar cómo el material se relaja y se adapta gradualmente a la deformación aplicada. En materiales viscoelásticos se exhiben comportamientos que combinan características elásticas (recuperación de la deformación) y viscosas (fluencia o deformación retardada). El ensayo de relajación nos permite analizar la capacidad para relajar su esfuerzo y la velocidad a la que ocurre.

Durante el ensayo se aplica una deformación constante mediante la aplicación de una tensión o deformación específica. A medida que pasa el tiempo, se mide la tensión en el material observando como esta disminuye a medida que el material se relaja.

La información obtenida a partir del ensayo proporciona datos de las propiedades viscoelásticas, la capacidad de relajación y la respuesta del material bajo cargas sostenidas. Datos importantes para la comprensión del comportamiento de los materiales sometidos a cargas a largo plazo.

El ensayo de fluencia temporal o creep es utilizado para estudiar el comportamiento de los materiales bajo cargas sostenidas a lo largo del tiempo. En este ensayo se somete la muestra a una carga

constante midiendo así la deformación a lo largo del tiempo. Esta carga puede ser una tensión, una compresión o una flexión dependiendo del tipo de material y de la aplicación específica.

La información aportada por el ensayo permite evaluar la capacidad del material para soportar cargas a largo plazo sin deformarse en exceso ni llegar al fallo. Además de revelar fenómenos de deformación retardada, donde la tasa de deformación disminuye con el tiempo, pero acumulándose la deformación total.

Los resultados se representan en curvas de creep que muestran la deformación acumulada en función del tiempo. Estas curvas pueden tener diferentes fases, la fase de deformación inicial, la segunda fase de deformación retardada y una última fase de falla acelerada.

Los datos obtenidos mediante el ensayo son cruciales para el diseño y selección de materiales en aplicaciones con cargas constantes a largo plazo, permitiendo determinar los límites de la deformación, evaluar la vida útil del componente y garantizar la seguridad y resistencia de estructuras y dispositivos.

Estos ensayos permiten caracterizar el comportamiento viscoelástico del polímero de forma precisa y detallada obteniendo así resultados más realistas frente la respuesta de los materiales en aplicaciones prácticas.

En los años 90, los avances en instrumentación y en las tecnologías de medición abrieron paso a nuevos sistemas de adquisición de datos más sofisticados y técnicas de análisis avanzadas. Incluyendo el uso de cámaras de alta velocidad en los ensayos para capturar la deformación del material en tiempo real.

A partir del siglo XXI se comenzaron a desarrollar técnicas de simulación y modelado para complementar a los ensayos de fluencia. Estas permiten una evaluación detallada del comportamiento del material bajo diferentes condiciones de carga convirtiendo las simulaciones por elementos finitos, conocidas como FEM, en herramientas importantes para predecir el comportamiento a fluencia de los materiales bajo diferentes condiciones de carga y temperatura. Esta herramienta permite a los ingenieros optimizar el diseño del componente y estimar la vida útil del mismo.

Desde el año 2010 hasta la actualidad, se han desarrollado técnicas de ensayo no destructivas para los ensayos de fluencia en polímeros centradas en estudiar el comportamiento viscoelástico y la deformación a largo plazo sin causar alteraciones permanentes. Ensayos que resultan especialmente útiles para la industria.

2.2 Análisis de la competencia

En el mercado podemos encontrar bancos de fluencia para diferentes ensayos y materiales. Centrándonos en el ámbito del banco de ensayo de fluencia del proyecto encontramos los siguientes fabricantes:

Instron una empresa reconocida a nivel mundial en el equipo de ensayos, incluido bancos de fluencia para polímeros. Su reputación se basa en la calidad, precisión y confiabilidad de sus equipos. Los bancos de ensayos Instron son comúnmente utilizados en el ámbito académico y de investigación para analizar y comprender las propiedades mecánicas y el comportamiento de los polímeros.

MTS Systems Corporation empresa fundada en 1966 con décadas de experiencia en la industria, se ha ganado su reputación por su innovación, calidad y confiabilidad. Sus bancos de ensayos de fluencia son utilizados en el campo académico e industrial para el análisis mecánico y la investigación de polímeros.

Shimadzu Corporation empresa fundada en 1875 en Kioto presenta una larga trayectoria en el mercado enfocado a la innovación tecnológica, siendo un proveedor confiable y líder en el sector. Comprometida en la contribución a la sociedad a través de la ciencia y la tecnología.

ZwickRoell empresa con más de 160 años en el mercado, su larga trayectoria en la fabricación de equipos de alta calidad los convierte en uno de los proveedores más famosos de la comunidad académica e industrial.

Los equipos de los diferentes fabricantes ofrecen una amplia gama de capacidades de carga y control de temperatura, lo que permite a los investigadores realizar ensayos de fluencia en polímeros en diversas condiciones y aplicaciones.

2.2.1 Instron

La calidad de construcción, alta precisión, facilidad de uso y monitoreo avanzado los convierten en la opción preferida para la investigación y el desarrollo para materiales que requieren un análisis detallado.

Podemos encontrar las máquinas de ensayos universales de la serie 6800 que ofrece una adquisición de datos de 5 kHz y una precisión de $\pm 0,5\%$ hasta $1/1000$ de la capacidad de la célula de carga, ofreciendo una amplia gama de accesorios para la realización de diferentes ensayos.

○ Banco de Ensayos de Fluencia de la Serie 6800



Figura 1- Equipos Instron

MODELO	68SC-05	68SC-1	68SC-2	68SC-5
Dimensiones [mm]	1020 × 460 × 615	1410 × 460 × 615	1410 × 460 × 615	1410 × 460 × 615
Peso [kg]	55	62	62	62(E1), 67(E2)
Fuerza máxima [kN]	0,5	1	2	5
Espacio de trabajo en vertical [mm]	738	1118	1118	1118(E1), 1375 (E2)
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	100	100	100	100
Velocidad máxima [mm/min]	2540	2540	2540	2540
Velocidad mínima [mm/min]	0,001	0,001	0,001	0,001
Resolución del control de posición [nm]	9,5	9,5	9,5	9,5
Tipo de máquina	UNA COLUMNA	UNA COLUMNA	UNA COLUMNA	UNA COLUMNA
MODELO	68TM-5	68TM-10	68TM-30	68TM-50
Dimensiones [mm]	1640 × 760 × 715	1640 × 760 × 715	1641 × 760 × 715	1642 × 760 × 715
Peso [kg]	139 (E1), 154 (E2)	140 (E1), 154 (E2)	196 (E1+F1), 215 (E2+F1) 453 (E1+F2), 471 (E2+F2)	255 (E1), 278 (E2)
Fuerza máxima [kN]	5	10	30	50
Espacio de trabajo en vertical [mm]	1234 (E1), 1739 (E2)	1235 (E1), 1739 (E2)	1190 (E1), 1695 (E2)	1191 (E1), 1695 (E2)
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	420	420	420 (F1), 947 (F2)	420
Velocidad máxima [mm/min]	3048	2032	1016	762
Velocidad mínima [mm/min]	0,001	0,001	0,001	0,001
Resolución del control de posición [nm]	9,9	4,9	2,6 (F1), 2,8 (F2)	1,8
Tipo de máquina	MESA	MESA	MESA	MESA
MODELO	68FM-100	68FM-300		
Dimensiones [mm]	2287 (B1), 2587 (B2) × 1140 (F1), 1499 (F2) × 786			
Peso [kg]	799,2 (E1), 860,9 (E2)	871,5 (E1), 1921 (E2)		
Fuerza máxima [kN]	100	300		
Espacio de trabajo en vertical [mm]	1494 (E1), 1993 (E2)	1446 (E1), 1945 (E2)		
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	575 (F1)	575 (F1), 934 (F2)		
Velocidad máxima [mm/min]	1016 (1PH), 1080 (3PH)	560 (3PH)		
Velocidad mínima [mm/min]	0,00005	0,00005		
Resolución del control de posición [nm]	2,215625	1,140395		
Tipo de máquina	SUELO	SUELO		

Tabla 1 - Características técnicas Instron

Características adicionales de los bancos Instron:

Software de análisis de datos: Permite el análisis y la visualización de datos, así como la generación de informes.

Controladores de temperatura y deformación: Control y precisión total del ensayo.

Configuraciones personalizables: Los bancos de ensayos de fluencia de Instron ofrecen una amplia gama de opciones y accesorios para adaptarse a diferentes tipos de ensayos y requisitos específicos.

Sistemas de seguridad y protección: Garantizan la integridad del equipo y la seguridad del usuario durante los ensayos.

2.2.2 MTS Systems Corporation

Los bancos de ensayos de fluencia de MTS se distinguen por su tecnología, precisión y confiabilidad. La flexibilidad y la capacidad de personalización de los bancos de ensayos de fluencia de MTS los convierten en una opción popular tanto en el ámbito académico como en la industria.

- Banco de Ensayos de Fluencia de la Serie 40 Exceed



Figura 2 - Equipos MTS Systems Corporation

MODELO	E42.503	E43.104	E43.504	E45.105
Dimensiones [mm]	1300 x 642 x 582	1617 x 681 x 588	1770 x 820 x 775	2133 x 1230 x 870
	1600 x 642 x 582	1917 x 681 x 588	2070 x 820 x 775	2433 x 1230 x 870
Peso [kg]	120	120	325	1400 1450
Fuerza máxima [kN]	5	10	50	100
Espacio de trabajo en vertical [mm]	700	1000	1000	1050
	1000	1300	1300	1350
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	100	340	420	600
Velocidad máxima [mm/min]	508	508	508	508
Velocidad mínima [mm/min]	0,001	0,001	0,001	0,001
Resolución del control de posición [nm]	51	41	6	41
Tipo de máquina	UNA COLUMNA	MESA	MESA	SUELO

Tabla 2 - Características técnicas MTS Systems Corporation

Características adicionales de los bancos de MTS Systems:

Control de temperatura: Rango amplio de temperatura para una amplia gama de aplicaciones.

Software de análisis y visualización de datos: Permite un análisis detallado de la curva de fluencia y el comportamiento mecánico de los polímeros.

Sistemas de seguridad y protección: Garantizan la integridad del equipo y la seguridad del usuario durante los ensayos.

2.2.3 Shimadzu Corporation

Los bancos de ensayos de fluencia de Shimadzu se caracterizan por su calidad de construcción, precisión y capacidad de personalización. La experiencia y el compromiso de Shimadzu con la innovación tecnológica han posicionado a la empresa como un proveedor destacado.

- Banco de Ensayos de Fluencia de la Serie EZTest



Figura 3 - Equipos EzTest Shimadzu Corporation

MODELO	EZ-SX	EZ-LX	EZ-LX-HS
Dimensiones [mm]	885 x 530 x 400	1315 x 530 x 400	
Peso [kg]	33	55	
Fuerza máxima [kN]	0,5	5	2
Espacio de trabajo en vertical [mm]	500	920	
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	100	100	100
Velocidad máxima [mm/min]	1000	1000	2000
Velocidad mínima [mm/min]	0,001	0,001	0,001
Resolución del control de posición [nm]	1000	1000	1000
Tipo de máquina	MESA	MESA	MESA

Tabla 3 - Características técnicas EzTest Shimadzu Corporation

- Banco de Ensayos de Fluencia de la Serie AG-X



Figura 4 - Equipos AG-X Shimadzu Corporation

MODELO	AGX-10kNV2D	AGX-50kNV2D	AGX-50kNV2
Dimensiones [mm]	1582 x 798 x 515	1708 x 975 x 579	2170 x 1206 x 765
Peso [kg]	210	410	660
Fuerza máxima [kN]	10	50	
Espacio de trabajo en vertical [mm]	550	690	800
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	420	500	600
Velocidad máxima [mm/min]	3000	1500	1500
Velocidad mínima [mm/min]	0,0005	0,0005	0,0005
Resolución del control de posición [nm]	12,5	8,33	
Tipo de máquina	SUELO	SUELO	SUELO
MODELO	AGX-100kNV2	AGX-300kNV2	AGX-600kNV2
Dimensiones [mm]	2170 x 1206 x 765	2420 x 1206 x 765	2840 x 1605 x 1122
Peso [kg]	830	1010	2930
Fuerza máxima [kN]	100	300	600
Espacio de trabajo en vertical [mm]	760	630	850
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	600	600	790
Velocidad máxima [mm/min]	1500	720	540
Velocidad mínima [mm/min]	0,00005	0,00005	0,00005
Resolución del control de posición [nm]	8,33	3,33	2,5
Tipo de máquina	SUELO	SUELO	SUELO

Tabla 4 - Características técnicas AG-X Shimadzu Corporation

Características adicionales de los bancos de Shimadzu Corporation:

Control de temperatura: Rango amplio de temperatura para adaptarse a diferentes condiciones de ensayo.

Software de análisis y visualización de datos avanzado: Permite un análisis detallado de la curva de fluencia y el comportamiento mecánico de los polímeros.

Sistemas de control de deformación: Proporcionan una alta precisión y repetibilidad en los ensayos de fluencia.

Sistemas de seguridad y protección: Garantizan la integridad del equipo y la seguridad del usuario durante los ensayos.

Configuraciones modulares: Los bancos de ensayos de fluencia de Shimadzu ofrecen una amplia gama de opciones y accesorios para adaptarse a diferentes tipos de ensayos y requisitos específicos de los polímeros.

2.2.4 ZwickRoell

Los bancos de ensayos de fluencia de ZwickRoell son reconocidos por su calidad, precisión y confiabilidad. Caracterizados por la combinación de tecnología avanzada, experiencia en el campo de ensayos de materiales y un enfoque en la satisfacción del cliente.

- Banco de Ensayos de Fluencia zwickLine Z0.5 - Z5 TS



Figura 5 - Equipos Z0.5 - Z5 TS ZwickRoell

MODELO	Z0.5 TS	Z1 TS	Z2.5 TS	Z5 TS
Dimensiones [mm]	789 x 411 x 622	789 x 411 x 622	789 x 411 x 622	789 x 411 x 622
Peso [kg]	68	68	68	70
Fuerza máxima [kN]	0,5	1	2,5	5
Espacio de trabajo en vertical [mm]	565	565	565	540
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	105	105	105	105
Velocidad máxima [mm/min]	2000	2000	1000	600
Velocidad mínima [mm/min]	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Resolución del control de posición [nm]	83	55,4	27,7	16,8
Tipo de máquina	MESA	MESA	MESA	MESA

Tabla 5 - Características técnicas Z0.5 - Z5 ZwickRoell

Existe la posibilidad de adquirir los modelos TN o TH con mayor recorrido verticalmente.

- Banco de Ensayos de Fluencia techXpert University Package



Figura 6 - Equipo techXpert ZwickRoell

MODELO	techXpert
Dimensiones [mm]	2022 x 1572 x 750
Fuerza máxima [kN]	2,5

Tabla 6 - Características técnicas techXpert ZwickRoell

Banco de pruebas para aulas y salas de conferencia que permite realizar ensayos con cargas de hasta 2,5 kN.

Características adicionales de los bancos de ensayos ZwickRoell:

Software de análisis y visualización de datos: Permite un análisis detallado de los resultados del ensayo y la generación de informes personalizados.

Sistemas de control de deformación: Garantizan una alta precisión y repetibilidad en los ensayos de fluencia.

Sistemas de seguridad y protección: Garantizan la seguridad del equipo y del usuario durante los ensayos.

Configuraciones modulares: Los bancos de ensayos de fluencia de ZwickRoell ofrecen una amplia gama de opciones y accesorios para adaptarse a diferentes aplicaciones y requisitos de ensayo.

2.2.5 Resumen técnico

En la tabla VII se resumen las características más relevantes de cada banco de fluencia mencionado anteriormente, para tener una idea de los requisitos de funcionamiento existentes en el mercado.

Cabe destacar que, dentro de estas especificaciones, los bancos de ensayos pueden dividirse en diferentes tipos bien sea de una columna de mesa, de doble columna de mesa o de doble columna de suelo dependiendo del tamaño y características del equipo.

FABRICANTE	INSTRON	MTS SYSTEMS	SHIMADZU	ZWICKROEL
Fuerza máxima [kN]	0,5 - 300	5 - 100	0,5 - 600	0,5 - 5
Espacio de trabajo en vertical [mm]	738 - 1945	700 - 1350	500 - 850	540 - 565
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	100 - 934	100 - 600	100 - 790	105
Velocidad máxima [mm/min]	560 - 2540	508	540 - 3000	600 - 2000
Velocidad mínima [mm/min]	0,00005 - 0,001	0,001	0,00005 - 0,001	0,0005
Resolución del control de posición [nm]	1,14 - 9,9	6,0 - 51	2,5 - 1000	16,8 - 83
Accesorio para controlar temperatura	X	X	X	X
Software de análisis y visualización de datos	X	X	X	X

Tabla 7 - Resumen características técnicas fabricantes

Se observa que el mercado tiene una tendencia a unificar el funcionamiento de los bancos de ensayos presentando características muy similares.

En cuanto al ámbito del proyecto, el fabricante más relevante es Instron debido a su versatilidad de los equipos y las buenas resoluciones de control de posición presentes en sus equipos. Además de presentar una amplia gama de accesorios que permiten el control de diferentes aspectos del ensayo como podría ser la temperatura.

2.3 Determinación del segmento del mercado

Una vez estudiado el mercado, los fabricantes de bancos de ensayos a fluencia y sus características, cabe destacar que este proyecto al tratar de un trabajo final de grado no pretende competir en términos de prestaciones de precisión, carga, velocidades y análisis de datos.

En su lugar, el enfoque se centra en el diseño de un banco de ensayos de fluencia para polímeros sencillo, automatizado y versátil que permita la realización de los tres tipos de ensayos: relajación, fluencia temporal o creep y ensayo mecánico dinámico. Caracterizándose por la utilización de una gran cantidad de componentes estandarizados que le otorgan una mayor facilidad a la hora de realizar cualquier mantenimiento y una reducción de costes.

Esta combinación convierte a este banco de ensayos de fluencia en una opción atractiva tanto para la industria local como para las instituciones universitarias. La simplicidad de su diseño, versatilidad de ensayos y la facilidad de implementación y operación lo hacen

adecuado para un amplio espectro de aplicaciones académicas e industriales.

En el ámbito industrial, enfocado a la industria local o incluso empresas de menor tamaño, representa una solución rentable y accesible para la realización de pruebas de materiales poliméricos para la estimación del funcionamiento de sus propios productos. Con especial interés para las industrias de materiales poliméricos para piezas funcionales, las cuales podrán diseñar el producto seleccionando con mayor precisión el material necesario frente a las cargas que ha de soportar.

En cuanto al ámbito académico, este banco de ensayos de fluencia brinda la oportunidad de realizar investigaciones y proyectos relacionados con los materiales poliméricos sin necesidad de adquirir equipos nuevos especializados reduciendo así el coste de las investigaciones, permitiendo a los estudiantes e investigadores contribuir al desarrollo del conocimiento en el campo de los materiales poliméricos.

3

Requerimientos y especificaciones

Índice

3.1 Requisitos técnicos	39
3.2 Normativa aplicable	40
3.2.1 Elección de normativa	40
3.2.2 ASTM E328-21	41
3.2.3 ISO 527-2:2012	42
3.2.4 ISO 899-1:2018	43
3.2.5 ISO 6721-1:2020	44

3.1. Requisitos técnicos

Los requisitos técnicos que se deberán cumplir en el banco de ensayo de fluencia serán:

- *Facilidad de uso* permitiendo la realización de los diferentes ensayos con sencillez y reducidos tiempos de preparación entre ensayos.
- *Facilidad de mantenimiento*, mediante el uso de componentes estandarizados, de bajo precio y uso extendido.
- *Bajo coste* que permita su adquisición desde cualquier sector.
- *Facilidad de fabricación y construcción*.

Además, para el control del motor paso a paso y el análisis de datos de los distintos sensores de posición y tensión, se contará con un equipo eléctrico exterior programado que permitirá el control del banco de ensayos de manera sencilla.

En base a las características de los bancos de la competencia y las necesidades de los ensayos a realizar se determinan los parámetros principales de funcionamiento para el banco de fluencia.

FABRICANTE	UPV
Fuerza máxima [kN]	10
Espacio de trabajo en vertical [mm]	170 - 200
Espacio de trabajo en horizontal [mm]	50
Velocidad máxima [mm/min]	10 - 40
Velocidad mínima [mm/min]	0,001 - 3
Resolución del control de posición [nm]	1 - 300
Software de análisis y visualización de datos	X

Tabla 8 - Requisitos de funcionamiento del banco de ensayos

El sistema de control de temperatura no entra en el alcance de este proyecto. No obstante, se tratará de realizar un diseño sencillo que permita en un futuro ampliar las características del banco permitiendo adaptar accesorios para el control de temperatura.

3.2. Normativa aplicable

Los ensayos de fluencia comenzaron a intensificarse en la década de 1950 en las industrias espaciales y aeronáuticas, desde entonces, se han ido estableciendo normas y estándares para los ensayos de fluencia en materiales diferentes como metales, polímeros o polímeros reforzados.

Los principales organismos que han contribuido a la estandarización de estos ensayos han sido la ASTM (*American Society for Testing and Materials*) y la ISO (*International Organization for Standardization*), organizaciones que desarrollan y mantienen normas reconocidas a nivel internacional.

3.2.1. Elección de normativa

En cuanto a normativa aplicable, es necesario definir las características principales y los tipos de los ensayos, ya que podemos encontrar normativa dirigida a ensayos con materiales o condiciones que no serán aplicables a nuestros ensayos. En nuestro caso los ensayos a realizar serán de relajación, fluencia o creep y ensayo mecánico dinámico en materiales poliméricos en condiciones ambientales estándares.

A continuación, se detallan algunos ejemplos.

ASTM E328-21: "Standard Test Methods for Stress Relaxation Tests for Materials and Structures". Establece los métodos de ensayo para determinar la relajación de tensiones en materiales y estructuras bajo carga constante o variable a temperaturas específicas. El ensayo de relajación de tensiones es utilizado para evaluar la capacidad de los materiales de soportar cargas a largo plazo sin deformaciones excesivas.

ASTM D618-21: "Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing". Establece los requisitos para la realización de ensayos de fluencia en materiales plásticos en un clima normalizado.

ASTM D638-22: "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics". Describe el método de ensayo para determinar las propiedades mecánicas de los polímeros termoplásticos, incluyendo la resistencia a la tracción, la elongación y el módulo de elasticidad, y la preparación y tamaño de las probetas.

ASTM D2990-17: "Standard Test Methods for Tensile, Compressive, and Flexural Creep and Creep-Rupture of Plastics". Establece los procedimientos para realizar ensayos de fluencia en materiales plásticos bajo carga constante o carga variable.

ISO 527-2:2012: "Plastics — Determination of tensile properties — Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics". Establece

las dimensiones estándar de las probetas utilizadas en los ensayos de tracción.

ISO 899-1:2018: "Plastics — Determination of creep behaviour — Part 1: Tensile creep.". Describe los métodos de ensayo para determinar las propiedades de fluencia de los polímeros termoplásticos bajo carga constante.

ISO 6721-1:2020: "Plastics -- Determination of dynamic mechanical properties -- Part 1: General principles". Define los principios generales para la determinación de las propiedades mecánicas dinámicas de los plásticos mediante análisis de termomecánica. Estos ensayos permiten caracterizar el comportamiento viscoelástico de los materiales plásticos, incluyendo la rigidez, la resistencia al impacto y la temperatura de transición vítrea.

Estas normas son las que determinaran el procedimiento de cada tipo de ensayo que se realizará, las condiciones y dimensiones de las probetas.

3.2.2. ASTM E328-21

El estándar explica los métodos y procedimientos de los ensayos de relajación de tracción, compresión, flexión y torsión. Centrándonos en el alcance del proyecto la normativa aplica a los ensayos de tracción. El ensayo consiste en aplicar una fuerza creciente hasta alcanzar la deformación inicial especificada (*Figura VII*), una vez alcanzada dicha deformación esta permanece constante a lo largo del ensaño.

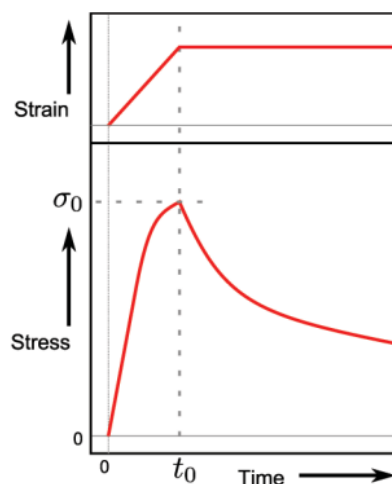


Figura 7 - Gráfica característica del ensayo de relajación

La norma también indica las variables que se han de registrar durante el ensaño para poder obtener un informe final del comportamiento del material. Este informe es crucial para el diseño de las uniones mecánicas que garantizan el correcto funcionamiento del equipo.

3.2.3. ISO 527-2:2012

En esta norma se especifican las dimensiones estándar de las probetas utilizadas para los ensayos de fluencia en polímeros. Especifica que pueden ser de dos tipos 1A utilizada para probetas moldeadas por compresión o inyección y 1B para probetas mecanizadas. También existen probetas miniaturizadas proporcionalmente a escala explicadas en la norma con detalle.

La norma detalla que las probetas han de estar libres de defectos visibles, arañazos y otras imperfecciones, eliminado todas las rebabas existentes en las probetas moldeadas.

Dentro del ámbito de este proyecto las dimensiones de las probetas utilizadas serán del tipo 1B (*Figura VIII, Tabla IX*).

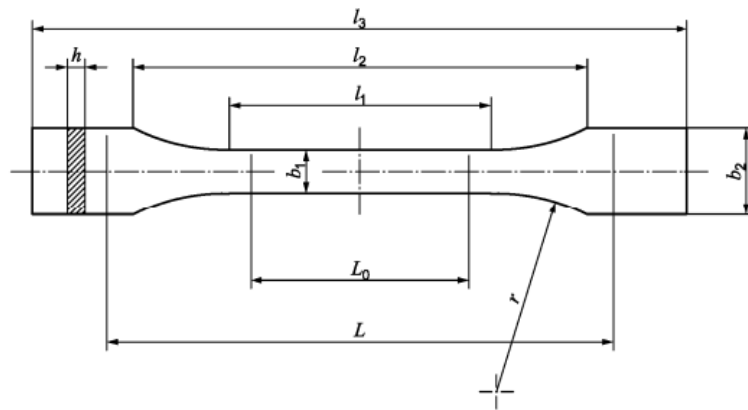


Figura 8 - Probetas tipo 1A y 1B

Medidas en milímetros

Tipo de probetas	1A	1B
l_3	Longitud total ^a	
	170	≥ 150
l_1	Longitud de la parte estrecha de caras paralelas	
	80 ± 2	$60,0 \pm 0,5$
r	radio	
	24 ± 1	$60 \pm 0,5$
l_2	Distancia entre las partes anchas de caras paralelas ^b	
	$109,3 \pm 3,2$	$108 \pm 1,6$
b_2	Anchura en los extremos	
	$20,0 \pm 0,2$	
b_1	Anchura de la parte estrecha	
	$10,0 \pm 0,2$	
h	Espesor recomendado	
	$4,0 \pm 0,2$	
L_0	Longitud de referencia (recomendada)	
	$75,0 \pm 0,5$	$50,0 \pm 0,5$
	Longitud de referencia (aceptable si se requiere para el control de calidad o cuando se especifique)	
L	Distancia inicial entre las mordazas	
	115 ± 1	115 ± 1

^a La longitud total recomendada de 170 mm para el tipo 1A concuerda con las Normas ISO 294-1 e ISO 10724-1. Para algunos materiales, puede ser necesario alargar la longitud de los extremos (por ejemplo $l_3 = 200$ mm) para evitar la rotura o el deslizamiento en las mordazas de la máquina de ensayo.

^b $l_2 = l_1 + [4r(b_2 - b_1) - (b_2 - b_1)^2]^{1/2}$, que resulta de l_1 , r , b_1 y b_2 , pero dentro de las tolerancias indicadas.

Tabla 9 - Medidas de las probetas tipo 1A y 1B

3.2.4. ISO 899-1:2018

Esta norma determina el método a utilizar para la fluencia a tracción en plásticos mediante la especificación de las características y dimensiones de las probetas, las condiciones del ensayo, el tratamiento previo, la temperatura y la humedad.

El ensayo de fluencia se basa en el incremento de la deformación con respecto al tiempo aplicando un esfuerzo constante (Figura IX).

En la normativa se explica toda la formulación y conceptos básicos del ensayo, así como los elementos necesarios para realizarlos como las mordazas, sistema de carga, dispositivos de medición del alargamiento, dispositivo de medición del tiempo o micrómetro.

También se especifica el procedimiento a seguir del operario y el procedimiento de aplicación de la carga. Conceptos detallados en la norma que son básicos para realizar el ensayo correctamente.

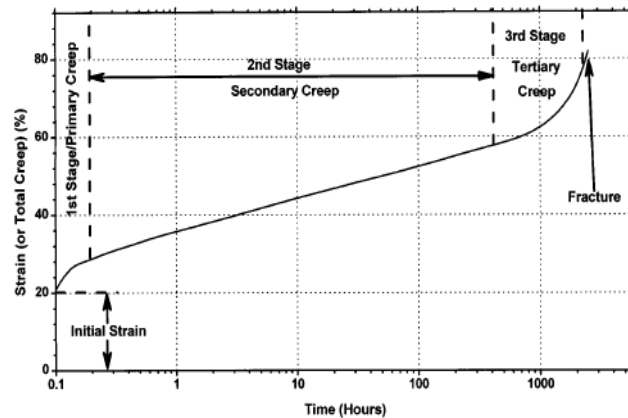


Figura 10 - Etapas del creep

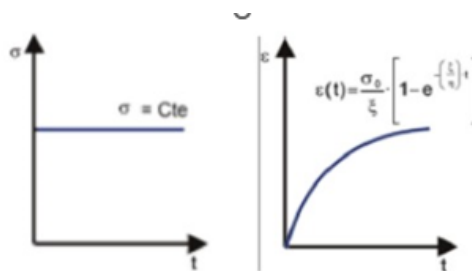


Figura 9 - Representación simplificada del ensayo de fluencia

3.2.5. ISO 6721-1:2020

Trata de especificar métodos para la determinación de las propiedades mecano-dinámicas de los plásticos dentro de la región de comportamiento viscoelástico lineal. Definiendo el entorno y las características necesarias tanto en las probetas como en la máquina y el ambiente para que se realice un ensaño en unas condiciones estándares.

El ensayo mecánico dinámico se caracteriza por la aplicación de una carga oscilatoria a lo largo del tiempo, esta genera una gráfica característica conocida como el ciclo dinámico de histéresis esfuerzo deformación (*Figura X*).

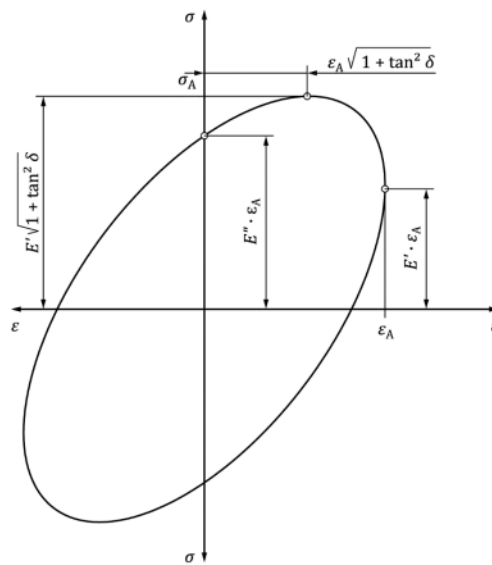


Figura 11 - Ciclo dinámico de histéresis esfuerzo-deformación

4

Características básicas de la máquina

Índice

4.1 Descripción general de la máquina	47
4.2 Descripción de los subconjuntos de la máquina	48
4.2.1 Estructura	48
4.2.2 Sistema de agarre	49
4.2.3 Sistema de control	50
4.3 Descripción del funcionamiento de la máquina	51

4.1 Descripción general de la máquina

El banco de ensayos a fluencia, como se ha comentado en apartados anteriores, es una máquina capaz de aplicar una carga axial a la probeta. Esto nos permite analizar y comprender el comportamiento del material bajo diferentes cargas de funcionamiento.

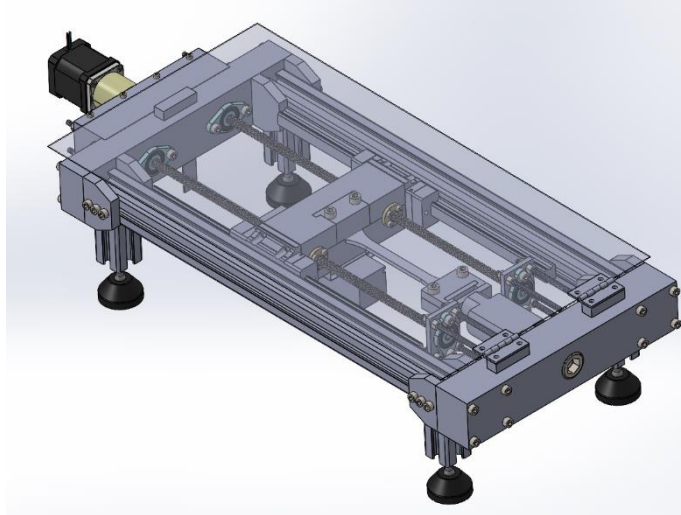


Figura 12 - Vista general del banco de ensayos

El dispositivo será capaz de realizar los tres tipos de ensayos mencionados con anterioridad: ensayo de relajación, ensayo mecánico-dinámico y ensayo de fluencia temporal. Este registra los parámetros principales de cada ensayo, tensión, deformación y tiempo, permitiendo caracterizar el comportamiento del material. Estas funciones se realizarán por los diferentes subconjuntos en los que se divide el banco de ensayos a fluencia, que son los siguientes:

- Estructura: La estructura es la base del banco de ensayo. Trata de un sistema rígido y resistente en el que se alojan el resto de los componentes.
- Sistema de agarre: El sistema de agarre trata de dos mordazas, una sujeta a la propia estructura mediante célula de carga y otra sujeta a la propia estructura por el subsistema de translación, encargado de transmitir el movimiento giratorio del motor y transformarlo en movimiento lineal gracias a las tuercas instaladas en la mordaza y los patines lineales.
- Sistema de control y seguridad: Además de los subconjuntos anteriores el banco constará de un sistema de control, formado por un microcontrolador, que controlará las acciones de la máquina, la adquisición de datos, control de la carga y deformación. Y en cuanto a seguridades constará de una chapa que recubrirá la zona de los engranajes y un metacrilato que permitirá ver el ensayo sin riesgos.

El banco presenta unas dimensiones totales de 645 x 253 x 150

4.2 Descripción de los subconjuntos de la máquina

4.2.1 Estructura

La estructura se realiza mediante el uso de dos perfiles de aluminio de 30 mm conectados mediante cartelas a una chapa de aluminio. Esta opción es muy utilizada actualmente en la fabricación de maquinaria debido a las diversas ventajas que presenta el aluminio frente al uso de acero. Las ventajas principales son:

- Resistencia a la corrosión, al contrario que el acero, el aluminio mantiene un mejor aspecto a lo largo del tiempo sin necesidad de aplicar pinturas o tratamientos antioxidantes.
- Bajo peso facilita el montaje y transporte de la máquina.
- Mayor rigidez específica que el acero, permitiendo realizar estructuras más rígidas con pesos similares.
- Facilidad de adaptación y mecanizado, el aluminio es un material muy sencillo de mecanizar y cortar permitiendo su uso con maquinaria y herramientas de bajo coste, sin necesidad de realizar sobrecostos iniciales. Además, el uso de la perfilería permite adaptar de manera muy sencilla cualquier componente o actualización.

En cuanto a la sujeción de la perfilería a las chapas principales, se opta por una sujeción mediante cartelas de aluminio de 10 mm de espesor con tal de rigidizar el conjunto. Este a de soportar los 10 KN de carga.

También se añaden dos soportes para los husillos, un soporte para el motor que van sujetos mediante varillas roscadas de 5 mm de diámetro y una escuadra para el sensor de desplazamiento sujeta a la chapa principal de la zona motor.

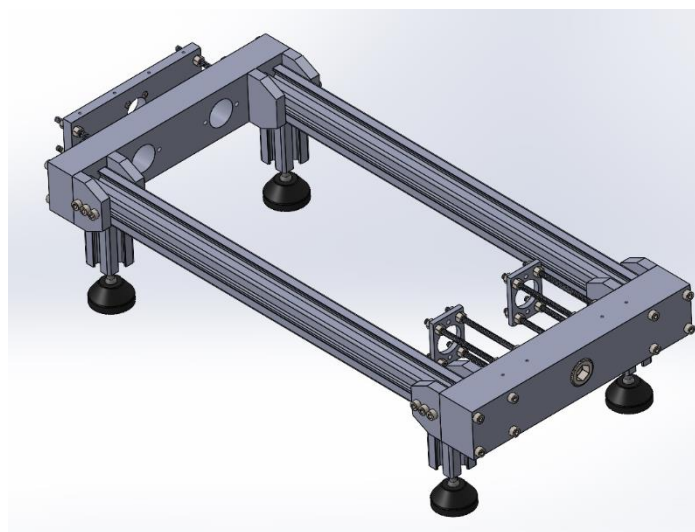


Figura 13 - Estructura

4.2.2 Sistema de agarre

En la máquina se encuentran dos sistemas de agarre o mordazas diferentes, la mordaza principal en la cual podemos encontrar el subsistema de translación y el controlador de desplazamiento. Y la mordaza secundaria en la que se encuentra la célula de carga.

Las mordazas están diseñadas para sujetar la probeta con eficacia, pero a su vez para facilitar la inserción de ellas. Por ello, en ambas mordazas encontramos una pieza en la zona superior fijada con dos tornillos, esta nos permite retirarla dejando el alojamiento de la probeta al descubierto. La geometría de ellas esta diseñada para minimizar el esfuerzo cortante en los tornillos además de asegurar una correcta fijación de la probeta durante el ensaño.

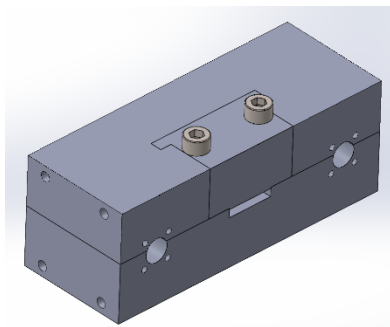


Figura 14 - Mordaza 1

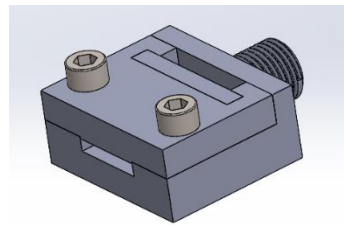


Figura 15 - Mordaza 2

4.2.2.1 Sistema de translación de la mordaza

El sistema utilizado para la translación es el de husillo-tuerca, un sistema muy utilizado en el método aditivo de impresión 3D para el movimiento de la boquilla extrusora, en nuestro caso este sistema se utiliza para aplicar la carga mediante el desplazamiento de la mordaza.

El sistema consta principalmente de un motor paso a paso, al cual se le acopla una reductora, tres engranajes que permiten la transmisión del par a los husillos, las tuercas que son las encargadas de transmitir y transformar este par en movimiento lineal al acoplarse a una de las mordazas, los patines lineales que facilitan el desplazamiento de la mordaza a lo largo de la estructura y, finalmente, los cojinetes que son los encargados de soportar y sujetar el husillo a la estructura principal.

El motor paso a paso utilizado es el motor nema 17 al cual se le acopla una reductora planetaria, la 17HS19-1684S-PG51 con una relación de transmisión de 50,9:1.

Los engranajes con una relación de 1:1 se utilizan para transmitir simultáneamente el par a los husillos. Se trata de 3 engranajes de 45 dientes fabricados en POM un material termoplástico con alta rigidez

y baja fricción. El motor se encuentra acoplado en el centro para que ambos husillos giren en la misma dirección.

Una alternativa a los engranajes era utilizar un sistema de correa dentada que transmitiera el giro del motor a los husillos, con este también conseguiríamos la misma dirección en ambos husillos, pero su dimensionamiento sería más complejo y ocuparía mayor espacio, por ello se decidió utilizar los engranajes.

Los husillos son el TR8 x 8 fabricados en acero y con un paso de 2 mm, son los encargados de transmitir el par del motor a las tuercas de bronce. Este esta sujeto a la estructura mediante los cojinetes KFL08 para evitar la transmisión de esfuerzos axiales.

Los patines lineales son los SHS 15C, estos patines nos permiten un montaje desde la zona exterior facilitando el montaje de ellos a la mordaza.

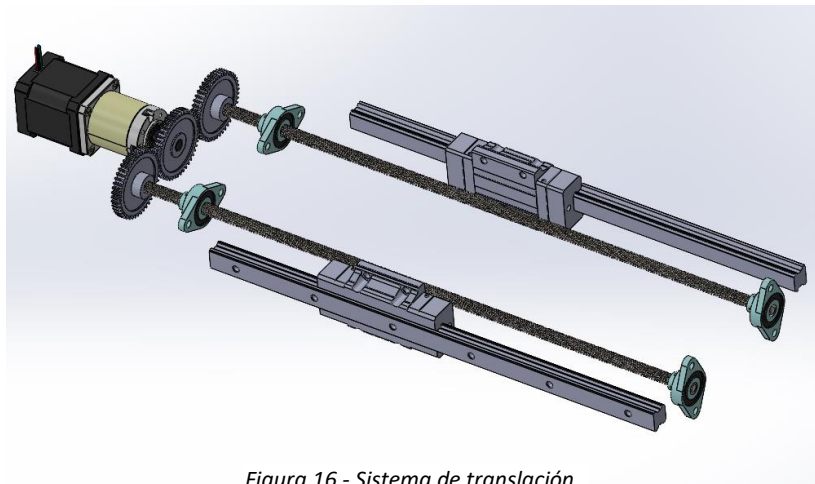


Figura 16 - Sistema de translación

4.2.3 Sistema de control y seguridad

El sistema de control consta de un Arduino programable que permite controlar el desplazamiento. Este nos permite controlar directamente el motor paso a paso, obtener la lectura del sensor de desplazamiento y la lectura del sensor de carga.

Además, está conectado a una pantalla táctil que, mediante una interfaz programada, facilita la interacción humano-máquina, permitiendo la selección del tipo de ensayo que se desea realizar.

Las seguridades son un metacrilato que tamará la zona del ensayo evitando que salgan expulsados hacia el operario restos de la probeta, y la chapa protectora que tamará los engranajes para evitar atrapamientos de las manos u objetos como camiseta, camisa, chaqueta etc.

4.3 Descripción del funcionamiento de la máquina

El funcionamiento del banco de ensayos se rige bajo las normativas pertinentes a cada ensayo la ASTM E328-21 (Ensayo de relajación), la ISO 899-1:2018 (Ensayo de fluencia), la ISO 6721-1:2020 (Ensayo mecánico-dinámico) y bajo la norma ISO 527-2 (Dimensiones de las probetas).

Para comenzar con el ensayo el primer paso a realizar es la preparación de la probeta mediante inyección o mecanizado. Una vez fabricada, se ha de verificar sus dimensiones según la norma ISO 527-2.

Hecho esto, la probeta se ha de posicionar en ambas mordazas. Estas han de sujetarse mediante sus respectivas piezas y apretando ambos tornillos con el par de apriete justo. Evitando así que la probeta quede suelta.

En este punto, la intervención manual termina y pasamos a seleccionar en la pantalla el tipo de ensayo que se ha de realizar, la carga que se desea o la deformación y el tiempo que durara el ensayo.

Una vez realizadas estas operaciones solo queda esperar a que el ensayo termine. Una vez termine se ha de retirar la probeta y analizar los datos obtenidos de carga y desplazamiento a lo largo del tiempo, para generar el informe final del comportamiento del material bajo el ensayo empleado y las condiciones en las que se realiza.

5

Cálculos justificativos

Índice

5.1 Selección de materiales	55
5.1.1 Elementos estandarizados	55
5.1.2 Estructura y mordazas	55
5.2 Cálculo del par de salida y entrada necesarios	57
5.3 Cálculos para el dimensionado del husillo	59
5.4 Cálculo de los engranajes	62
5.5 Cálculo de apriete de los tornillos	65
5.6 Simulación del husillo-tuerca	66
5.7 Simulación de los engranajes	70
5.8 Simulación de la estructura	73
5.9 Simulación de la mordaza 1	76
5.10 Simulación de la mordaza 2	78
5.11 Descripción de los procesos de fabricación	80

5.1. Selección de materiales

El banco de ensayos ha de ser lo más barato posible, sencillo de fabricar y sobre todo fácil de mantener. Esto se consigue escogiendo piezas con un bajo mantenimiento o nulo y de uso extendido. Esta estandarización de las piezas utilizadas minimiza en caso de avería los tiempos de sustitución de dichas piezas, además de rebajar el coste de las mismas.

5.1.1. Elementos estandarizados

En la estructura se utiliza perfilera de aluminio de 30 x 30 frente a un perfil de acero debido a su ligereza, resistencia a la corrosión y la relación entre peso y rigidez, que es mucho mayor, permitiendo realizar estructuras más rígidas con pesos similares. Esta perfilera es muy utilizada en la industria para la realización de las estructuras de las máquinas gracias a las facilidades de montaje que presentan este tipo de perfiles.

Para el husillo se utiliza el TR 8 x 8, comúnmente utilizado en la impresión 3D. Este husillo con un paso de 2 mm fabricado en acero permite la transmisión del par a la mordaza mediante la tuerca. La tuerca la podemos encontrar en bronce o en POM, en nuestro caso se opta por el uso de la tuerca de bronce debido a las solicitaciones que deberá soportar dicha tuerca.

También se utilizan 3 engranajes estandarizados de 45 dientes fabricados en POM que serán los encargados de transmitir el par del motor paso a paso hacia los husillos. Se opta por esta opción y no por fabricarlos nosotros para minimizar los costes evitando la fabricación de un elemento que está estandarizado en el mercado.

En el caso de las seguridades se opta por realizar la tapa de los engranajes mediante una chapa de acero de 0,5 mm de espesor muy utilizada en la industria. Y un metacrilato de 2 mm de espesor utilizado comúnmente para mamparas de protección.

5.1.2. Estructura y mordazas

Para la estructura y las mordazas también se utilizan elementos que no están estandarizados. El diseño de estos elementos hace que la opción más sencilla para la fabricación de estas piezas sea el arranque de material.

Siguiendo la premisa de realizar un banco de ensayos de un cose bajo y con elementos o materiales estandarizados, se encuentran dos materiales utilizados en gran medida en la industria como son las aleaciones de aluminio y de acero.

Dentro de estos dos grupos se buscan materiales que presenten una buena resistencia a la corrosión, buenas propiedades mecánicas y facilidad para ser mecanizado.

Dentro de los aceros encontramos los aceros inoxidable:

El acero inoxidable AISI 316 (UNE: X2CrNiMo17-12-2) una aleación de acero que contiene Carbono – Silicio – Magnesio – Potasio – Azufre – Nitrógenos – Cromo - Níquel y Molibdeno que le otorga una buena resistencia a la corrosión. Este acero presenta una alta resistencia a las temperaturas elevadas, una alta resistencia mecánica, fácil de soldar y facilidad de mecanizado en comparación con otros aceros inoxidables austeníticos.

Acero inoxidable AISI 304 compuesto por Hierro – Manganeso – Carbono – Fósforo – Silicio – Sulfuro – Níquel y Cromo, esta composición lo hace muy resistente a la corrosión y oxidación. Un buen material para trabajar a soldadura o embutición. Presenta buenas propiedades mecánicas, aunque ligeramente menores que el acero AISI 316. Este acero es muy utilizado para la fabricación de piezas como chapas, tuberías, muelles tornillos, placas, material médico e incluso material cotidiano.

Dentro de los aluminios encontramos:

El aluminio 5083 (UNE: L-3321) una aleación de Aluminio – Magnesio (4% - 4,9%) que también contiene Cromo y Magnesio en menores proporciones. Esta aleación es conocida por su buen comportamiento en entornos agresivos gracias a su alta resistencia a la corrosión, presenta una buena soldabilidad con una resistencia mecánica moderada. Es un material muy utilizado en la industria del plástico, naval, aeronáutica y automotriz, en recipientes soldados e instalaciones a la intemperie.

El aluminio 7075 (UNE: L-3710) compuesto de Aluminio – Cinc – Magnesio – Cromo y Cobre, presenta una densidad ligeramente mayor al aluminio 5083, esto repercute en una mayor resistencia mecánica sacrificando ligeramente la resistencia a la corrosión. Este material es adecuado para aplicaciones tales como piezas de aviones, piezas sujetas a un gran desgaste o aplicaciones donde se busque una alta relación entre resistencia y ligereza como ejes de engranajes, partes de misiles y aplicaciones militares.

	Módulo de elasticidad (Mpa)	Límite elástico (MPa)	Densidad (g/cm ³)	Precio (€/kg)
Acero INOX 316	187500	240	8	4
Acero INOX 304	193000	205	7,93	3
Aluminio 5083	71000	145	2,66	3,5
Aluminio 7075	72000	390 - 450	2,8	5

Tabla 10 - Características relevantes de los materiales

Entre estos materiales, se opta por la utilización del aluminio L-3321 debido a su buena relación peso-resistencia y coste bajo. Aunque es cierto que es el material con menor resistencia mecánica esta, es suficiente, siempre que se haga un buen dimensionamiento.

5.2. Cálculo del par de salida y entrada necesarios

Para el cálculo del par de salida necesario en el husillo, se determinan unos parámetros básicos que nos permiten realizar el cálculo. Estos parámetros vienen dados por la carga máxima de los ensayos de 10 kN, y de las especificaciones del husillo, \varnothing 8 mm, 2 mm de paso y un coeficiente teórico para convertir el movimiento rotativo en lineal de 0,1.

Mediante estos datos comenzamos obteniendo el rendimiento del husillo aplicando la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{1 - \mu * \tan \varphi}{1 + \frac{\mu}{\tan \varphi}} \quad (5.1)$$

Sabiendo que el ángulo de hélice lo podemos calcular mediante la siguiente expresión:

$$\tan \varphi = \frac{P}{\pi * d} = \frac{2}{\pi * 8} = 0,0796 \quad (5.2)$$

Se sustituye en la expresión 5.1:

$$\eta = \frac{1 - 0,1 * 0,0796}{1 + \frac{0,1}{0,0796}} = 0,44 \quad (5.1)$$

Obteniendo el rendimiento, ya podemos calcular el par de giro que se debe aplicar al husillo, se obtienen mediante el uso de la siguiente expresión:

$$T_L = \frac{F * P}{2 * \pi * \eta} = \frac{10000 * 2}{2 * \pi * 0,44} = 7,24 \text{ Nm} \quad (5.3)$$

Como en el banco de ensayos realmente se instalarán 2 husillo, este par será aplicado entre ambos husillos, es decir, cada uno de ellos aplicara un par de 3,12 Nm. En cambio, el motor si debe ser capaz de otorgar el par completo de 7,24 Nm a la entrada de ambos husillos.

Una vez calculado el par necesario que ha de suministrar el motor paso a paso para que el sistema funcione correctamente y se puedan realizar los ensayos con cargas de hasta 10 kN, se realizan los cálculos pertinentes para verificar si el motor paso a paso Nema 17 con su reductora planetaria incorporada es capaz de suministrar el par necesario.

El conjunto motor paso a paso y reductora vienen ya instalados conjuntamente y presentan una relación de transmisión de 50,9:1 con un rendimiento de 0,7.

Sabiendo el par de salida necesario se puede obtener el par de entrada a la reductora que será el par que debe transmitir el motor. Este cálculo se realiza mediante la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{1 * T_s}{i * T_e} \quad (5.4)$$

Despejando el par a la entrada obtenemos:

$$T_e = \frac{1 * T_s}{i * \eta} = \frac{1 * 7,24}{50,9 * 0,7} = 0,203 Nm \quad (5.5)$$

Obteniendo así que el par de entrada a la caja reductora será de 0,203 Nm equivalente a 20,32 Ncm, par que vendrá dado por el motor paso a paso.

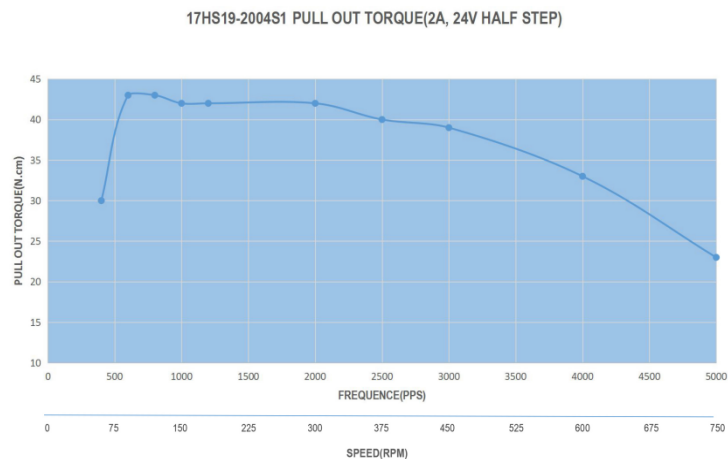


Figura 17 - Gráfica de funcionamiento del motor

Mediante la gráfica de la Figura XVI se observa que el motor paso a paso nema 17 es capaz de transmitir este par sin ningún tipo de problemas y por tanto será utilizado junto a su caja reductora.

5.3. Cálculos para el dimensionado del husillo

Se realizan los cálculos para dimensionar el husillo correctamente sabiendo las características del husillo y que cada uno de ellos ha de soportar 5 kN de carga axial bien sea de compresión como de tracción.

Se empieza realizando el cálculo del esfuerzo cortante producido por la fuerza axial y el par de torsión

La fuerza axial puede ser tanto de tracción como de compresión dependiendo en la forma que trabaje el husillo, en nuestro caso trabajara a compresión y tracción dependiendo del tipo de ensayo. Este esfuerzo, sin tener en cuenta la concentración de esfuerzos causada por los filetes, se distribuye uniformemente y viene dado por la expresión:

$$St = \pm \frac{F}{At} \quad (5.6)$$

Dónde At es:

$$At = \frac{4}{\pi} \left(\frac{dm + dr}{2} \right)^2 = \frac{4}{\pi} \left(\frac{8 + 6}{2} \right)^2 = 38 \text{ mm}^2 \quad (5.7)$$

Sustituyendo en la ecuación 5.6:

$$St = \pm \frac{5000}{38} = \pm 130 \text{ MPa} \quad (5.8)$$

A continuación, se procede a realizar el cálculo del par de torsión, asumiendo que el área del núcleo es igual a el área del círculo generada por el diámetro interior, el esfuerzo cortante máximo ocurre en la periferia de la sección y viene expresada por:

$$Sst = \frac{16 Ts'}{\pi dr^2} = \frac{16 * 4000}{\pi 6^2} = 85 \text{ MPa} \quad (5.9)$$

Considerando ambas solicitaciones, el estado de esfuerzo cortante máximo viene dado por la teoría del esfuerzo cortante máximo o esfuerzo cortante octaédrico/von Mises expresada como:

$$\frac{1}{N} = \left(\frac{St}{Sy} \right)^2 + \left(\frac{Sst}{Sys} \right)^2 \quad (5.10)$$

Sabiendo que Sys = 0,577 x Sy:

$$\frac{1}{N} = \left(\frac{130}{250} \right)^2 + \left(\frac{85}{0,577 * 250} \right)^2 \Rightarrow N = 1,27 \quad (5.10)$$

Se obtiene un factor de seguridad mayor que 1 por tanto no tendremos ningún tipo de problema por los esfuerzos cortantes en el núcleo del husillo.

Acto seguido, se calculan los efectos del cortante en los filetes tanto del husillo como de la tuerca. Este esfuerzo cortante máximo puede calcularse como el esfuerzo promedio, que es igual a la fuerza total que se transmite del tornillo a la tuerca dividida por el área total de la raíz del filete. Por otro lado, se considera el filete como una viga en

voladizo, por ello el esfuerzo cortante máximo será de 1,5 veces el esfuerzo promedio, adaptándose al modelo más conservador.

$$Ssba = \frac{3F}{2Aba} = \frac{3 * 5000}{2Aba} \quad (5.11)$$

Se realiza el cálculo tanto para la tuerca como para el husillo sabiendo que W_i y W_o son coeficientes que dependen del tipo de rosca siendo estos para roscas acmé estándares de 0,77 y 0,63 respectivamente. Además de utilizar un factor nf de 2,63 que simula el comportamiento irregular al aplicar la carga a lo largo de los filetes y las expresiones siguientes:

$$Abah = \pi dr (W_i p) nf = \pi 6 (0,77 * 2) 2,63 = 76,34 \text{ mm}^2 \quad (5.12)$$

$$Abat = \pi d (W_o p) nf = \pi 8 (0,63 * 2) 2,63 = 83,28 \text{ mm}^2 \quad (5.13)$$

Sustituyendo en la ecuación 5.11 se obtienen los valores del cortante en los filetes de:

Husillo: 98,24 MPa

Tuerca: 90,05 MPa

Con un coeficiente de seguridad de:

$$N = \frac{S_{ys}}{Ssba} = \frac{0,577 * S_y}{Ssba} \quad (5.14)$$

Sustituyendo en cada elemento sus respectivos valores obtenemos:

Husillo: 1,47

Tuerca: 2,35

Seguidamente se calcula la flexión en los filetes, estos actúan como vigas en voladizo soportando una carga transversal distribuida, pudiendo fallar por flexión. El máximo esfuerzo normal por flexión se calcula tanto para el husillo como para la tuerca de la siguiente forma:

$$Sflexh = \frac{3Fh}{\pi dr nf (W_i p)^2} = \frac{3 * 5000 * 1}{\pi 6 * 2,63 (0,77 * 2)^2} = 127,58 \text{ MPa} \quad (5.15)$$

$$Sflexh = \frac{3Fh}{\pi d nf (W_o p)^2} = \frac{3 * 5000 * 1}{\pi 8 * 2,63 (0,63 * 2)^2} = 142,94 \text{ MPa} \quad (5.16)$$

Con coeficientes de seguridad que se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$N = \frac{S_y}{Sflex} \quad (5.17)$$

Husillo: 1,96

Tuerca: 2,57

En cuanto al aplastamiento de los filetes, estos soportan una carga de compresión a lo largo y ancho de toda la superficie de contacto debido a la fuerza transmitida del tornillo a la tuerca a través de los

flancos. La carga puede producir deformación plástica si el esfuerzo normal excede la resistencia a fluencia en compresión. Suponiendo que este esfuerzo se distribuye uniformemente se calcula como:

$$S_{ap} = \frac{F}{A_{ap}} = \frac{5000}{66,1} = 75,64 \text{ MPa} \quad (5.18)$$

Donde A_{ap} es el área sometida al aplastamiento:

$$A_{ap} = \pi d m h n f = \pi * 6 * 1 * 2,63 = 66,1 \text{ mm}^2 \quad (5.19)$$

El coeficiente de seguridad se calcula:

$$N = \frac{S_{yc}}{S_{ap}} = \frac{250}{75,64} = 3,3 \quad (5.20)$$

En este caso al ser la carga por aplastamiento igual en la tuerca y el husillo no es necesario calcular el coeficiente de seguridad en la tuerca puesto que este será mayor.

En cuanto al pandeo, puede ocurrir que al aplicar cargas de compresión falle a pandeo con un valor de carga aplicada menor que la capacidad de carga estática.

Por ello se realiza el cálculo de la carga máxima de compresión permitida en el husillo mediante las siguientes ecuaciones:

$$F_{ad} = F_k f_c C = 4545 * 4 * 0,6 / 1000 = 227,21 \text{ kN} \quad (5.21)$$

$$F_k = \frac{\pi^2 E I}{L^2} = \frac{\pi^2 9995 * 63,62 * 10}{L^2} = 94672,77 \text{ N} \quad (5.22)$$

$$I = \frac{\pi d r^4}{64} = \frac{\pi 6^4}{64} = 63,62 \text{ mm}^4 \quad (5.23)$$

Se observa que soporta perfectamente la carga frente al pandeo, siendo la carga máxima aplicable de 227 kN frente a 10 kN que se aplicarán en el ensayo.

Finalmente, visto que el husillo-tuerca soporta correctamente la carga y el momento sin ningún tipo de problemas se realiza el cálculo de la longitud de la tuerca que viene dada por la siguiente expresión:

$$L_t \geq 0,5 d \text{ para roscas Acme con } d \leq 25,4 \text{ mm} \quad (5.24)$$

Obteniendo que la longitud mínima de la tuerca ha de ser de 4 mm por tanto cumplirá correctamente.

5.4. Cálculo de los engranajes

Se realiza el cálculo manual para saber el par máximo que pueden soportar los engranajes estandarizados fabricados en POM. Estos presentan un módulo de 1, diámetro de trabajo de 45 mm y un ancho de diente de 6 mm.

Para ello, se realiza el cálculo a flexión del engranaje considerando que los engranajes giraran a una velocidad muy baja por tanto solamente se realizará el cálculo estático.

Se obtiene la fuerza tangencial admisible mediante la fórmula de Lewis:

$$F_{tan} = m y b \sigma_b \quad (5.25)$$

La tensión permisible a flexión se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma_b = \sigma_B \frac{k_v k_t k_l k_m}{c_s} \quad (5.26)$$

Definidas ambas fórmulas se puede obtener la fuerza tangencial máxima admisible para los engranajes de POM. Para ello es necesario acudir a las siguientes tablas de donde obtendremos los factores (y), el factor (c_s), los factores (k) y la tensión máxima admisible para condiciones estándar (σ_B).

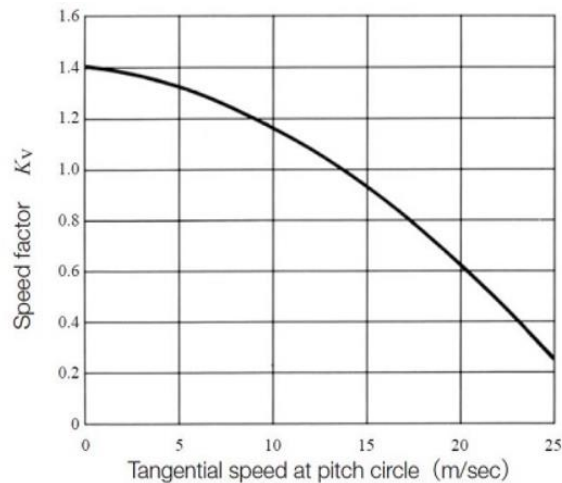


Figura 18 - Factor de velocidad

No. of teeth	Tooth profile factor		
	14.5°	20° Full depth tooth	20° Stub tooth
12	0.355	0.415	0.496
14	0.399	0.468	0.540
16	0.430	0.503	0.578
18	0.458	0.522	0.603
20	0.480	0.544	0.628
22	0.496	0.559	0.648
24	0.509	0.572	0.664
26	0.522	0.588	0.678
28	0.535	0.597	0.688
30	0.540	0.606	0.698
34	0.553	0.628	0.714
38	0.556	0.651	0.729
40	0.569	0.657	0.733
50	0.588	0.694	0.757
60	0.604	0.722	0.774
75	0.613	0.735	0.792
100	0.622	0.757	0.808
150	0.635	0.779	0.830
300	0.650	0.801	0.855
Rack	0.660	0.823	0.881

Figura 19 - Factor de perfil de diente en el punto de paso

Types of load	Daily operating hours			
	24 hrs./day	8~10 hrs./day	3 hrs./day	0.5 hr./day
Uniform load	1.25	1.00	0.80	0.50
Light impact	1.50	1.25	1.00	0.80
Medium impact	1.75	1.50	1.25	1.00
Heavy impact	2.00	1.75	1.50	1.25

Figura 20 - Factor de trabajo

Lubrication	K_L
Initial grease lubrication	1
Continuous oil lubrication	1.5 - 3.0

Figura 21 - Factor de lubricación

Material combination	K_M
Duracon with metal	1
Duracon with duracon	0.75

Figura 22 - Factor del material

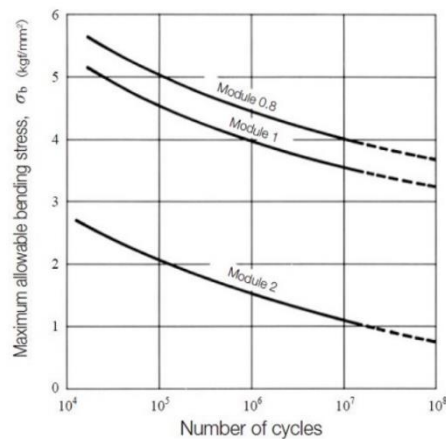


Figura 23 - Máxima carga a flexión bajo condiciones estándares.

Fig. 11.5 Temperature factor, K_T

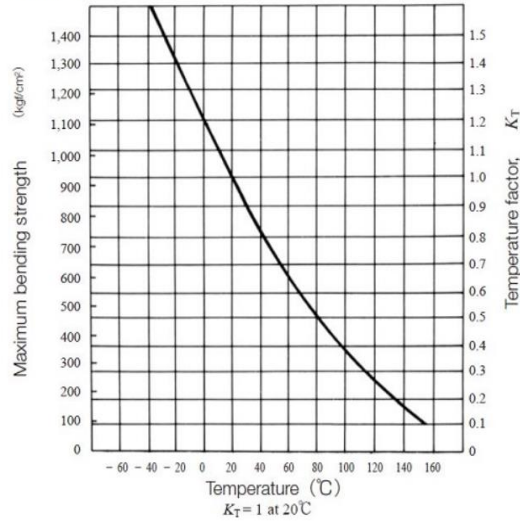


Figura 24- Factor de temperatura

Aplicando dichos factores en la fórmula 5.26 se obtiene:

$$\sigma_b = 4 * \frac{1,4 * 0,9 * 1 * 0,75}{1,25} = 3,014 \text{ kgf/mm}^2 \quad (5.26)$$

Sustituyendo en la expresión 5.25:

$$F_{tan} = 1 * 0,657 * 6 * 3,024 = 11,92 \text{ kgf} \quad (5.25)$$

Por tanto, el par máximo se obtiene aplicando:

$$P_{max} = F_{tan} D_e = 11,92 * 45 = 536,43 \text{ kgfmm} \quad (5.27)$$

Este par máximo obtenido equivale a 5,26 Nm, en el caso de los engranajes, entra un par al engranaje central aproximadamente de 8 Nm que se divide en los dos engranajes conectados a los husillos en 4 Nm. Por tanto, cumple con un factor de seguridad de 1,25.

5.5. Cálculo de apriete de los tornillos

Al tratarse de aluminio el material donde se alojan los tornillos, se decide realizar el cálculo del par de apriete para no deformar el aluminio.

Los tornillos utilizados como ejemplo serán M6 con un paso de 1 mm, fabricados en acero. Roscarán en aluminio 5083 que tiene un límite elástico de 145 MPa. Utilizando un factor de apriete de 0,14 (norma VDI 2230).

Este cálculo se realiza mediante la utilización de tres expresiones simplificadas. Primero se calcula la sección efectiva:

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\pi}{4} * (d - 0,938194 * P)^2 = \\ &= \frac{\pi}{4} * (6 - 0,938194 * 1)^2 = 20,12 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (5.28)$$

A continuación, se calcula la precarga:

$$FM = 0,9 * R_p * A_s = \frac{0,9 * 145 * 20,12}{1000} = 2,63 \text{ kN} \quad (5.29)$$

Y finalmente el par de apriete:

$$MA = K * d * FM = 0,14 * 6 * 2,63 = 2,21 \text{ Nm} \quad (5.30)$$

Con esto obtenemos que los 4 tornillos M6 que sujetan la probeta a las mordazas han de apretarse como máximo a 2,21 Nm.

Mediante el uso de estas fórmulas, con ayuda de Excel, se realizan los cálculos para el par de apriete de toda la tornillería empleada en el banco de ensayos recogida la *tabla 11* a modo de resumen.

Tornillo	Apriete (N m)
M2 x 0,4	0,08
M3 x 0,5	0,28
M4 x 0,7	0,64
M5 x 0,8	1,3
M6 x 1	2,21
M16 x 2	45,8

Tabla 11 - Tabla de aprietes para tornillos en Aluminio 5083

5.6. Simulación del husillo-tuerca

El conjunto husillo-tuerca al ser un elemento estandarizado se decide realizar una simulación mediante el programa ANSYS Workbench 2023, para verificar el funcionamiento del conjunto.

El objetivo de esta simulación es comprobar que el dimensionado de la tuerca-husillo es correcto. Por ello, se simula una situación hipotética desfavorable en la cual el husillo esta fijo, sin movimiento, y en la tuerca se ejerce una fuerza equivalente a 5 kN en dirección axial respecto al husillo-tuerca que deberá aguantar como mínimo cada husillo-tuerca.

Lo primero a realizar para esta simulación es la selección de los materiales en ANSYS, para el husillo se le aplica un acero estructural y en el caso de la tuerca el bronce C37700.

Una vez introducidos los materiales, pasamos al módulo de contactos de ANYS y especificamos que el contacto entre la tuerca y el husillo es friccional con un coeficiente de 0,15.

El mallado se refina ligeramente en los puntos que interfieren de mayor carga, obteniendo un valor medio de la malla de 0,66 con 45551 nodos y un error estructural máximo de 0,010 mJ, como se observa en la *Figura XVII*.

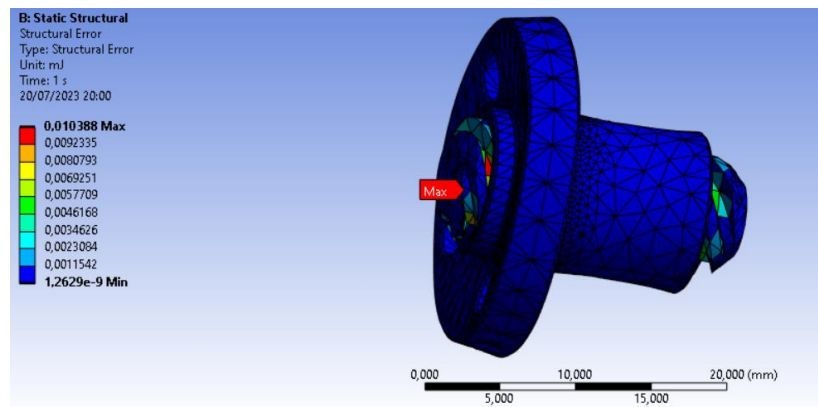


Figura 25 - Error estructural husillo-tuerca

La carga máxima del conjunto aparece en la tuerca y es de 217,4 MPa, tal y como esperábamos. Al estar el husillo fijo la máxima carga aparece en la zona y dirección de aplicación de la fuerza. Esta carga se sitúa en la zona central de la tuerca y en la más próxima al husillo.

La carga máxima que aparece en el husillo es de 164,97 MPa y se genera en la zona de los filetes sobre todo en las zonas de los extremos debido a su restricción de movimiento.

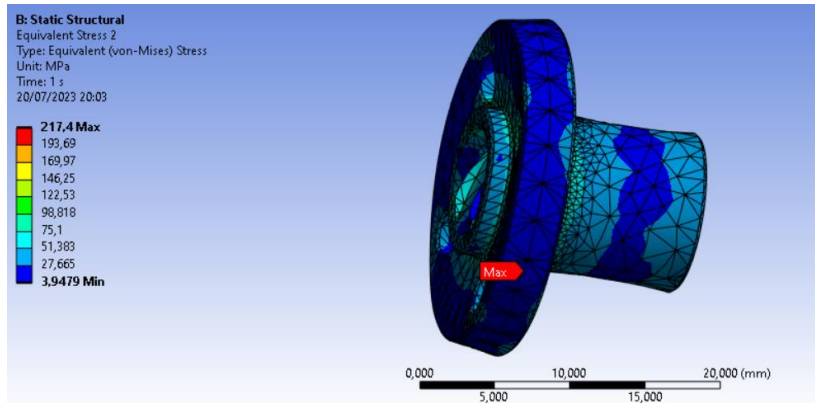


Figura 26 - Tensión equivalente (Von-Mises) en la tuerca

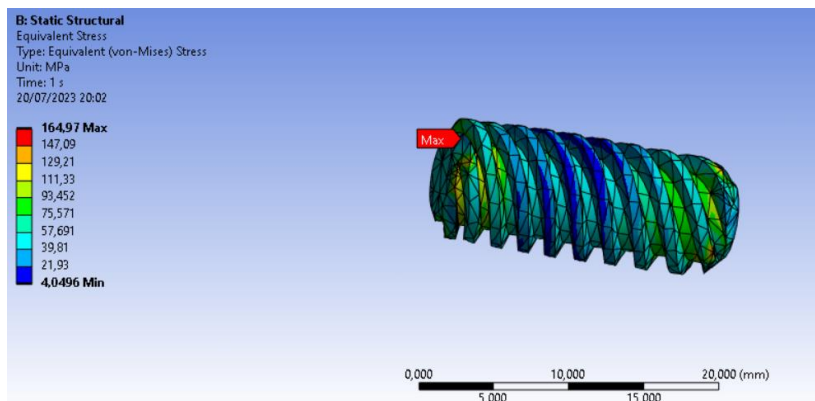


Figura 27 - Tensión equivalente (Von-Mises) en el husillo

La máxima deformación se encuentra en la zona exterior de la tuerca como es de esperar, debido a la zona de aplicación de la fuerza, esta es de 0,01 mm. Deformación que no afectara al resultado del ensayo.

Finalmente, de la simulación se obtiene como resultado que el conjunto husillo-tuerca en su totalidad presenta un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5 y un máximo de 15. Siendo la zona de los filetes de husillo y la zona central de la tuerca las más críticas del conjunto.

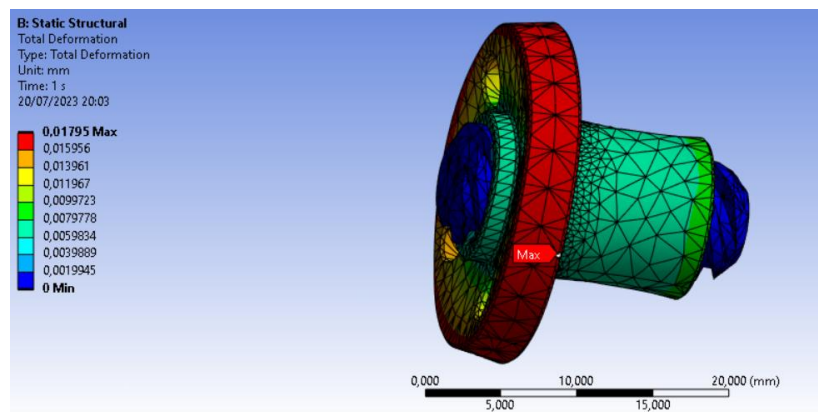


Figura 28 - Deformación total husillo-tuerca

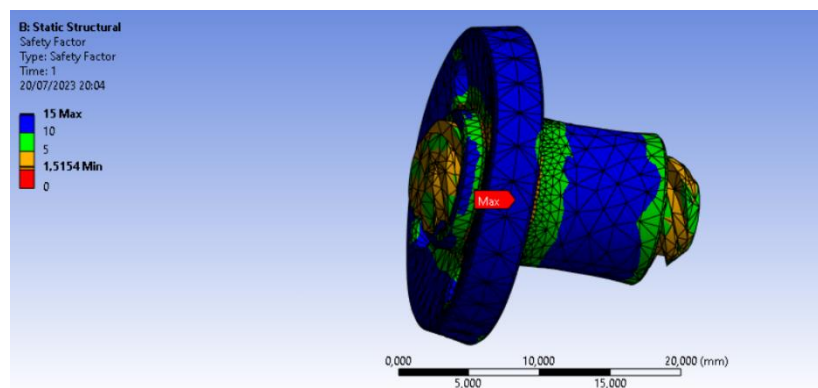


Figura 29 - Factor de seguridad husillo-tuerca

También se añaden algunos resultados interesantes entre el contacto husillo-tuerca como el estado, que indica que puntos del husillo trabajan a tracción y cuales a compresión. La penetración que nos indica la zona más crítica con mayor error de cálculo. El gap que nos indica la separación que hay. Y la presión ejercida en el husillo debido a la carga, la máxima existente es de 123,41 MPa siendo la dureza máxima del material de unos 490 MPa tampoco supondrá ningún problema.

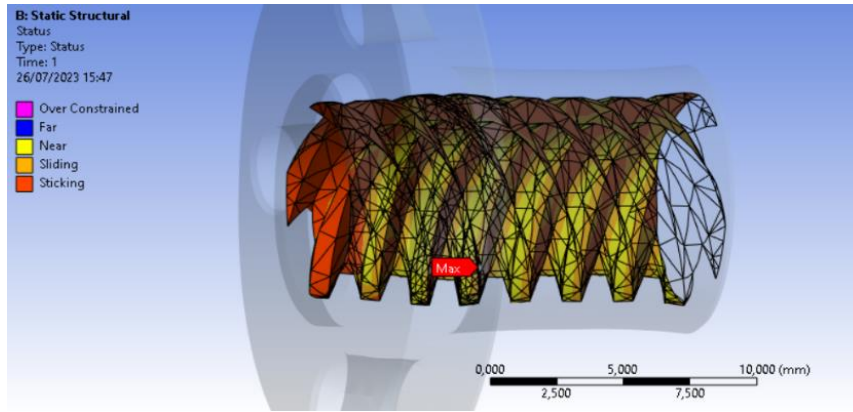


Figura 30 - Estado del contacto husillo-tuerca

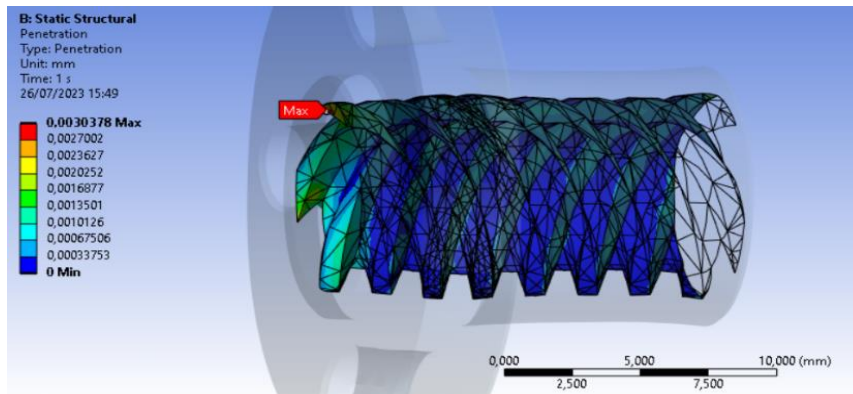


Figura 31 - Penetración contacto husillo-tuerca

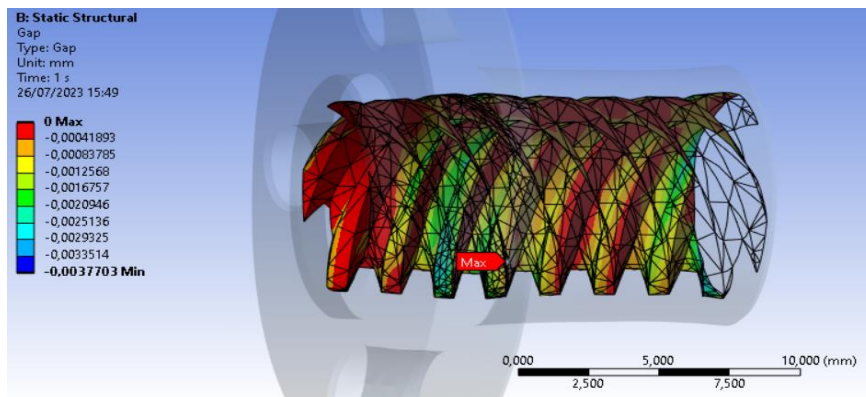


Figura 32 - Gap contacto husillo-tuerca

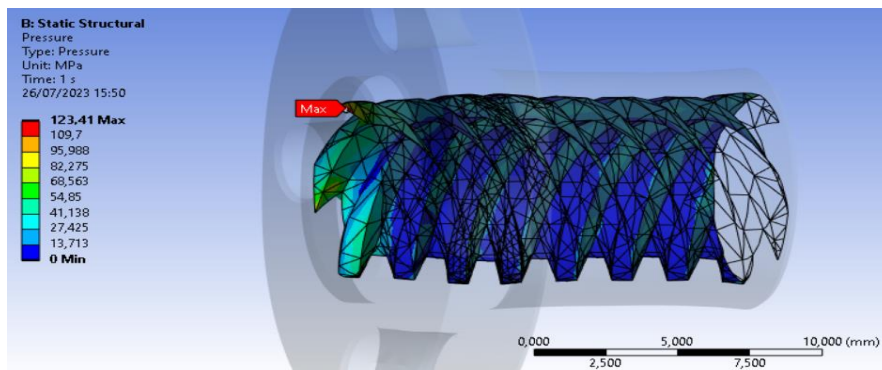


Figura 33 - Presión entre el contacto husillo-tuerca

5.7. Simulación de los engranajes

Esta simulación se realiza para observar el comportamiento de los engranajes fabricados en POM. Estos podrían ser el punto débil de toda la transmisión al ser el material que presenta menor resistencia mecánica.

La simulación se realiza simplificando el sistema. Se simula el funcionamiento de dos engranajes fabricados en POM que han de soportar un momento generado por el motor paso a paso. Al realizar la simulación con dos engranajes el valor del momento es el aplicado por uno de los husillos, es decir, de 3,12 Nm utilizando en la simulación un valor de 4 Nm.

Lo primero a realizar es introducir los datos del POM en ANSYS ya que este material no viene en su base de datos. Por ello se introducen las características mecánicas del POM basándonos en la ficha del ABS en el ANSYS.

Una vez introducido se procede a generar la geometría 3D y los contactos. Como se observa en el funcionamiento, entre ambos engranajes siempre contactan tres dientes a la vez. Los contactos generados son sin fricción, que, aunque no sea real al 100%, para el alcance de la simulación es suficiente simulando el comportamiento correctamente.

La malla se realiza de manera automática al intentar realizar mejoras, estas realmente no modifican significativamente el error, en cambio sí aumentan los nodos de cálculo y por tanto se decide simular con la malla automática. Dejando la malla con una media de 0,60 y un error estructural de 0,07 mJ.

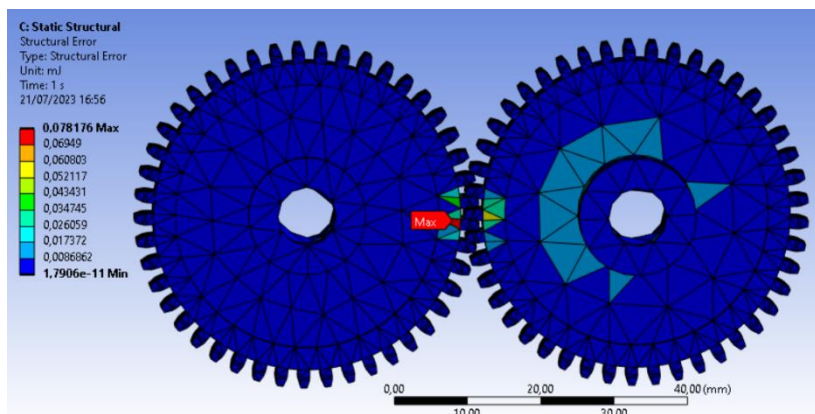


Figura 34 - Error estructural engranajes

En cuanto a las fuerzas y restricciones se aplican un soporte cilíndrico con el movimiento libre de rotación para uno de los engranajes y en el otro un soporte fijo en el cilindro el cilindro acoplado al eje por la zona exterior limitando todos sus movimientos. También se le aplica al engranaje libre un momento de 4 Nm.

Los resultados obtenidos nos dan un coeficiente de seguridad mínimo de 2,14 que aparece en la zona crítica de contacto entre dientes, así como la tensión máxima que es de 34,92 Mpa y una deformación total de 0,1 mm.

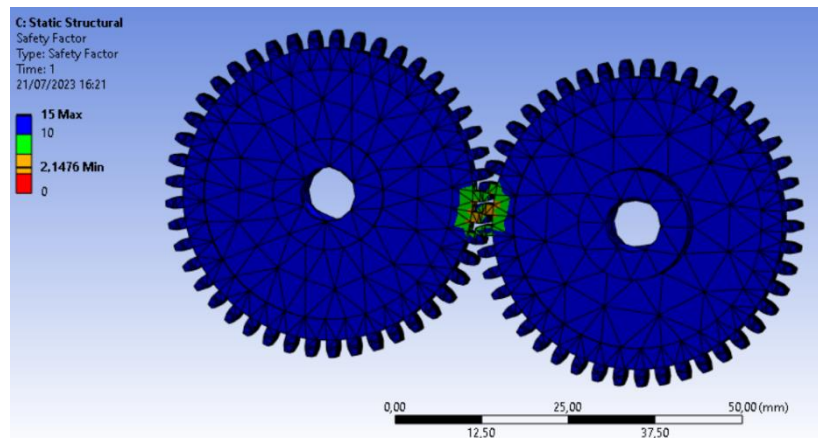


Figura 35 - Factor de seguridad engranajes

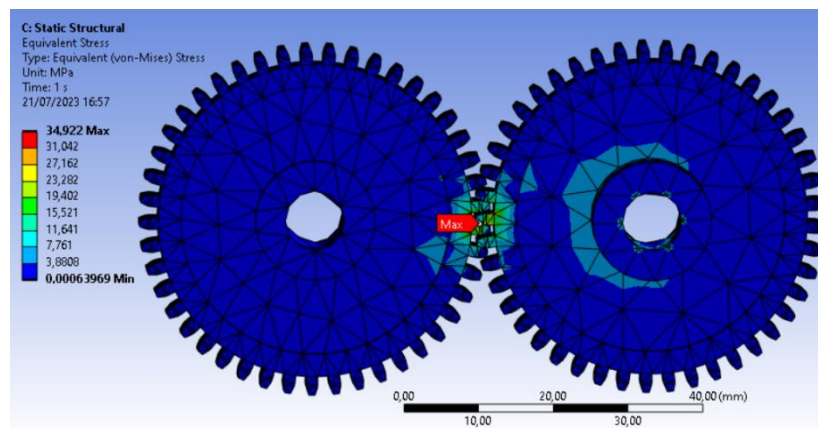


Figura 36 - Tensiones equivalentes (Von-Mises) engranajes

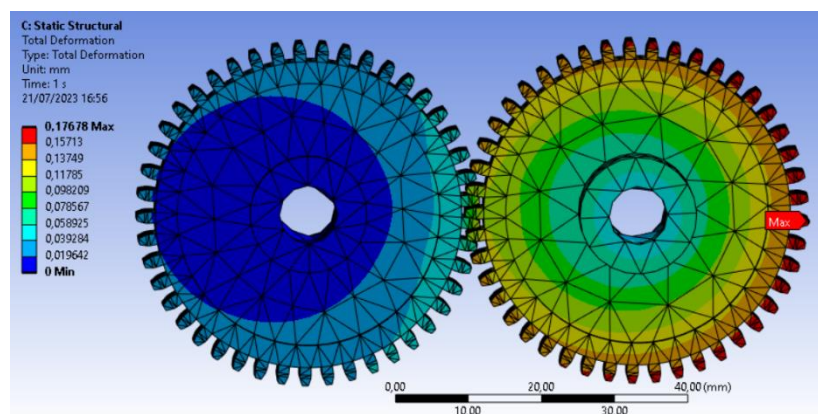


Figura 37 - Deformación total engranajes

Igual que en el estudio anterior al tratarse de dos piezas en contacto es interesante añadir el estudio de contacto. Por ello, se añaden también el estudio del estado de los contactos, la penetración que en este caso es un poco más alta debido al mallado. El gap entre ambos

contactos y finalmente, la presión máxima que es de 37,49 Mpa, siendo la máxima para el POM de 150 Mpa, cumpliría sin problemas.

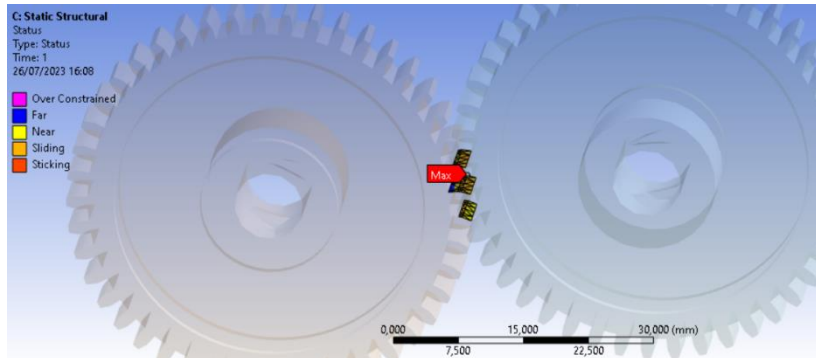


Figura 38 - Estado de los contactos entre engranajes

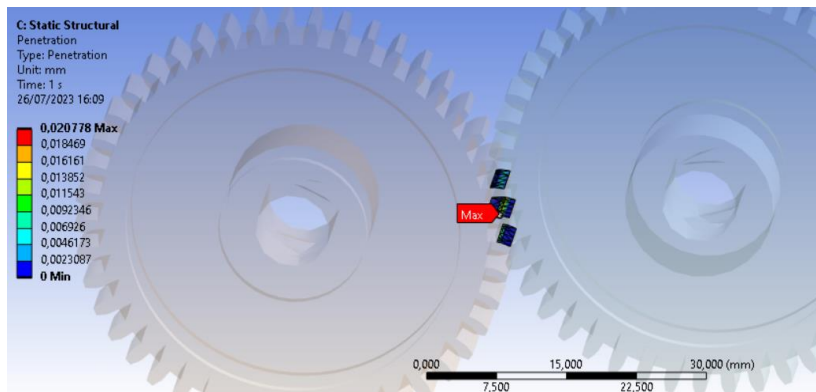


Figura 39 - Penetración de los contactos entre engranajes

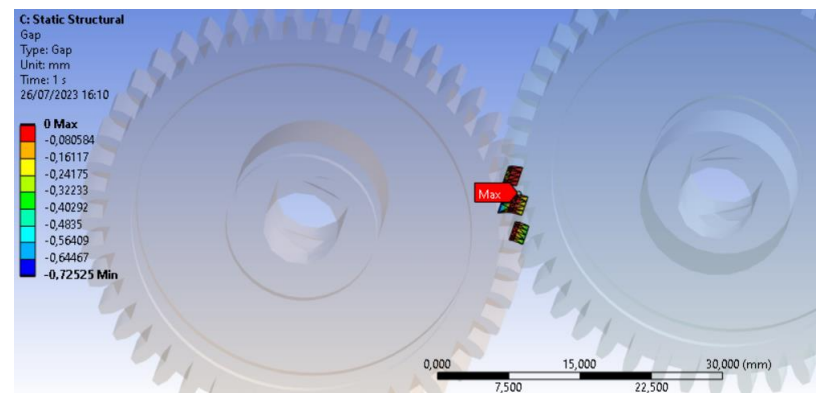


Figura 40 - Gap de los contactos entre engranajes

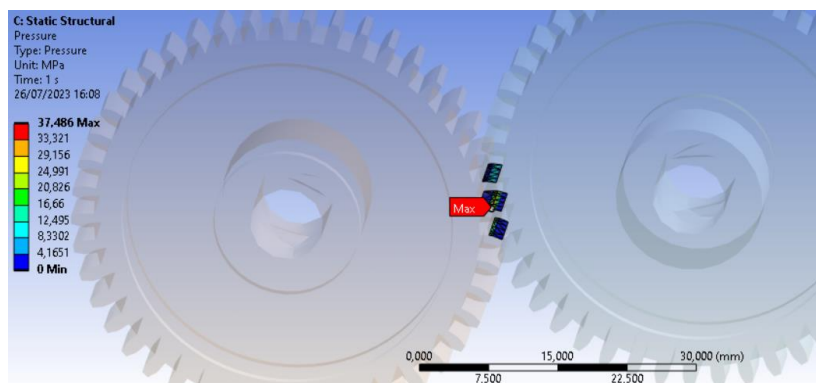


Figura 41 - Presión de los contactos entre engranajes

5.8. Simulación de la estructura

La simulación de la estructura es la más importante de todas, el funcionamiento de la máquina depende en gran medida de un buen dimensionamiento de la estructura para evitar deformaciones excesivas que puedan interferir en los ensayos.

La estructura se realiza mediante el uso de perfilera de aluminio, estos perfiles presentan geometrías huecas en el interior que son muy complejas de mallar.

Para comenzar, se simplifico el comportamiento de la estructura lo máximo posible eliminando toda la tornillería innecesaria que dificultaba la simulación. Una vez preparada la geometría, se introduce el aluminio 5083 en ANSYS a partir de la ficha estándar de las aleaciones de aluminio presente en ANSYS.

Los contactos de esta simulación se simulan como soldados para simplificar a efectos de la simulación toda la tornillería existente en la estructura.

Para esta simulación las cargas introducidas son tanto el momento generado en el soporte del motor como la carga del propio ensayo de 10 kN en la zona del sensor de carga.

Las restricciones utilizadas son un soporte fijo en ambas caras cilíndricas del alojamiento de los husillos situadas en el soporte de la zona del motor.

En el mallado se generan algunas dificultades debido a la perfilera de aluminio. Para solucionarlo se utiliza la herramienta de topología virtual en los huecos centrales del perfil, además de un método automático y un tamaño de 10 mm para la malla de ambos perfiles. Y un refinado de las aristas de la zona del sensor que son las que presentan un mayor error de cálculo. El mallado obtenido no es de excesiva calidad, pero al realizar las simulaciones con una licencia de estudiante el máximo de nodos que podemos utilizar para el cálculo es de unos 128000 y en la simulación existen 126589 nodos, sin margen de mejora. La malla de peor calidad se genera en los perfiles de aluminio por su compleja geometría.

Una vez aplicados estos ajustes, se obtienen los resultados siguientes:

La tensión máxima equivalente es de 101,97 MPa situada en toda la zona central del sensor de carga. Esta tensión no es tan alarmante ya que se genera debido al cambio de geometría en esa zona, en la zona de alrededores esta tensión baja y por tanto cuando se monte el conjunto entero se comportará correctamente.

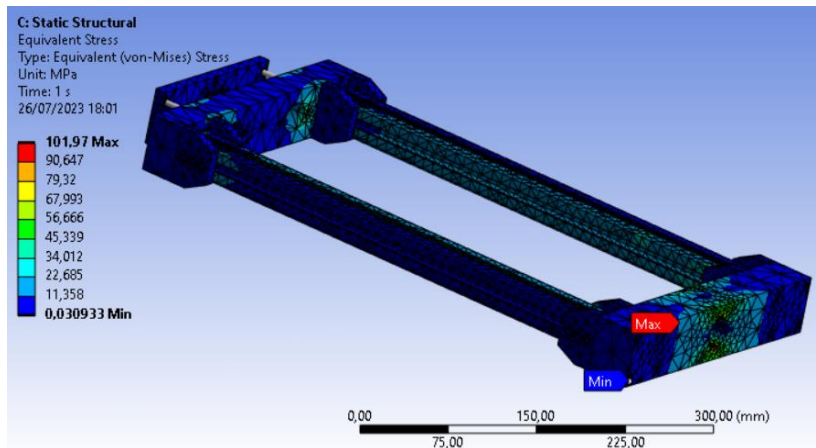


Figura 42 - Tensión equivalente (Von-Mises) estructura

El error se minimiza lo máximo posible ajustándonos al máximo de nodos que nos permite calcular el ANSYS, aun así, este es de 0,27 mJ y aparece en la zona del alojamiento del husillo debido al cambio de geometría.

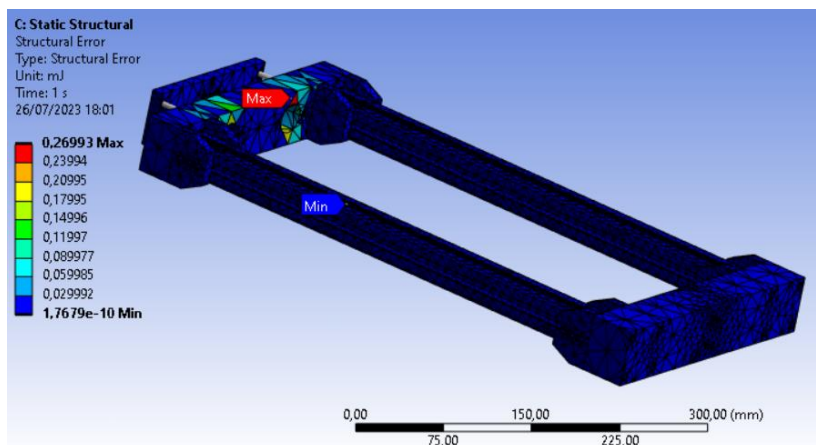


Figura 43 - Error estructural de la estructura

La deformación máxima se encuentra en la zona de aplicación de la carga y esta es de 0,22 mm debido a la carga la estructura tiende a arquearse, esta deformación se verá minimizada una vez se monten las guías y las mordazas que le darán mayor rigidez a los perfiles de aluminio.

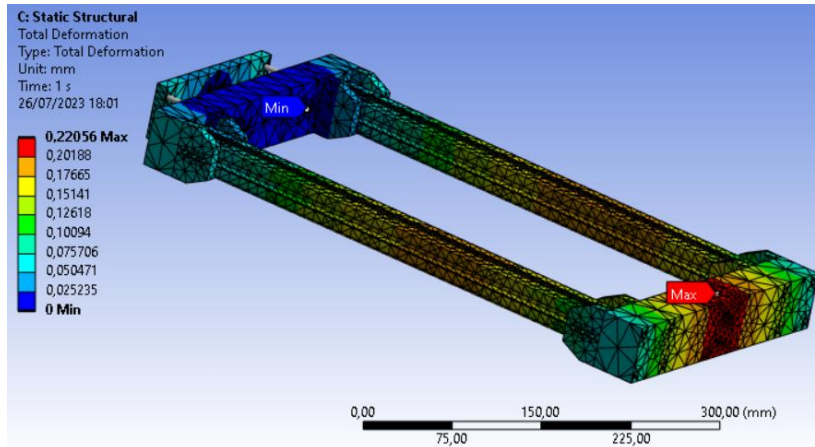


Figura 44 - Deformación máxima estructura

En cuanto al factor de seguridad, el mínimo que aparece en la estructura es de 1,42 y aparece en la zona de aplicación de la fuerza debido a fuerza de 10 kN, pero realmente el factor que aparece a lo largo de toda la estructura es de un valor mínimo de 2. Este factor mínimo aparece en los dos puntos, superior e inferior del alojamiento del hueco del sensor de carga, como se comenta antes una vez se monte el conjunto ese comportamiento se minimizará aumentando así el factor de seguridad.

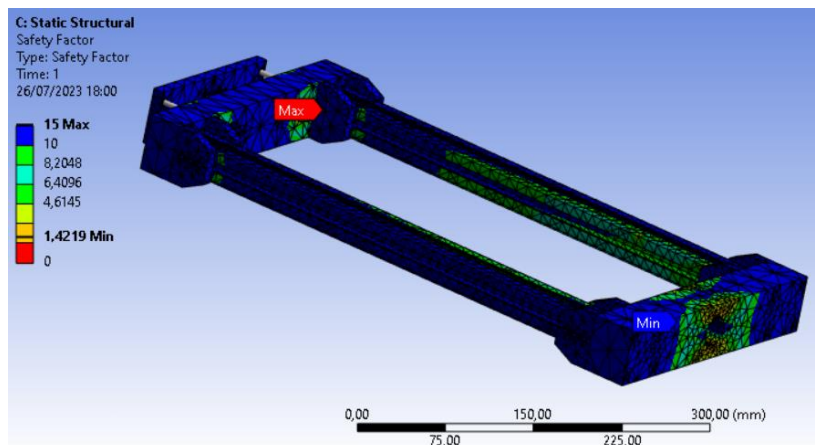


Figura 45 - Factor de seguridad de la estructura

5.9. Simulación de la mordaza 1

La mordaza también es una de las piezas importantes para el funcionamiento del banco de ensayos a fluencia.

La simulación realizada para la mordaza 1 es sencilla, una simulación en la que los costados de la mordaza permanecen fijos y en la zona de alojamiento de la probeta se aplica una carga de 10 kN en dirección contraria al movimiento de la mordaza.

Mediante esta simulación se dimensiona la geometría de la tapa superior para minimizar el efecto cortante existente en la tornillería. La simulación realizada con anterioridad, con una geometría simple, presentaba un coeficiente de seguridad mucho más bajo y por ello se decide cambiar su diseño.

Los contactos generados se definen como soldados todos excepto el contacto entre la tapa superior y la parte inferior de la mordaza que se define como sin fricción con tal de simplificar la simulación.

La malla se genera automáticamente y se le aplica un afinado en ambos alojamientos para la tornillería de la tapa superior. También se sitúan ambos tornillos como vigas para estos presentan una fuerza axial de unos 308 N en ambos.

La tensión máxima equivalente obtenida es de 128,06 MPa y esta se genera en la zona interior del alojamiento del tornillo debido al mallado, en el resto de zonas es significativamente más baja.

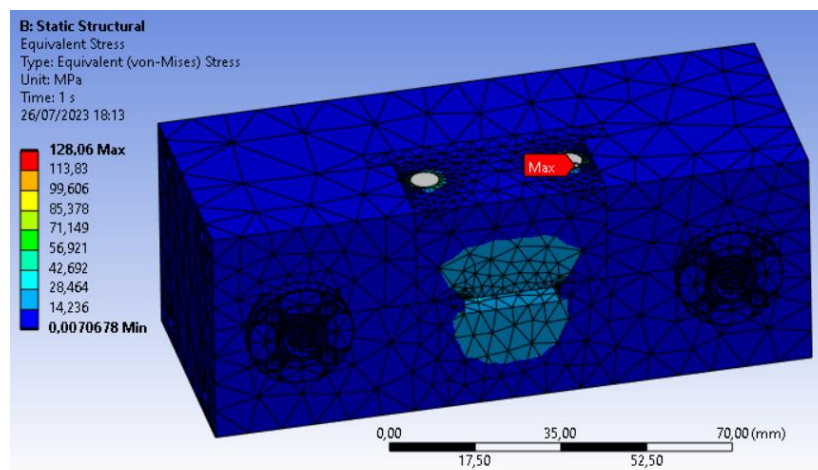


Figura 46 - Tensión equivalente (Von-Mises) mordaza 1

En cuanto a la deformación máxima esta es de 0,02 mm. Se encuentra situada en la zona del alojamiento de la probeta y es debido a que esta es la zona de aplicación de la carga. El factor mínimo de seguridad es de 3,7, este también se sitúa en la zona de alojamiento de la probeta, como se puede observar, las simulaciones resaltan que la zona crítica de la mordaza se encuentra en la zona de la probeta como era de esperar.

El error de la malla es de 0,09 mJ un error que es bajo y no afectará al cálculo.

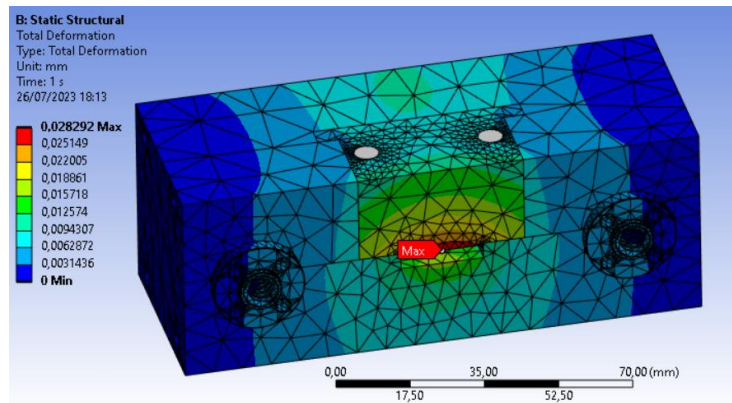


Figura 47 - Deformación máxima de la mordaza 1

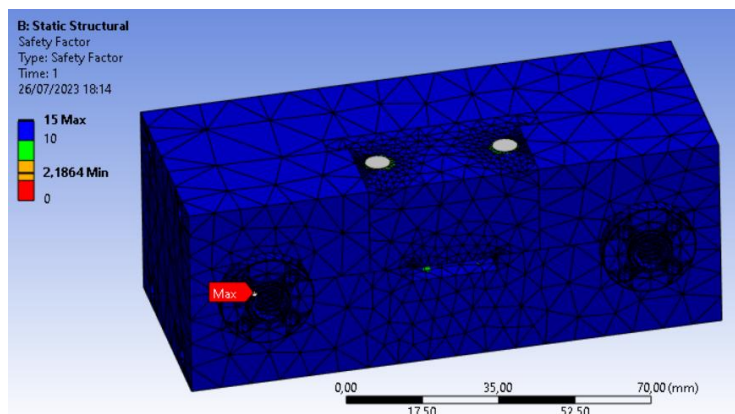


Figura 48 - Factor de seguridad mordaza 1

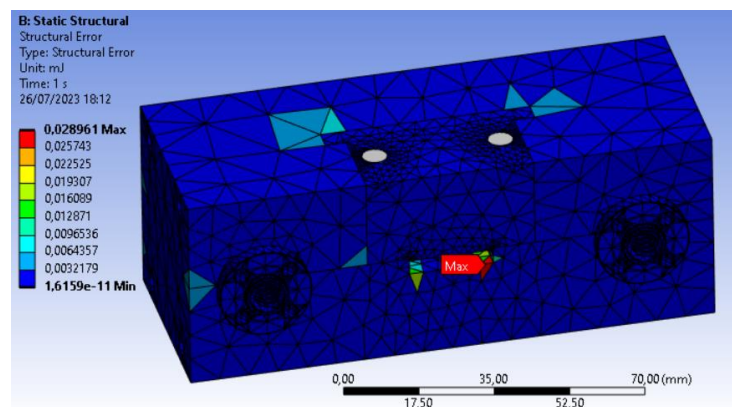


Figura 49 - Error de cálculo mordaza 1

5.10. Simulación de la mordaza 2

La mordaza 2 se diseña con una geometría peculiar, debido a los resultados de la simulación de la mordaza 1. Esta geometría minimiza el efecto cortante en ambos tornillos de la tapa superior, haciendo que el factor de seguridad de ambas mordazas aumente significativamente.

En la simulación de la mordaza 2, se procede similar que a la simulación anterior (mordaza 1), la carga aplicada es de 10 kN en la dirección opuesta. La fijación en este caso se encuentra en el sensor de carga, en su parte posterior, y también se generan dos vigas que harán la función de tornillos.

Las conexiones se simulan todas como soldadas excepto la de la tapa superior con la parte inferior de la mordaza.

La malla generada automáticamente se modifica ligeramente mediante un refinado en las caras más críticas como el hueco de los tornillos y en la geometría en contacto con el sensor de carga. Obteniendo así una malla de 71270 nodos con una calidad media de 0,7.

La tensión equivalente máxima que aparece es de 113,89 MPa, aparece en la zona de aplicación de la carga es decir el hueco de alojamiento de la probeta.

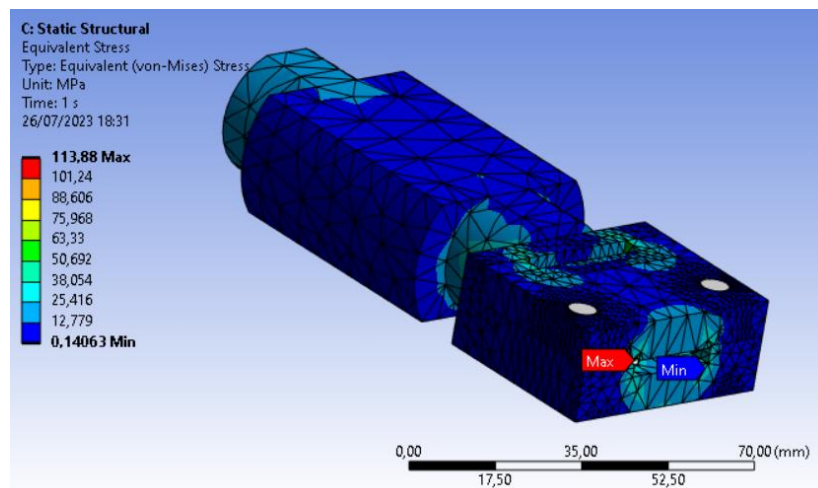


Figura 50 - Tensión equivalente (Von-Mises) mordaza 2

El error estructural se minimiza hasta 0,03 mJ obteniendo una deformación máxima de 0,03 mm y un factor de seguridad mínimo de 2,4.

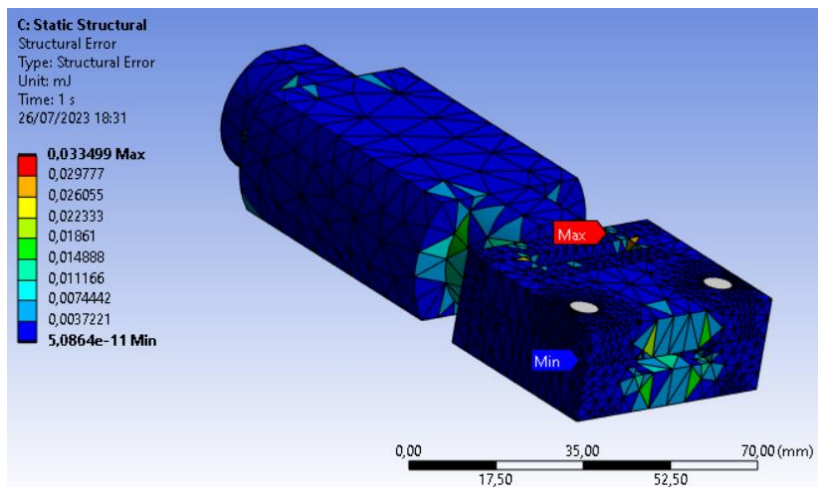


Figura 51 - Error estructural mordaza 2

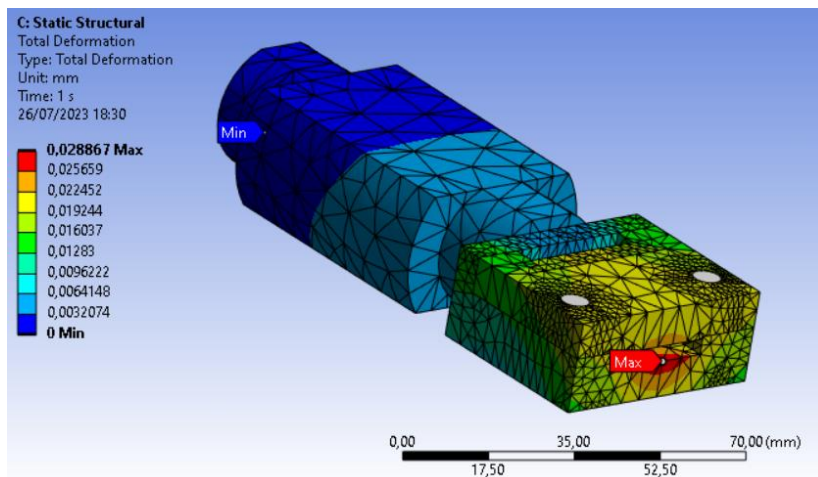


Figura 52 - Deformación máxima mordaza 2

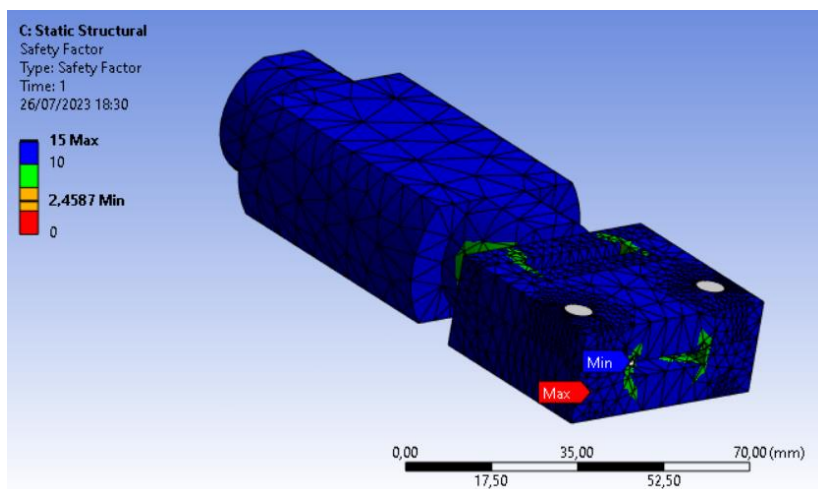


Figura 53 - Factor de seguridad mordaza 2

5.11. Descripción de los procesos de fabricación

En este apartado se hará una descripción justificativa de los procesos de fabricación para las diferentes piezas del banco de ensayos a fluencia. Para el planteamiento de estos procesos se ha partido de la premisa de que el banco de ensayos sea fácil de fabricar, por tanto, estos procesos han de ser realizables en cualquier taller que disponga de maquinaria de arranque de material de bajo coste. Esto le proporciona una gran versatilidad a la hora de su fabricación, permitiendo su fabricación incluso en un taller particular y reducción de costes de fabricación.

La simplicidad de las piezas del banco de ensayos nos permite su fabricación por el método de arranque de viruta, bien sea empleado tornos, fresadoras o taladros de columna. Esto facilita su fabricación en el taller existente de la universidad. Además, para la fabricación de los elementos de seguridad como la tapa de los engranajes o el metacrilato se pueden fabricar fácilmente. En el caso de la chapa mediante doblado y en el metacrilato, igual que en los tacos, simplemente habría que hacer las roscas para las bisagras.

En el mecanizado por arranque de material, existen dos parámetros fundamentales para la fabricación de piezas y durabilidad de las herramientas, estos son la velocidad de avance y la velocidad de corte. La velocidad de corte se calcula en función del material que se va a mecanizar, en cambio la velocidad de avance viene dada por el material del filo de la herramienta y la velocidad de corte. Por esta razón se definirá el avance unitario mediante el cual se podrá calcular la velocidad de avance en caso de mecanizar en maquinaria CNC.

Material	v_c (m/min)		a_c (mm)
	Acero rápido	Carburo	
Aluminio 5083	75 - 400	150 - 1000	0,2

Tabla 12 - Parámetros de corte

Para el caso de las máquinas de herramientas convencionales sin control numérico, las velocidades de corte y avance se consiguen de la siguiente manera:

Velocidades de corte: Se asigna la velocidad de giro del cabezal de la máquina consultando las tablas que relacionan la velocidad de giro en rpm con la velocidad de corte en m/min.

Velocidades de avance: Esta servirá de valor orientativo al operario ya que se tratan de máquinas de herramientas manuales. Pues este trabajara según su experiencia para obtener un buen acabado de fabricación equilibrado con la celeridad.

6

Presupuesto

Índice

6.1 Análisis de viabilidad

84

Materiales			
Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Husillo T8 x 8 con tuerca 500 mm	2	6,81 €	13,62 €
Cojinete KFL08	4	0,88 €	3,52 €
Motor paso a paso 17HS19-1684S-PG51	1	42,35 €	42,35 €
Engranajes RS PRO 5217607	3	4,86 €	14,58 €
Patín lineal SHS 15C	2	101,50 €	203,00 €
Raíl de 15 mm x 340 mm	2	94,34 €	188,68 €
Celula de carga 10kN	1	38,99 €	38,99 €
Sensor de desplazamiento	1	31,21 €	31,21 €
Perfil de aluminio 30 x 30 x 1200	1	18,01 €	18,01 €
Perfil de aluminio en forma de L 30 x 30 x 1000 (15)	1	10,79 €	10,79 €
Plancha de aluminio de 2000 (150) x 1000 (100) x 5	1	27,50 €	27,50 €
Plancha de aluminio de 2000 (700) x 1000 (400) x 10	1	55,00 €	55,00 €
Plancha de aluminio de 3020 (600) x 1520 (200) x 30	1	378,75 €	378,75 €
Plancha de aluminio de 3020 (300) x 1520 (100) x 40	1	505,00 €	505,00 €
Tocho de aluminio Ø50 x 1000 (56)	1	18,27 €	18,27 €
Metacrilato 500 x 250 x 2	1	5,19 €	5,19 €
Plancha de acero galvanizado 500 x 250 x 0,5	1	9,29 €	9,29 €
Bisagras	2	1,34 €	2,68 €
Patas regulables	4	6,85 €	27,40 €
TOTAL			1.593,83 €
Tornillería			
Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
M2 x 4 DIN912	4	0,26 €	1,04 €
M3 x 8 DIN912	8	0,06 €	0,48 €
M3 x 8 DIN7991	4	0,07 €	0,28 €
M3 x 5 DIN912	8	0,04 €	0,32 €
M4 x 16 DIN912	4	0,04 €	0,16 €
M5 x 50 DIN912	16	2,29 €	36,64 €
M5 x 10 DIN912	8	0,04 €	0,32 €
M5 x 45 DIN912	12	0,07 €	0,84 €
M6 x 20 DIN912	2	0,05 €	0,10 €
M6 x 35 DIN912	2	0,09 €	0,18 €
M16 x 35 DIN912	1	0,60 €	0,60 €
M5 ISO4034	36	1,94 €	69,84 €
M5 x 1000 (1104) DIN 976	2	2,24 €	4,48 €
Tornillería	1	30,00 €	30,00 €
TOTAL			145,28 €
Mano de obra			
Descripción	Horas	Precio hora (€/hora)	Total (€)
Desarrollo mecánico	80	20,00 €	1.600,00 €
Diseño 3D	80	20,00 €	1.600,00 €
Delineado de planos	30	20,00 €	600,00 €
Mecanizado de piezas	30	35,00 €	1.050,00 €
Redacción del proyecto	140	15,00 €	2.100,00 €
Montaje	20	12,00 €	240,00 €
TOTAL			7.190,00 €
Coste del proyecto			8.929,11 €

6.1 Análisis de viabilidad

Este banco de ensayos a fluencia para polímeros se ha diseñado desde el primer instante para que sea sencillo de fabricar. Por ello su fabricación es totalmente viable, incluso en talleres con maquinaria de arranque de material antigua. La mayoría de los componentes se pueden obtener con gran facilidad al ser estandarizados y los que se han de fabricar presentan un diseño sencillo, posible de mecanizar en cualquier taller con torno y fresadora.

En cuanto a la viabilidad económica, partimos de que la fabricación de un equipo es de un coste de 8929,11 € un precio que es bajo en comparación con los precios que podemos encontrar en los bancos de la competencia.

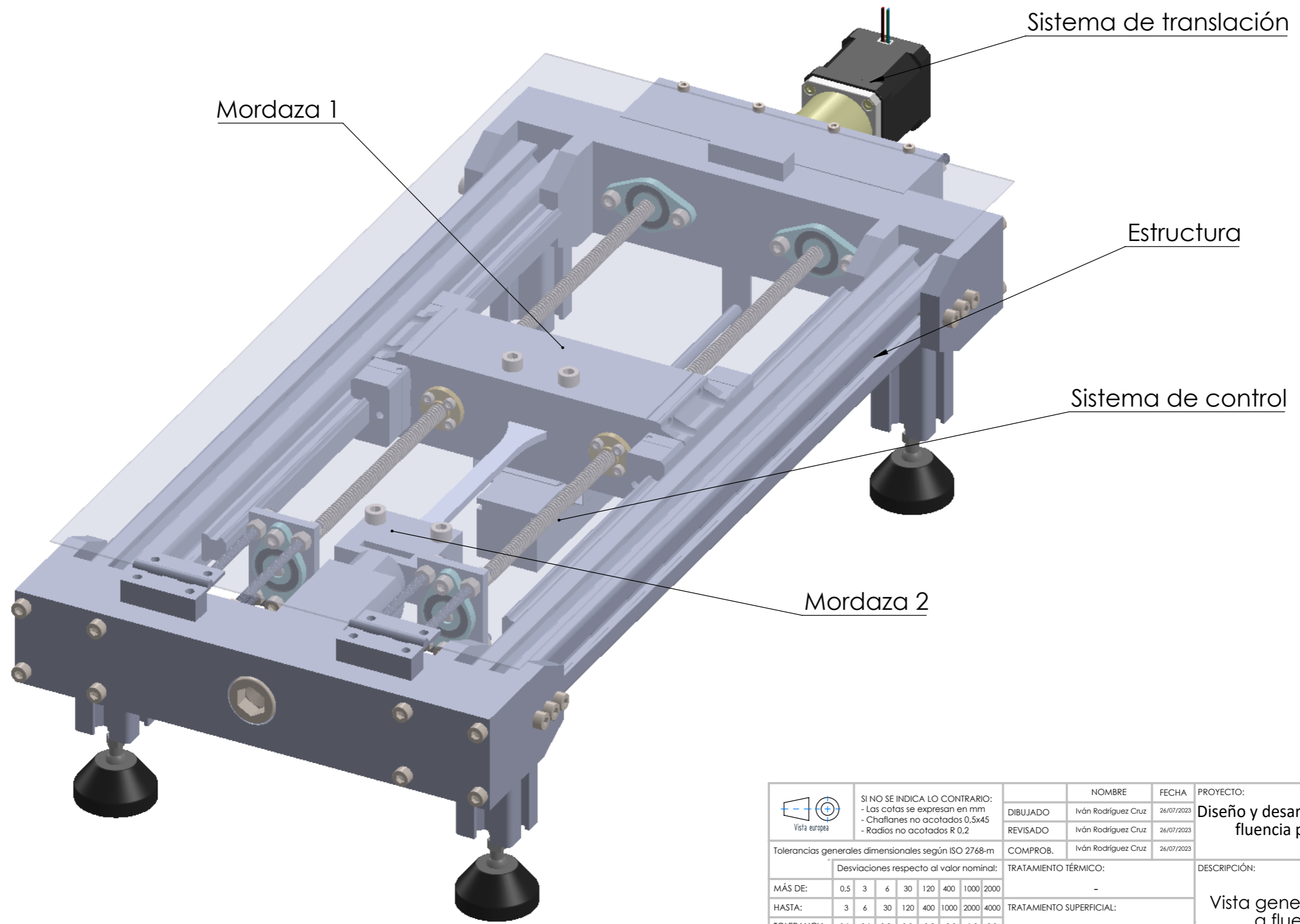
Haciendo el estudio para un volumen de 10 unidades, se observa que, este coste unitario disminuye a un valor de 2885,27 €. Este coste es muy bajo en comparación con otros bancos con unas prestaciones similares. Dejando un gran margen para beneficios. Este bajo coste unitario se debe a el ahorro de costes en materiales, elementos estandarizados y la simplificación del diseño que permite una gran versatilidad y facilidad para su fabricación.



7

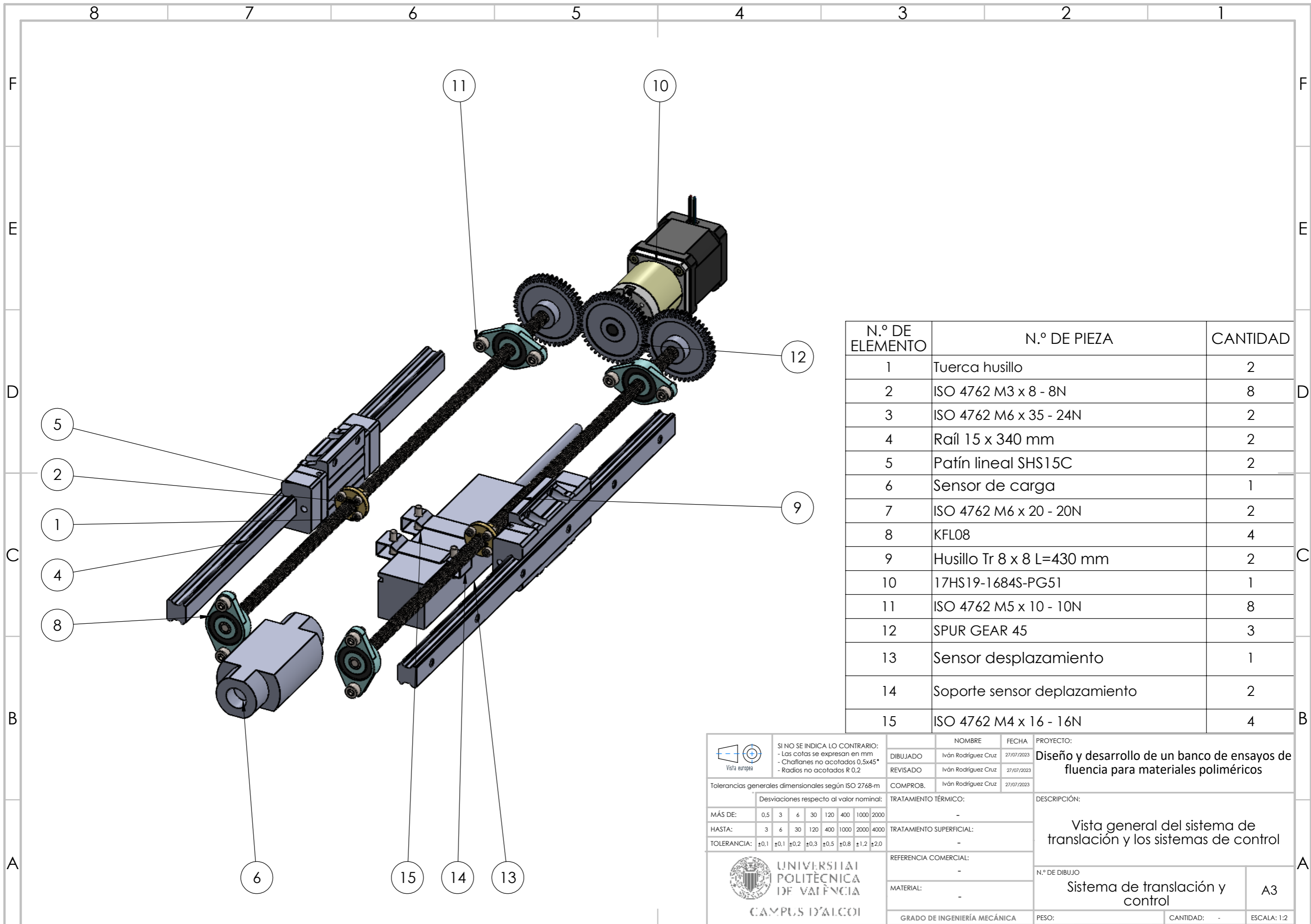
Planos

Índice de planos

1. Vista general
2. Sistema translación y control
3. Mordaza 1
 - a) Parte inferior mordaza 1
 - b) Parte superior hueco mordaza 1
 - c) Parte superior mordaza 1
4. Mordaza 2
 - a) Parte inferior mordaza 2
 - b) Parte superior mordaza 2
5. Estructura
 - a) Cartela exterior
 - b) Cartela interior
 - c) Mecanizado perfiles
 - d) Perfil 30 x30 x 1,5 L
 - e) Soporte para el motor paso a paso
 - f) Soporte para los husillos
 - g) Soporte zona del motor paso a paso
 - h) Soporte zona del sensor de carga
 - i) Tapa de seguridad engranajes

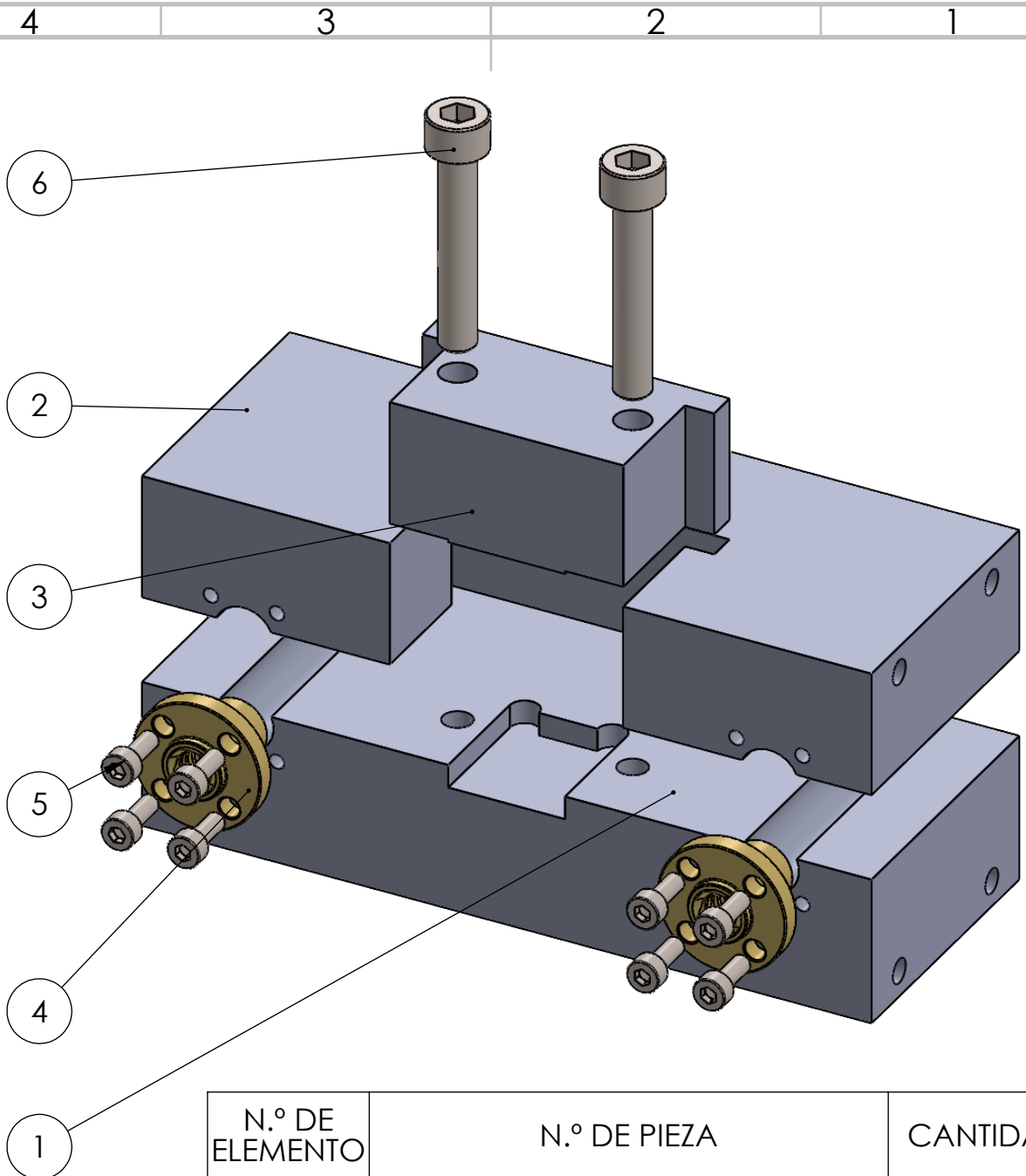


 Vista europea	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chaflanes no acotados 0,5x45 - Radios no acotados R 0,2		NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos					
	DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023							
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m Desviaciones respecto al valor nominal:	MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000	DESCRIPCIÓN: Vista general del banco de ensayos a fluencia para polímeros
	HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
TOLERANCIA:	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0		N.º DE DIBUJO Vista general
TRATAMIENTO TÉRMICO: -										
TRATAMIENTO SUPERFICIAL: -										
REFERENCIA COMERCIAL: -										
MATERIAL: -										
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI					GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA		PESO:		CANTIDAD: -	
					ESCALA: 1:2					



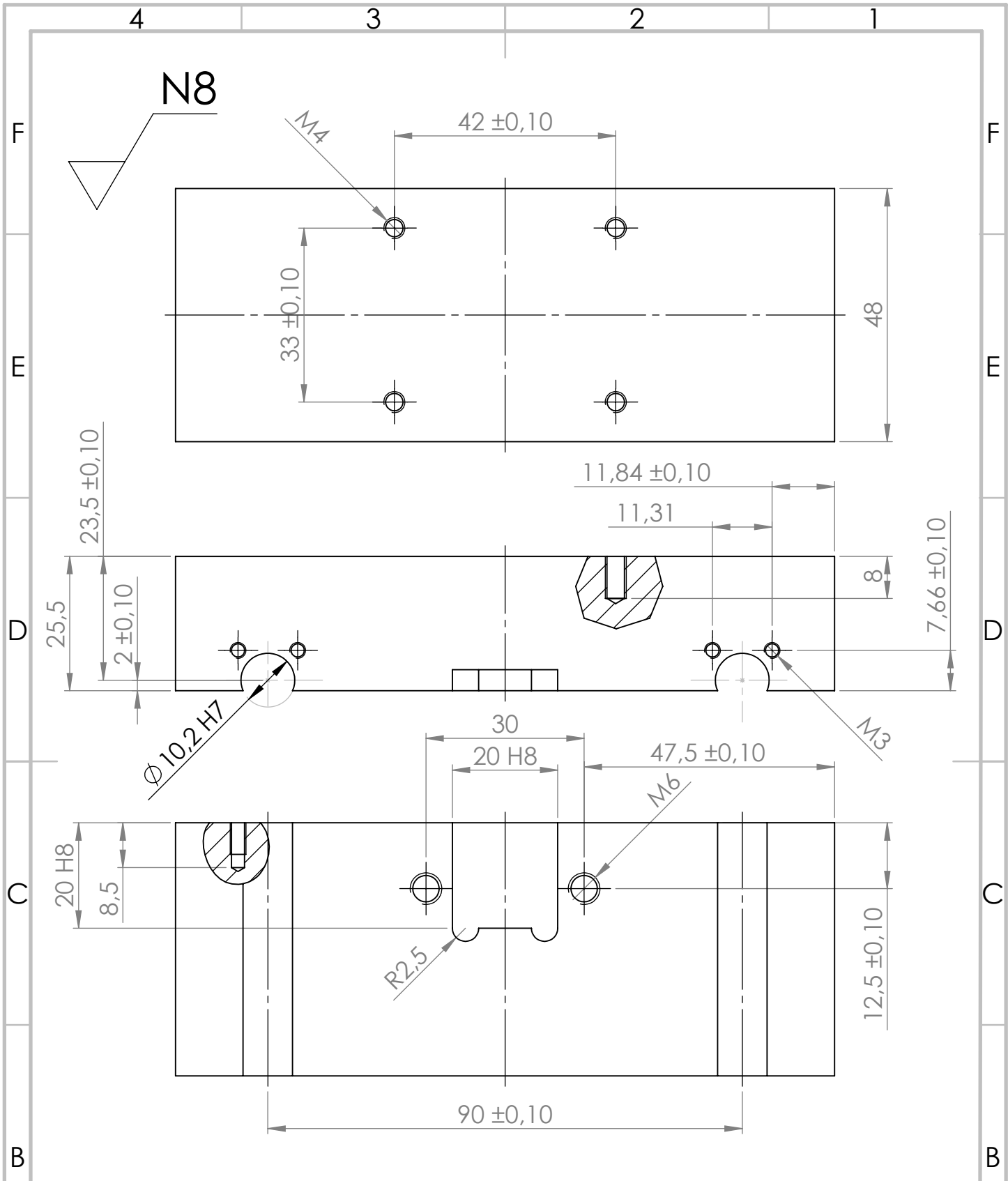
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Tuerca husillo	2
2	ISO 4762 M3 x 8 - 8N	8
3	ISO 4762 M6 x 35 - 24N	2
4	Raíl 15 x 340 mm	2
5	Patín lineal SHS15C	2
6	Sensor de carga	1
7	ISO 4762 M6 x 20 - 20N	2
8	KFL08	4
9	Husillo Tr 8 x 8 L=430 mm	2
10	17HS19-1684S-PG51	1
11	ISO 4762 M5 x 10 - 10N	8
12	SPUR GEAR 45	3
13	Sensor desplazamiento	1
14	Soporte sensor desplazamiento	2
15	ISO 4762 M4 x 16 - 16N	4

	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chaflanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2		NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos
	DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	27/07/2023		
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m Desviaciones respecto al valor nominal:	MÁS DE:	0,5 3 6 30 120 400 1000 2000	REVISADO	Iván Rodríguez Cruz	27/07/2023
	HASTA:	3 6 30 120 400 1000 2000 4000	COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	27/07/2023
TOLERANCIA:	±0.1 ±0.1 ±0.2 ±0.3 ±0.5 ±0.8 ±1.2 ±2.0	TRATAMIENTO TÉRMICO:	-		DESCRIPCIÓN: Vista general del sistema de translación y los sistemas de control
		TRATAMIENTO SUPERFICIAL:	-		
 CAMPUS D'ALCOI	REFERENCIA COMERCIAL:	-		N.º DE DIBUJO	Sistema de translación y control
	MATERIAL:	-		PESO:	-
	GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA			CANTIDAD:	-
				ESCALA:	1:2



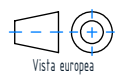
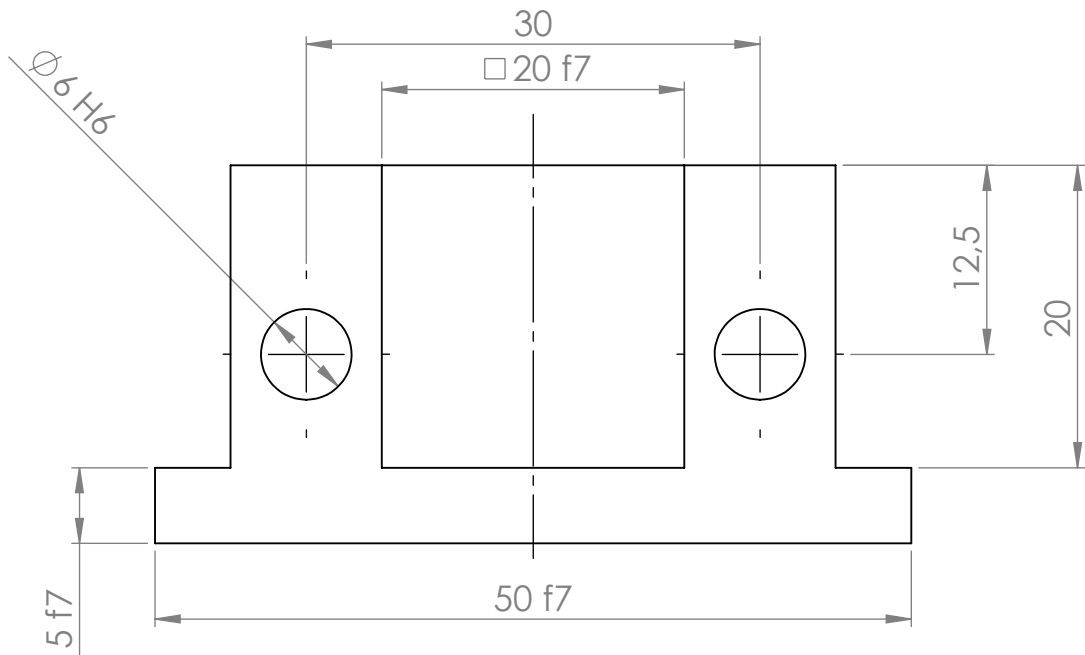
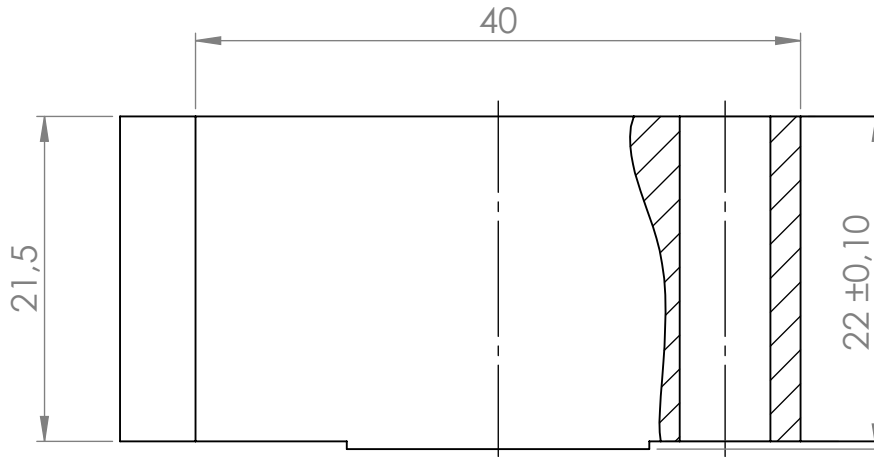
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Parte inferior mordaza 1	1
2	Parte superior mordaza 1	1
3	Parte hueco superior mordaza 1	1
4	Tuerca husillo	2
5	ISO 4762 M3 x 8 - 8N	8
6	ISO 4762 M6 x 35 - 24N	2

<p>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2</p>	<p>NOMBRE: Iván Rodríguez Cruz</p> <p>FECHA: 27/07/2023</p>		<p>PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos</p>																																		
	<p>REVISADO: Iván Rodríguez Cruz</p> <p>FECHA: 27/07/2023</p>		<p>DESCRIPCIÓN: Vista explosionada de la mordaza 1</p>																																		
<p>TOLERANCIAS GENERALES DIMENSIONALES SEGÚN ISO 2768-M</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">Desviaciones respecto al valor nominal:</th> </tr> <tr> <th>MÁS DE:</th> <th>0,5</th> <th>3</th> <th>6</th> <th>30</th> <th>120</th> <th>400</th> <th>1000 2000</th> </tr> <tr> <th>HASTA:</th> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>120</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000 4000</td> </tr> <tr> <th>TOLERANCIA:</th> <td>±0,1</td> <td>±0,1</td> <td>±0,2</td> <td>±0,3</td> <td>±0,5</td> <td>±0,8</td> <td>±1,2 ±2,0</td> </tr> </thead></table>		Desviaciones respecto al valor nominal:								MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000 2000	HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000 4000	TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2 ±2,0	<p>COMPROB.: Iván Rodríguez Cruz</p> <p>FECHA: 27/07/2023</p>		<p>N.º DE DIBUJO Mordaza 1</p>	
Desviaciones respecto al valor nominal:																																					
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000 2000																														
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000 4000																														
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2 ±2,0																														
<p>TRATAMIENTO TÉRMICO: -</p> <p>TRATAMIENTO SUPERFICIAL: -</p> <p>REFERENCIA COMERCIAL: -</p> <p>MATERIAL: -</p>		<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>CAMPUS D'ALCOI</p>		<p>GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>																																	
<p>PESO:</p>		<p>CANTIDAD: 1</p>		<p>ESCALA 1:1</p>																																	



<p>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados $0,5 \times 45^\circ$ - Radios no acotados R 0,2</p>	<p>NOMBRE: Iván Rodríguez Cruz</p> <p>FECHA: 27/07/2023</p>		<p>PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos</p>																																		
	<p>DIBUJADO: Iván Rodríguez Cruz</p> <p>REVISADO: Iván Rodríguez Cruz</p> <p>COMPROB.: Iván Rodríguez Cruz</p>		<p>DESCRIPCIÓN: Parte inferior para la mordaza 1</p>																																		
<p>Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">Desviaciones respecto al valor nominal:</th> </tr> <tr> <th>MÁS DE:</th> <th>0,5</th> <th>3</th> <th>6</th> <th>30</th> <th>120</th> <th>400</th> <th>1000 2000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HASTA:</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>120</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000 4000</td> </tr> <tr> <td>TOLERANCIA:</td> <td>$\pm 0,1$</td> <td>$\pm 0,1$</td> <td>$\pm 0,2$</td> <td>$\pm 0,3$</td> <td>$\pm 0,5$</td> <td>$\pm 0,8$</td> <td>$\pm 1,2 \pm 2,0$</td> </tr> </tbody> </table>		Desviaciones respecto al valor nominal:								MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000 2000	HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000 4000	TOLERANCIA:	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2 \pm 2,0$	<p>TRATAMIENTO TÉRMICO: -</p> <p>TRATAMIENTO SUPERFICIAL: -</p> <p>REFERENCIA COMERCIAL: Aluminio 5083</p> <p>MATERIAL: L-3321</p>		<p>N.º DE DIBUJO: Parte inferior mordaza 1</p> <p>A4</p>	
Desviaciones respecto al valor nominal:																																					
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000 2000																														
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000 4000																														
TOLERANCIA:	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2 \pm 2,0$																														
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>CAMPUS D'ALCOI</p>		<p>GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>		<p>PESO: CANTIDAD: 1 ESCALA 1:1</p>																																	

N8



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 - Las cotas se expresan en mm
 - Chafilanes no acotados 0,5x45°
 - Radios no acotados R 0,2

Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m

	Desviaciones respecto al valor nominal:						
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000 2000
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000 4000
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2 ±2,0



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA
 CAMPUS D'ALCOI

	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
REVISADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023

TRATAMIENTO TÉRMICO:
 -

TRATAMIENTO SUPERFICIAL:
 -

REFERENCIA COMERCIAL:
 Aluminio 5083

MATERIAL:
 L-3321

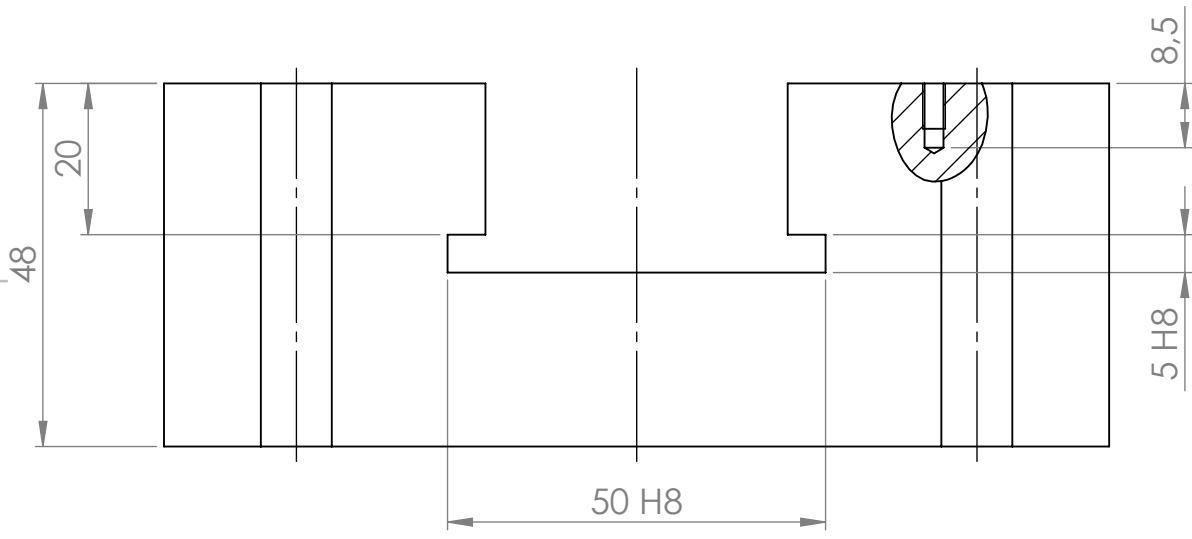
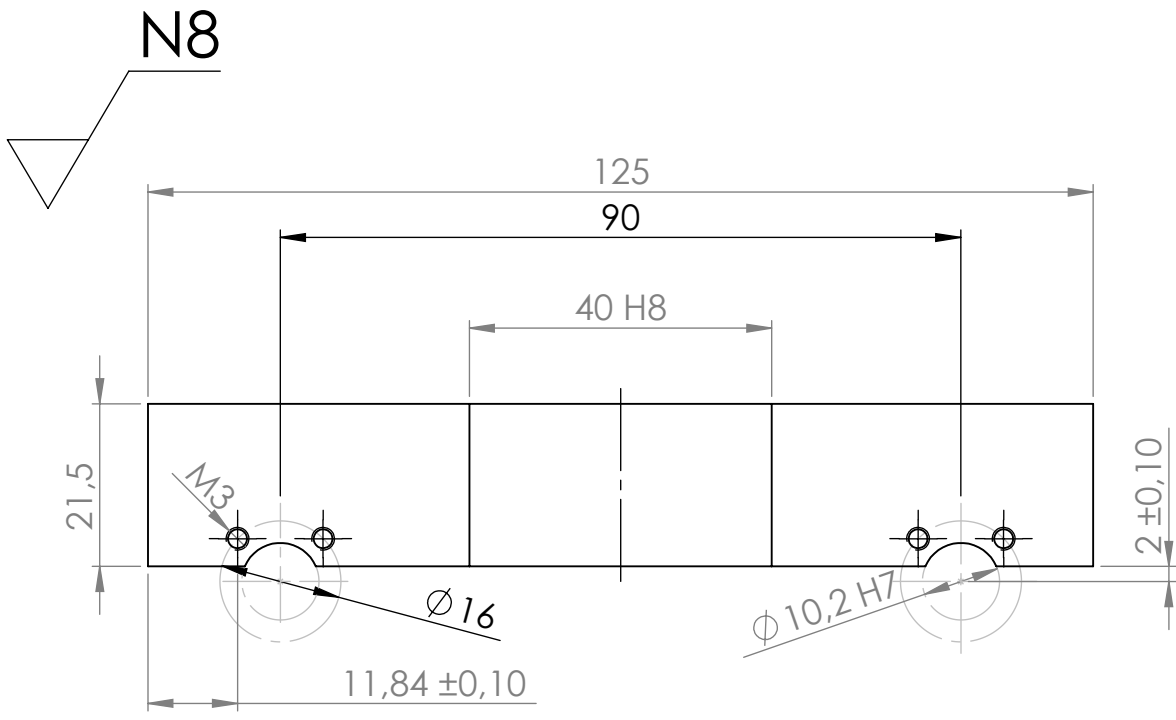
GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO:
 Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos

DESCRIPCIÓN:
 Parte superior para la mordaza 1 para sujeción de la probeta

N.º DE DIBUJO
 Parte superior hueco mordaza 1

PESO: CANTIDAD: 1 ESCALA 2:1



	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2		NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos
	DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023		
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m		COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023	DESCRIPCIÓN: Parte superior para la mordaza 1
Desviaciones respecto al valor nominal:		TRATAMIENTO TÉRMICO:		N.º DE DIBUJO Parte superior mordaza 1	
MÁS DE:	0,5 3 6 30 120 400 1000 2000	-			
HASTA:	3 6 30 120 400 1000 2000 4000	TRATAMIENTO SUPERFICIAL:		PESO:	
TOLERANCIA:	±0,1 ±0,1 ±0,2 ±0,3 ±0,5 ±0,8 ±1,2 ±2,0	-			CANTIDAD: 1
	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	REFERENCIA COMERCIAL:		ESCALA 1:1	
		Aluminio 5083			
		MATERIAL:			
		L-3321			
		GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA			

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

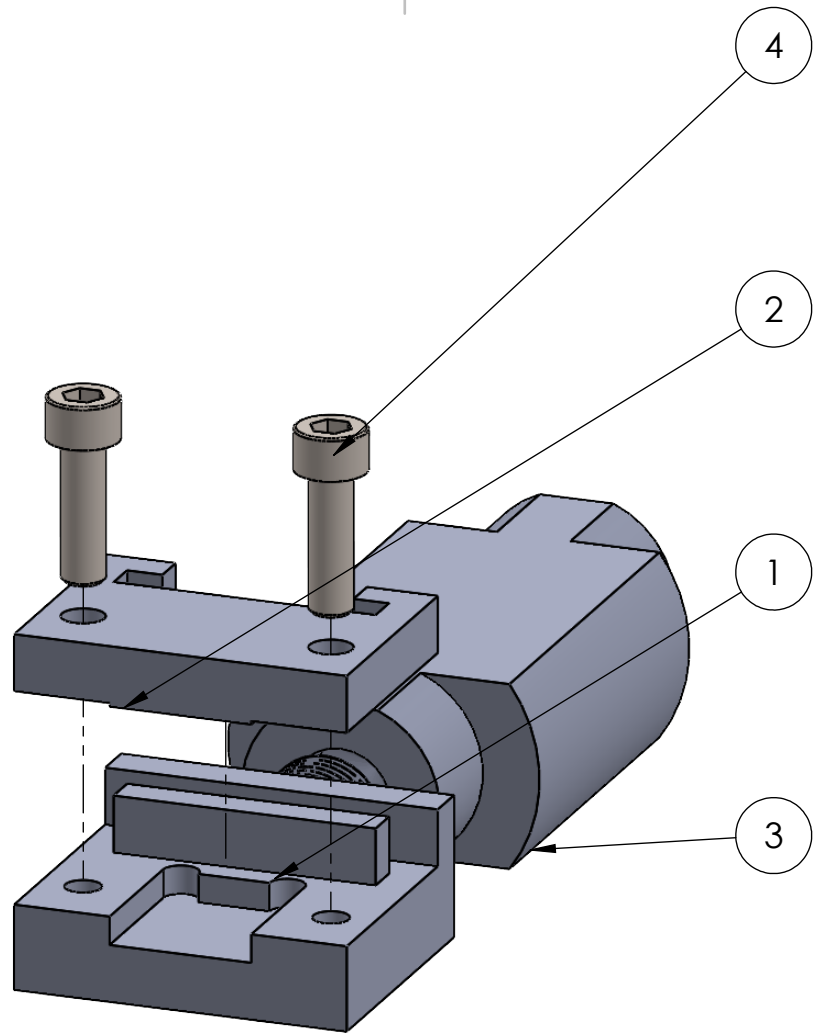
C

B

B

A

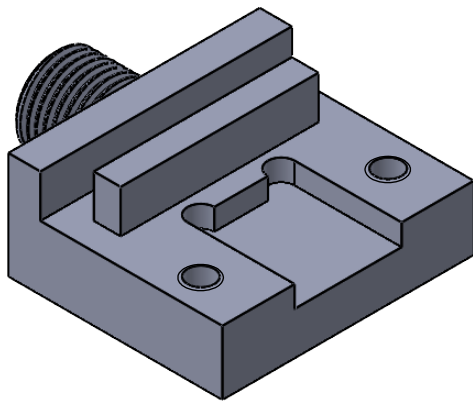
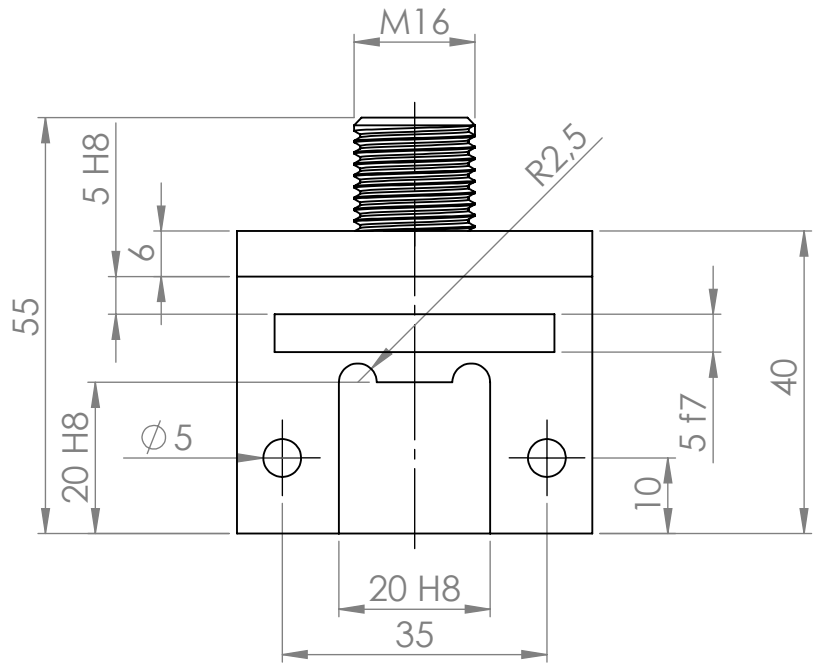
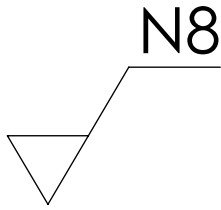
A



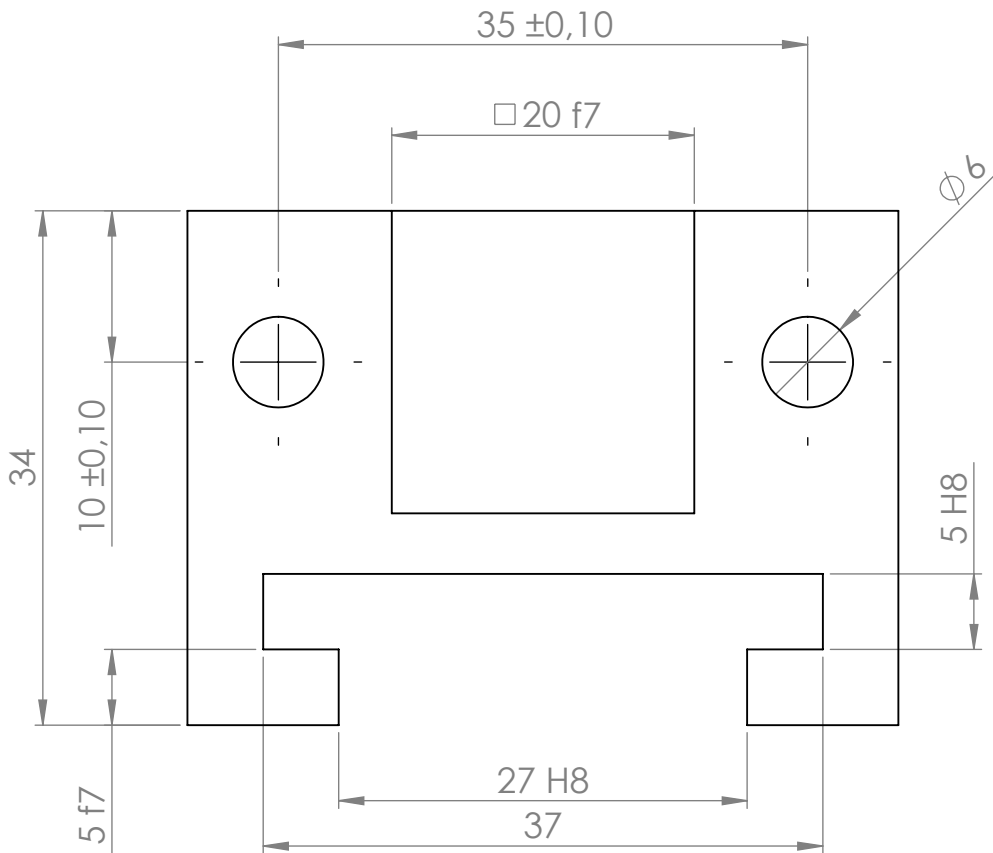
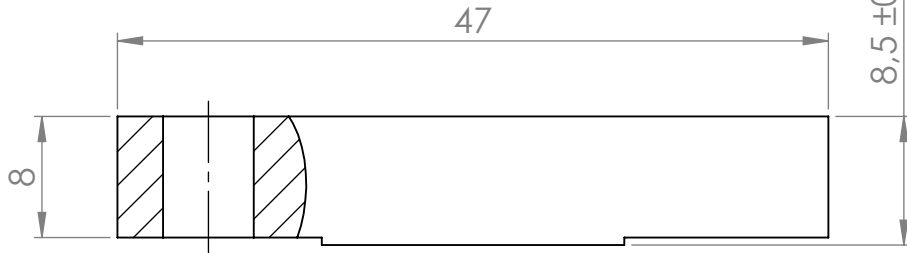
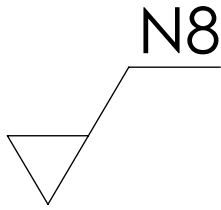
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Parte inferior mordaza 2	1
2	Parte superior mordaza 2	1
3	Sensor de carga	1
4	ISO 4762 M6 x 20 - 20N	2

<p>Vista europea</p>	<p>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2 	NOMBRE	FECHA	<p>PROYECTO:</p> <p>Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos</p>																											
		DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz		26/07/2023																										
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m		COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023																											
<p>Desviaciones respecto al valor nominal:</p> <table border="1"> <tr> <td>MÁS DE:</td> <td>0,5</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>120</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>HASTA:</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>120</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>TOLERANCIA:</td> <td>±0,1</td> <td>±0,1</td> <td>±0,2</td> <td>±0,3</td> <td>±0,5</td> <td>±0,8</td> <td>±1,2</td> <td>±2,0</td> </tr> </table>		MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000	HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	TRATAMIENTO TÉRMICO:	<p>DESCRIPCIÓN:</p> <p>Vista explosionada de la mordaza 2</p>	
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000																							
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000																							
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0																							
		TRATAMIENTO SUPERFICIAL:																													
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>CAMPUS D'ALCOI</p>		REFERENCIA COMERCIAL:	<p>N.º DE DIBUJO</p> <p>Mordaza 2</p>																												
		MATERIAL:																													
		GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA	PESO:	CANTIDAD: -	ESCALA 1:1																										

4 3 2 1



	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2							NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos
	Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m							DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	
Desviaciones respecto al valor nominal:							COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023	DESCRIPCIÓN: Parte inferior para la mordaza 2
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000	TRATAMIENTO TÉRMICO:	
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	TRATAMIENTO SUPERFICIAL:	A4
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	REFERENCIA COMERCIAL:	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI							MATERIAL: Aluminio 5083			
							MATERIAL: L-3321			
							GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA			



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 - Las cotas se expresan en mm
 - Chafilanes no acotados 0,5x45°
 - Radios no acotados R 0,2

Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m

	Desviaciones respecto al valor nominal:						
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000 2000
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000 4000
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2 ±2,0



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA
 CAMPUS D'ALCOI

	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
REVISADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023

TRATAMIENTO TÉRMICO:
-

TRATAMIENTO SUPERFICIAL:
-

REFERENCIA COMERCIAL:
Aluminio 5083

MATERIAL:
L-3321

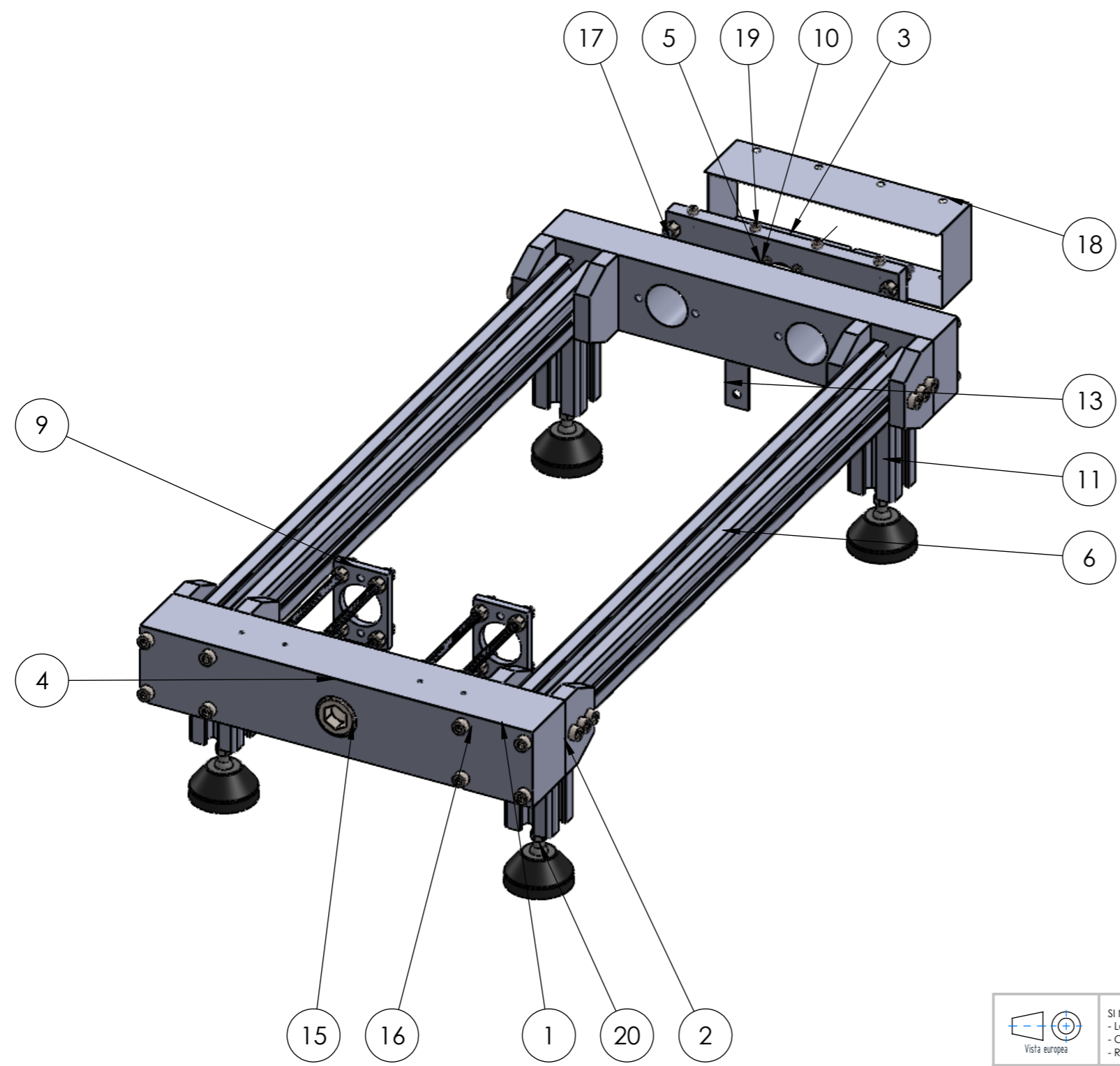
GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO:
Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos

DESCRIPCIÓN:
Parte superior para la mordaza 2

N.º DE DIBUJO
Parte superior mordaza 2

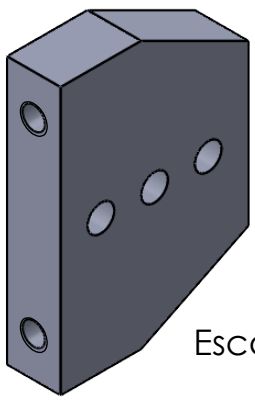
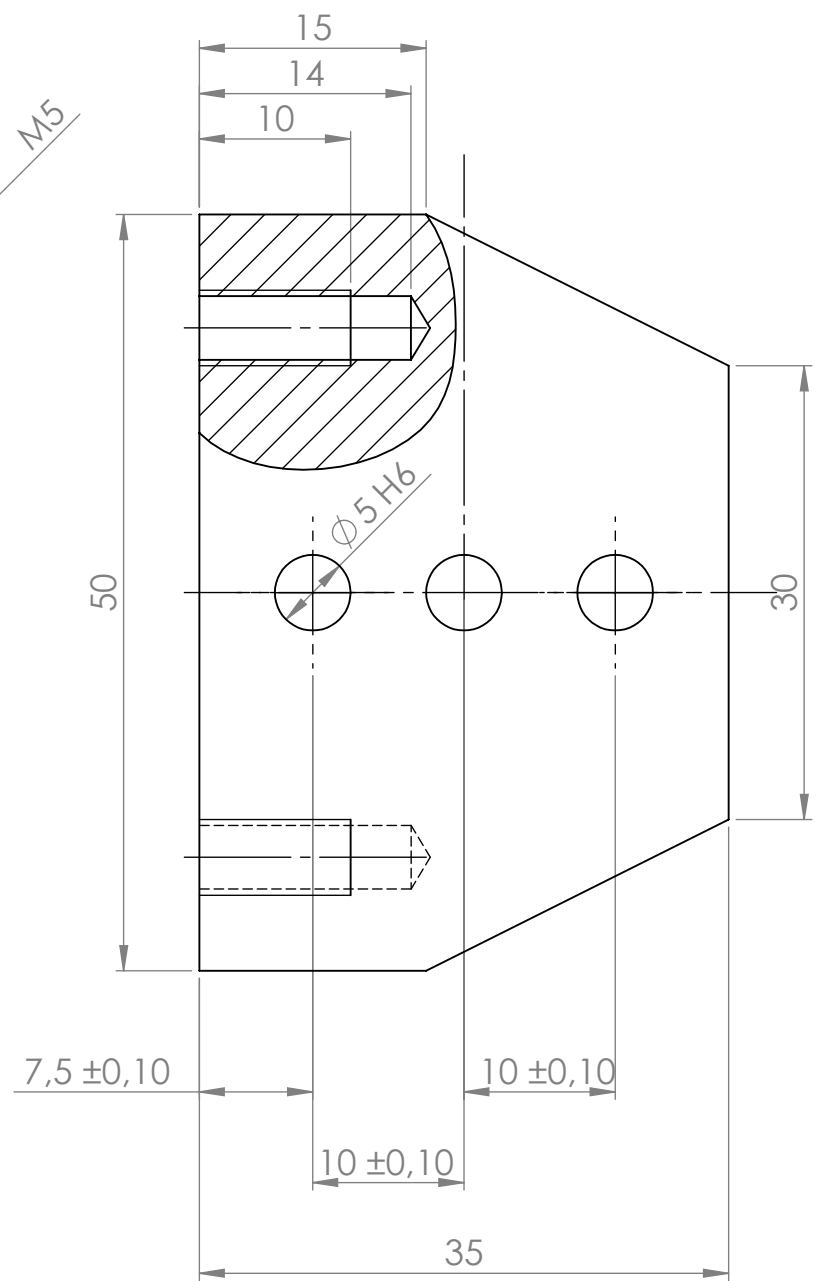
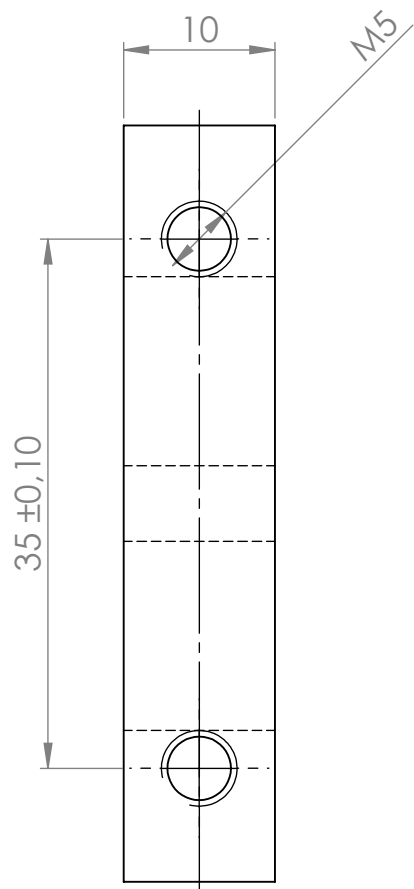
PESO: CANTIDAD: 1 ESCALA 2:1



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Cartela exterior	4
2	Cartela interior	4
3	Soporte para el motor paso a paso	1
4	Soporte zona del sensor carga	1
5	Soporte zona del motor paso a paso	1
6	Perfil 30 x30 estructura	2
7	ISO 4762 M5 x 45 - 22N	12
8	ISO 4762 M5 x 50 - 22N	16
9	Soporte para los husillo	2
10	ISO 10642 - M3 x 8 - 8N	4
11	Perfil 30x30 patas L = 55 mm	4
12	ISO - 4034 - M5 - N	36
13	Perfil 20 x 20 x 1,5 L	1
14	ISO 4762 M2 x 4 - 4N	4
15	ISO 4762 M16 x 35 - 35N	1
16	Varilla roscada M5 L = 110 mm	8
17	Varilla roscada M5 L = 65 mm	4
18	Tapa de seguridad engranajes	1
19	ISO 4762 M3 x 5 - 5N	8
20	Pata regulable M10	4

	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chafilados no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2	NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos
	DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023	
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m Desviaciones respecto al valor nominal: MÁS DE: 0,5 3 6 30 120 400 1000 2000 HASTA: 3 6 30 120 400 1000 2000 4000 TOLERANCIA: ±0,1 ±0,1 ±0,2 ±0,3 ±0,5 ±0,8 ±1,2 ±2,0	REVISADO Iván Rodríguez Cruz 26/07/2023	COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz 26/07/2023	DESCRIPCIÓN: Vista general de la estructura
	TRATAMIENTO TÉRMICO: -	TRATAMIENTO SUPERFICIAL: -	REFERENCIA COMERCIAL: -	
	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA	N.º DE DIBUJO Estructura	A3
		PESO:	CANTIDAD: -	ESCALA: 1:3

N8



Escala 1:1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 - Las cotas se expresan en mm
 - Chafilanes no acotados 0,5x45°
 - Radios no acotados R 0,2

Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m

	Desviaciones respecto al valor nominal:							
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0



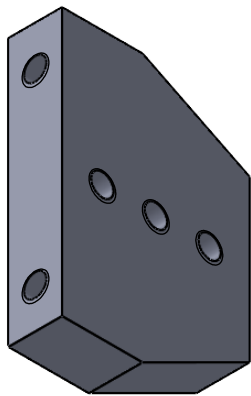
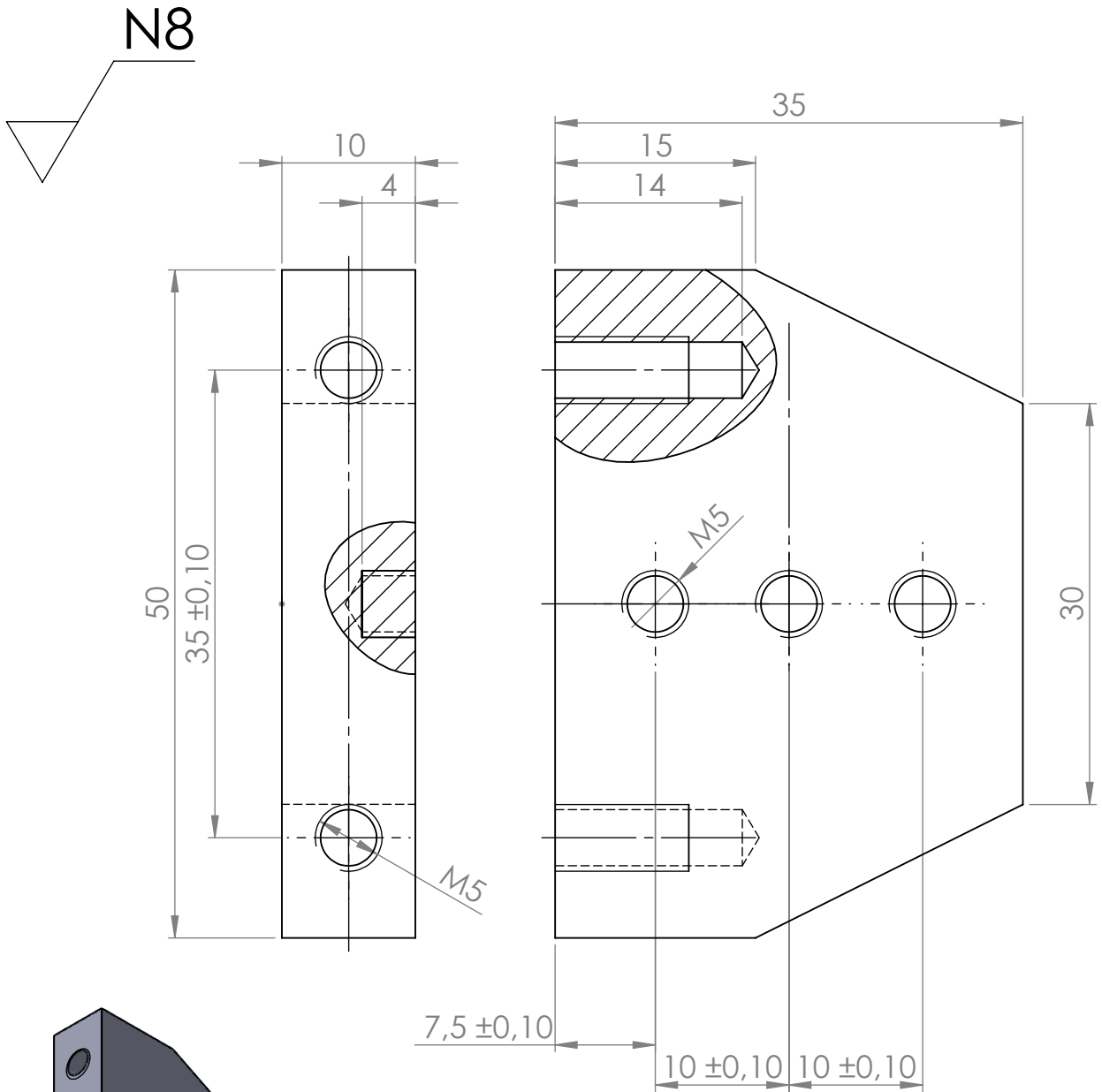
UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA
 CAMPUS D'ALCOI

	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
REVISADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
TRATAMIENTO TÉRMICO:	-	
TRATAMIENTO SUPERFICIAL:	-	
REFERENCIA COMERCIAL:	Aluminio 5083	
MATERIAL:	L-3321	
GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA		

PROYECTO:
 Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos

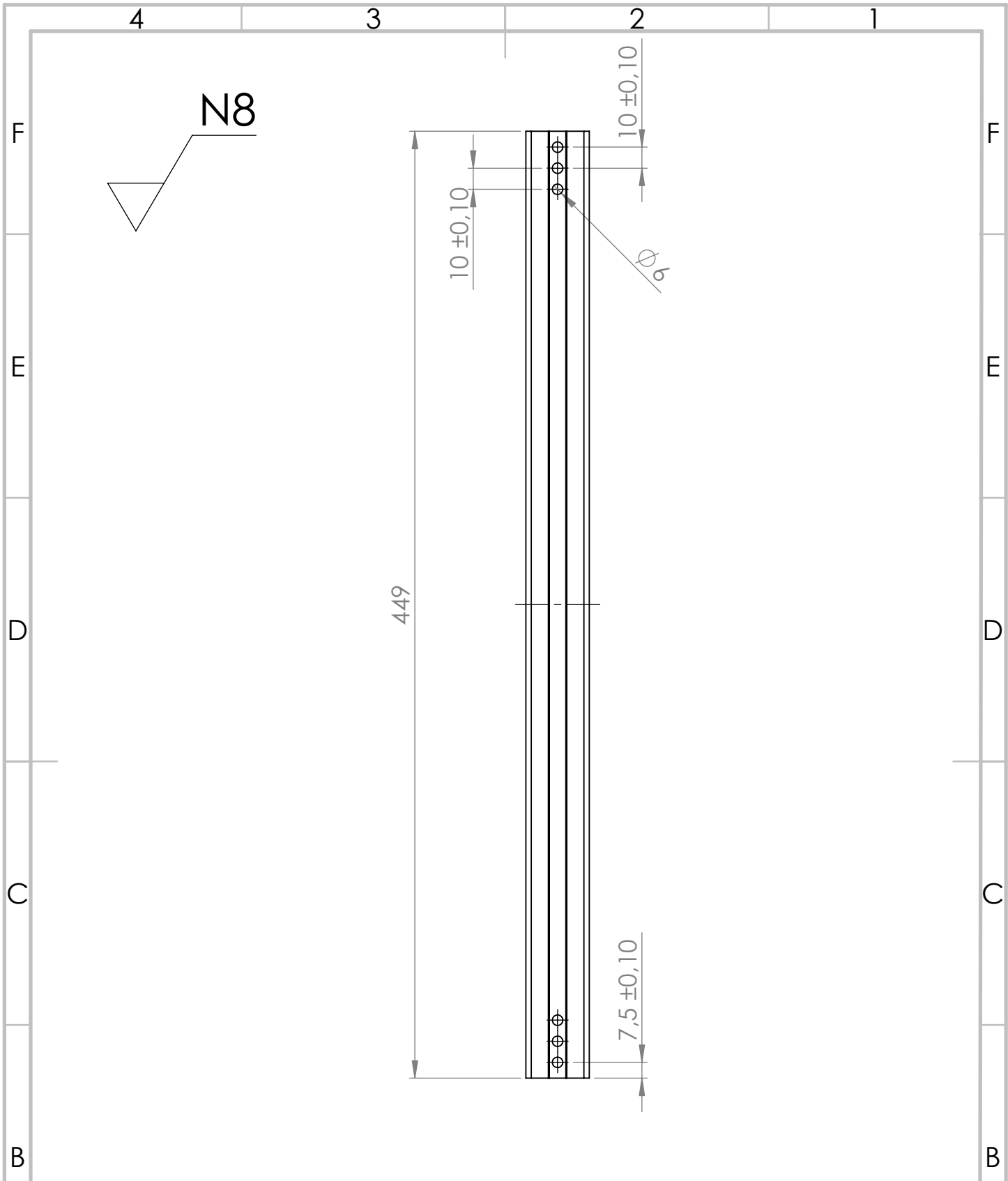
DESCRIPCIÓN:
 Cartela para la sujeción de la estructura y los perfiles

N.º DE DIBUJO	Cartela exterior	A4
PESO:	CANTIDAD: 4	ESCALA 2:1

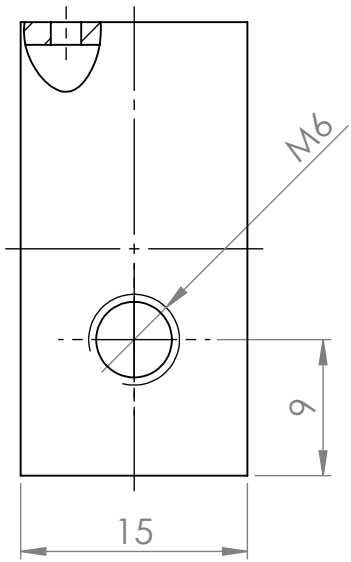
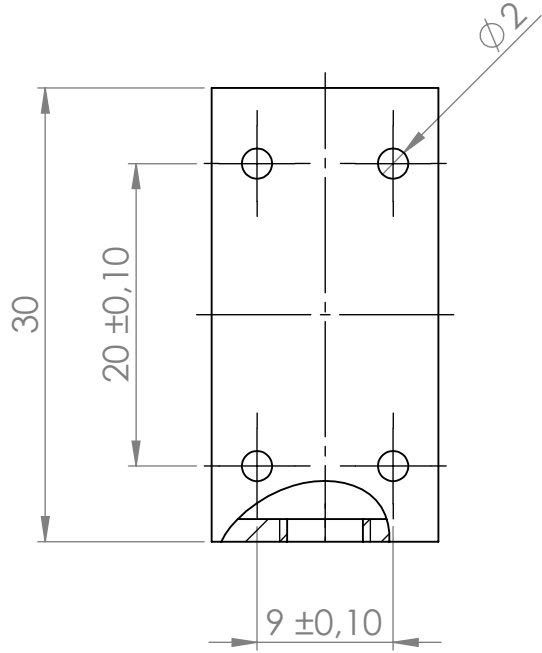
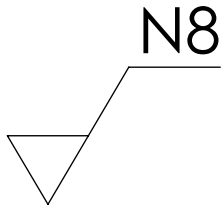


Escala 1:1

<p>Vista europea</p>	<p>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2 		NOMBRE	FECHA	<p>PROYECTO:</p> <p>Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos</p>						
	<p>Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m</p>		DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz		26/07/2023					
<p>Desviaciones respecto al valor nominal:</p>		<p>TRATAMIENTO TÉRMICO:</p> <p>-</p>		<p>DESCRIPCIÓN:</p> <p>Cartela para la sujeción de la estructura y los perfiles</p>							
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000	TRATAMIENTO SUPERFICIAL:	<p>N.º DE DIBUJO</p> <p>Cartela interior</p>	
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	<p>PESO:</p> <p>CANTIDAD: 4</p>		
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	<p>ESCALA 2:1</p>		
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>CAMPUS D'ALCOI</p>			REFERENCIA COMERCIAL:	<p>Aluminio 5083</p>		<p>MATERIAL:</p> <p>L-3321</p>		<p>GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>		<p>PESO:</p>	



	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2		NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos
	DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023	REVISADO	
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m			COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
Desviaciones respecto al valor nominal: MÁS DE: 0,5 3 6 30 120 400 1000 2000 HASTA: 3 6 30 120 400 1000 2000 4000 TOLERANCIA: ±0,1 ±0,1 ±0,2 ±0,3 ±0,5 ±0,8 ±1,2 ±2,0			TRATAMIENTO TÉRMICO: -		DESCRIPCIÓN: Perfiles estructurales 30 x30
			TRATAMIENTO SUPERFICIAL: -		
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI			REFERENCIA COMERCIAL: Aluminio AlMgSi 0,5		N.º DE DIBUJO Mecanizado perfiles
			MATERIAL: L-3441		
			GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA		PESO:
					CANTIDAD: 2
					ESCALA 2:5



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 - Las cotas se expresan en mm
 - Chafilanes no acotados 0,5x45°
 - Radios no acotados R 0,2

Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m

	Desviaciones respecto al valor nominal:						
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000 2000
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000 4000
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2 ±2,0



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA
 CAMPUS D'ALCOI

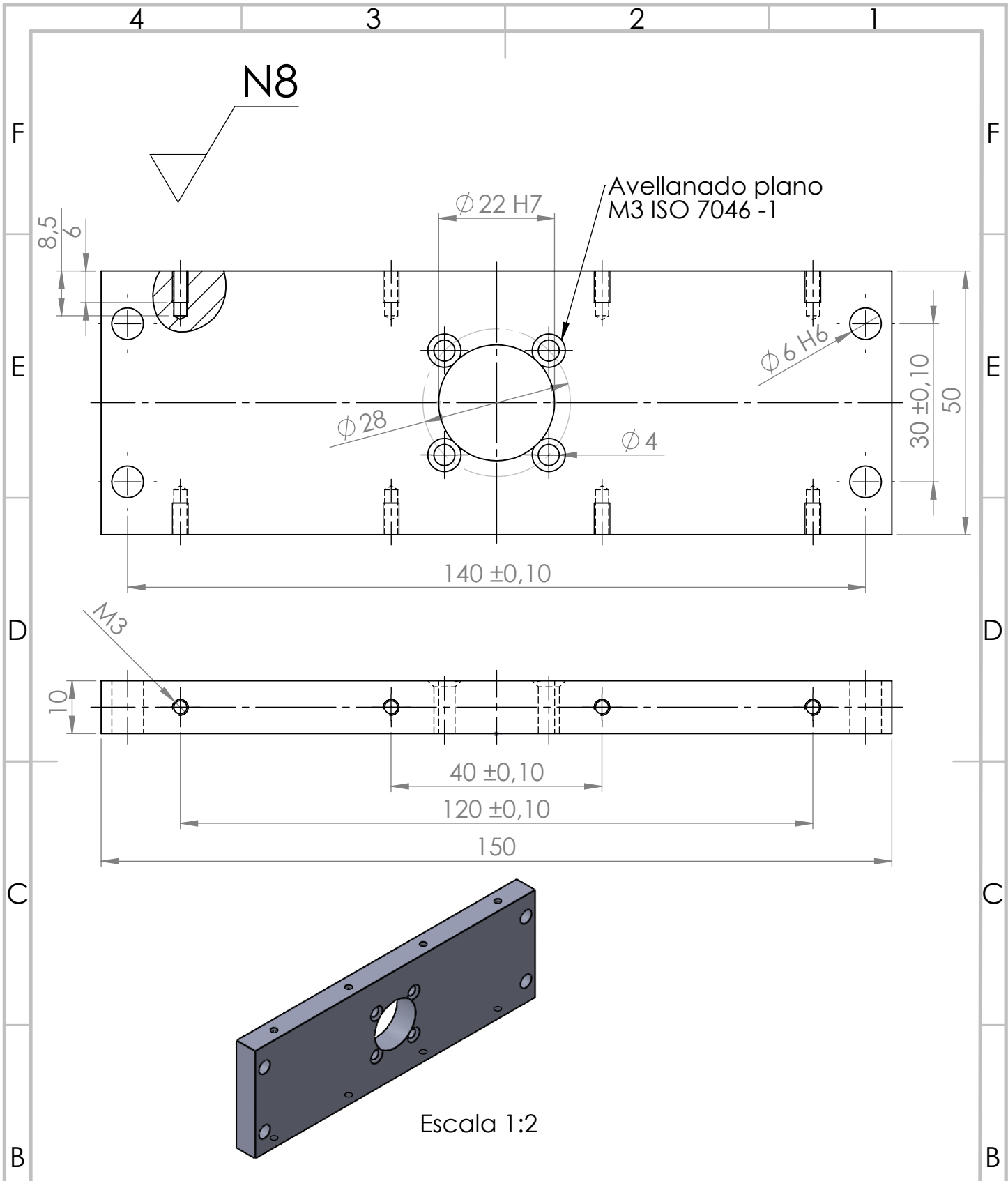
	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
REVISADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
TRATAMIENTO TÉRMICO:	-	
TRATAMIENTO SUPERFICIAL:	-	
REFERENCIA COMERCIAL:	Aluminio 5083	
MATERIAL:	L-3321	
GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA		

PROYECTO:
Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos

DESCRIPCIÓN:
 Mecanizado en el perfil de L

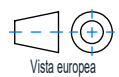
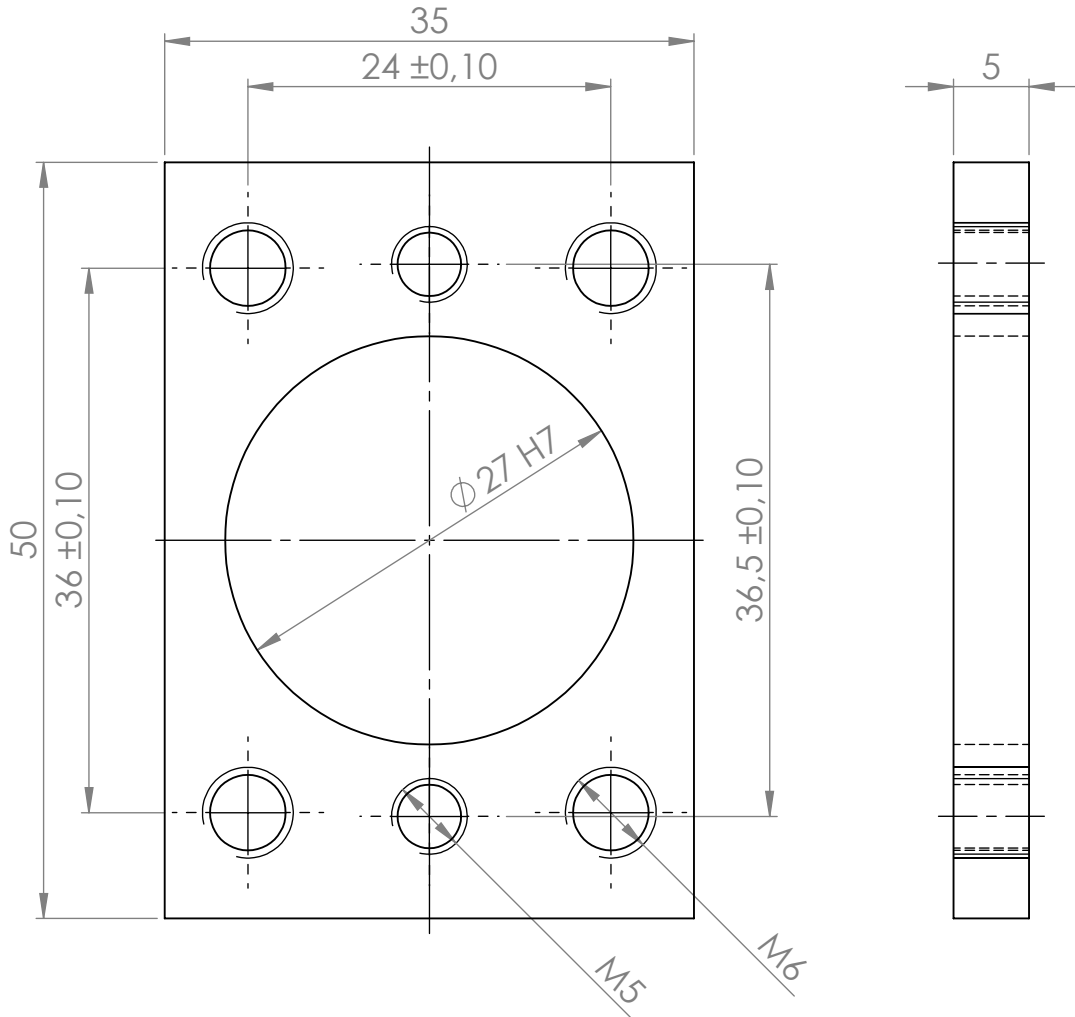
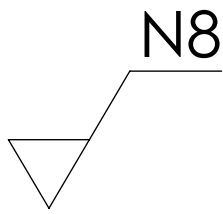
N.º DE DIBUJO	Perfil 30 x 30 x 1,5 L	A4
---------------	------------------------	----

PESO:	CANTIDAD: 1	ESCALA 2:1
-------	-------------	------------



Escala 1:2

<p>Vista europea</p>	<p>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2 		NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos				
	Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m		DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz		26/07/2023			
Desviaciones respecto al valor nominal:		TRATAMIENTO TÉRMICO:		DESCRIPCIÓN:					
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000	Soporte para el anclaje del motor a la estructura principal
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>CAMPUS D'ALCOI</p>	REFERENCIA COMERCIAL:		MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	Soporte para el motor paso a paso	A4		
	Aluminio 5083		L-3321						
	GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA		PESO:		CANTIDAD: 1		ESCALA 1:1		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 - Las cotas se expresan en mm
 - Chafilanes no acotados 0,5x45°
 - Radios no acotados R 0,2

Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m

	Desviaciones respecto al valor nominal:						
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000 2000
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000 4000
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2 ±2,0



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA
 CAMPUS D'ALCOI

	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
REVISADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023

TRATAMIENTO TÉRMICO:
 -

TRATAMIENTO SUPERFICIAL:
 -

REFERENCIA COMERCIAL:
 Aluminio 5083

MATERIAL:
 L-3321

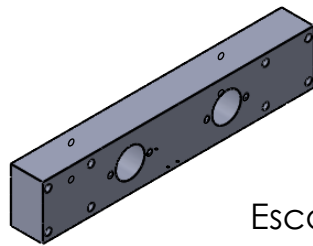
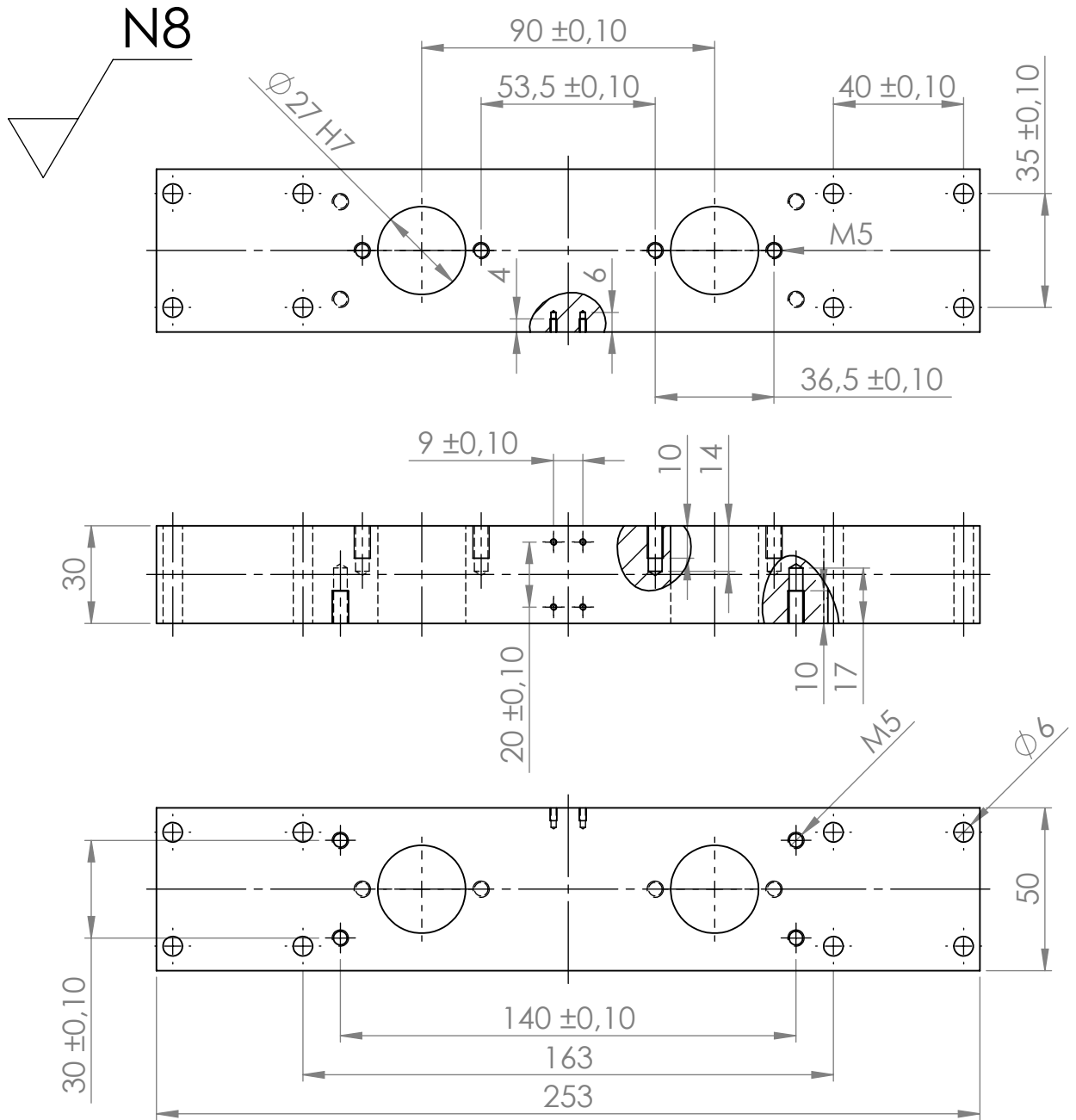
GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO:
 Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos

DESCRIPCIÓN:
 Soporte para los husillos anclado en la estructura principal

N.º DE DIBUJO
 Soporte para los husillos A4

PESO: CANTIDAD: 2 ESCALA: 2:1



Escala 1:5



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 - Las cotas se expresan en mm
 - Chafilanes no acotados 0,5x45°
 - Radios no acotados R 0,2

Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m

	Desviaciones respecto al valor nominal:						
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000 2000
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000 4000
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2 ±2,0



UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA
 CAMPUS D'ALCOI

	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
REVISADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023
COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023

TRATAMIENTO TÉRMICO:

-

TRATAMIENTO SUPERFICIAL:

-

REFERENCIA COMERCIAL:

Aluminio 5083

MATERIAL:

L-3321

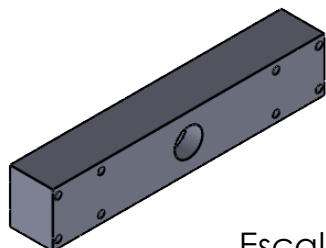
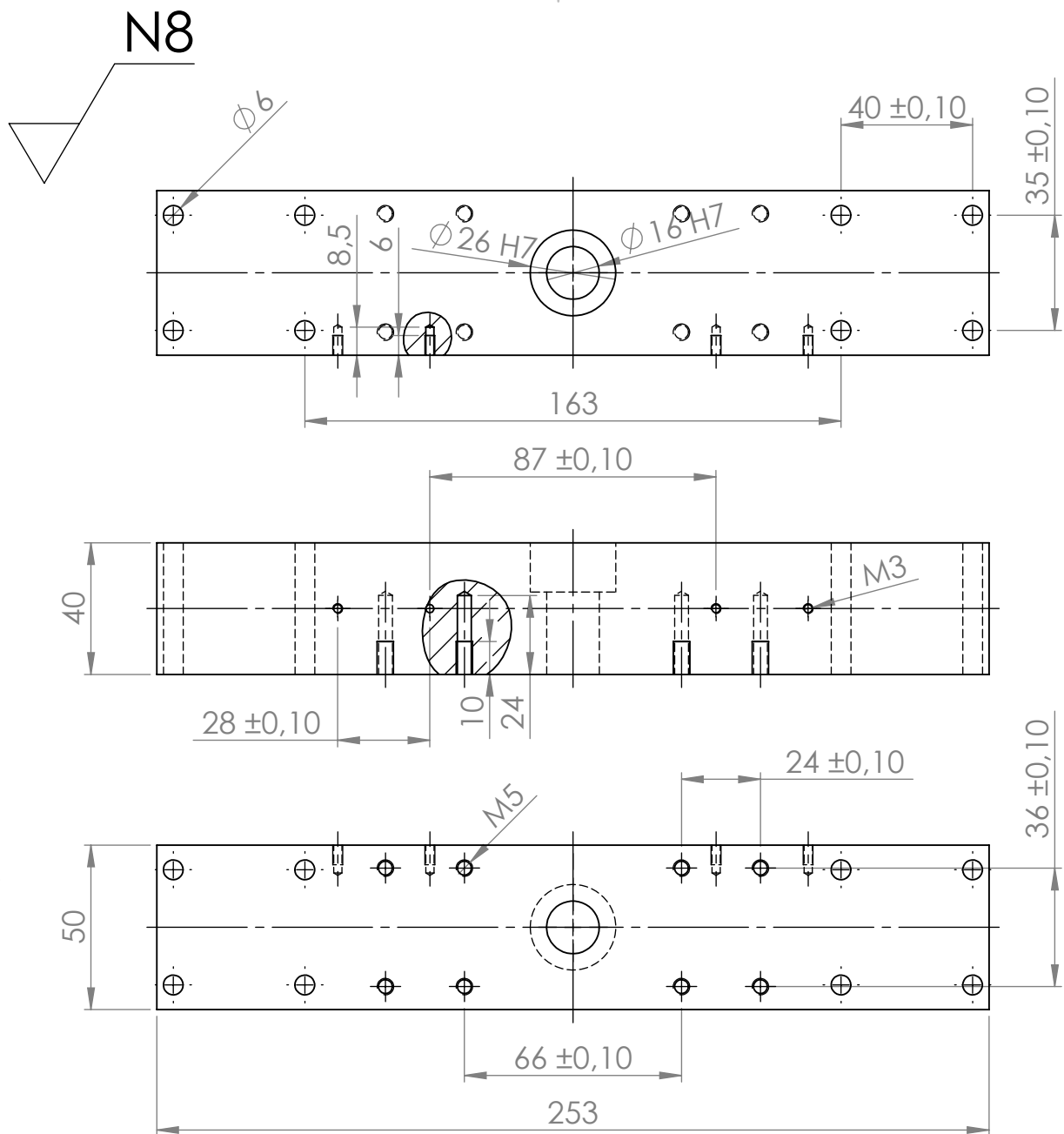
GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO:
 Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos

DESCRIPCIÓN:
 Soporte de la estructura principal

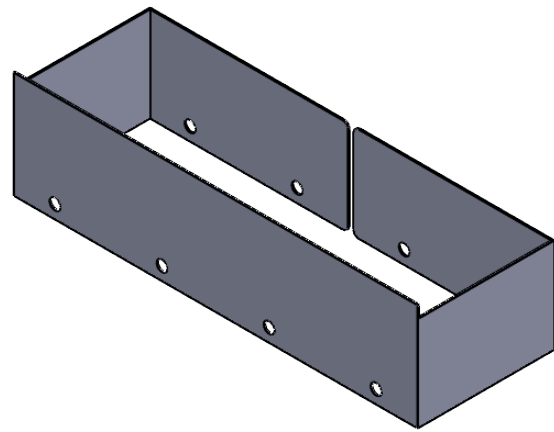
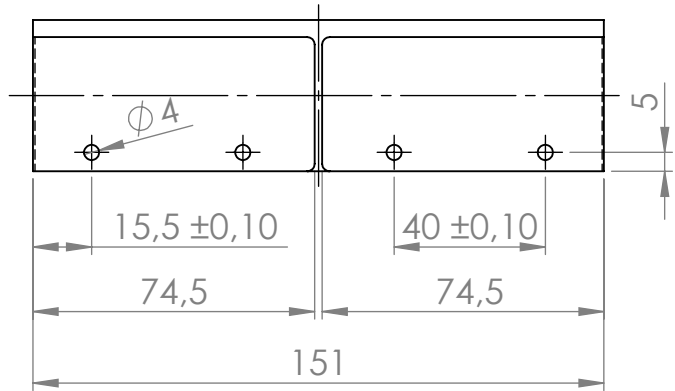
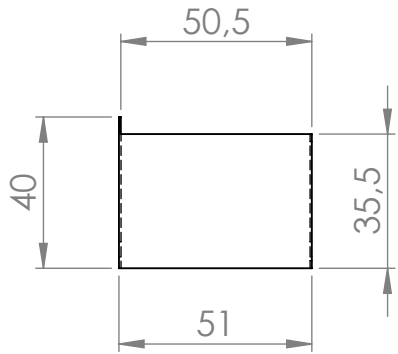
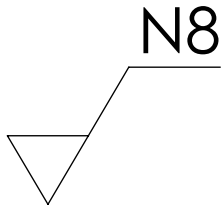
N.º DE DIBUJO
 Soporte zona del motor paso a paso A4

PESO: CANTIDAD: - ESCALA 1:2



Escala 1:5

<p>Vista europea</p>	<p>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2 		NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos								
	Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m		DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023	DESCRIPCIÓN: Soporte de la estructura principal							
Desviaciones respecto al valor nominal:		REVISADO	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023									
MÁS DE:	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000	COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023	N.º DE DIBUJO Soporte zona del sensor carga	
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	TRATAMIENTO TÉRMICO: -				
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	TRATAMIENTO SUPERFICIAL: -		A4		
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>CAMPUS D'ALCOI</p>			REFERENCIA COMERCIAL: Aluminio 5083		PESO:		CANTIDAD: 1		ESCALA 1:2				
			MATERIAL: L-3321		GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA								



	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2							NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y desarrollo de un banco de ensayos de fluencia para materiales poliméricos	
	Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m							DIBUJADO	Iván Rodríguez Cruz		26/07/2023
Desviaciones respecto al valor nominal: MÁS DE: 0,5 3 6 30 120 400 1000 2000 HASTA: 3 6 30 120 400 1000 2000 4000 TOLERANCIA: ±0,1 ±0,1 ±0,2 ±0,3 ±0,5 ±0,8 ±1,2 ±2,0							COMPROB.	Iván Rodríguez Cruz	26/07/2023	DESCRIPCIÓN: Tapa de seguridad frente atrapamientos	
TRATAMIENTO TÉRMICO: -							REFERENCIA COMERCIAL: Acero galvanizado				
TRATAMIENTO SUPERFICIAL: Galvanizado							MATERIAL: EN 10346				
							GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA			N.º DE DIBUJO Tapa de seguridad engranajes	A4
							PESO:		CANTIDAD: 1	ESCALA 1:2	

8

Pliego de condiciones

Índice

8.1 Normativa aplicada	107
8.2 Manual de montaje	107
8.3 Manual de utilización	109
8.4 Manual de mantenimiento	110
8.4.1 Sistema de translación	110
8.4.2 Estructura y mordazas	110
8.4.3 Sistema de control	110

Al tratar el proyecto del diseño y desarrollo de una máquina este Pliego de Condiciones tratara de ser un manual de montaje, utilización y mantenimiento del banco de ensayos a fluencia para polímeros, en vez de un pliego al uso característico en proyectos técnicos de instalaciones y/o construcción. La fabricación se detalla en el punto 5.10, siendo de obligatorio empleo los materiales indicados en dicho apartado o, por lo contrario, materiales con mejores propiedades mecánicas y similares propiedades físicas.

8.1 Normativa aplicada

- **UNE-EN 22768:** Tolerancias generales.
- **UNE 157 001:2014** Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- **ASTM E328-21:** Standard Test Methods for Stress Relaxation Tests for Materials and Structures".
- **ISO 527-2:2012:** Plastics — Determination of tensile properties — Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics.
- **ISO 899-1:2018:** Plastics — Determination of creep behaviour — Part 1: Tensile creep.
- **ISO 6721-1:2020:** Plastics -- Determination of dynamic mechanical properties -- Part 1: General principles.

8.2 Manual de montaje

Antes de realizar el montaje se ha de asegurar haber seguido los planos de conjunto, fabricación e inspección para asegurar de que se tienen todos los elementos necesarios con las medidas correctas.

El primer paso del montaje es acoplar los raíles en la perfilera de aluminio, mediante la tornillería específica para perfiles de aluminio, y verificando que su posición sea la correcta.

A continuación, se realiza el montaje de los patines en la mordaza 1 mediante los 4 tornillos, y se instalan ambas tuercas para los husillos mediante los 8 tornillos M3 x 8 DIN912.

Acto seguido, se procede a introducir ambos patines por sus respectivos raíles para proceder con el montaje de la estructura.

El montaje de la estructura comienza con la instalación de las cartelas en las posiciones que se observan en el plano de conjunto y atornilladas cada una mediante 4 tornillos M4 x 40 DIN912. Una vez se realiza el montaje de las cartelas podemos ensamblar ambos perfiles en sus respectivas posiciones ajustándolos correctamente mediante los 3 tornillos M5 x 45, dejando la estructura correctamente sujeta y firme.

Una vez tenemos la estructura montada, se montan las 4 patas en la perfilera de aluminio para facilitar los posteriores montajes.

Hecho esto podemos instalar los 4 cojinetes KFL08 en los soportes y en la estructura, sujetos mediante los tornillos M5 x 10 DIN912.

Seguidamente se monta el motor paso a paso sujeto mediante 4 tornillos en el soporte diseñado para el motor M3 x 8 DIN7991, y se aloja el engranaje central del motor sujeto mediante un prisionero. Hecho esto se deja el montaje apartado.

El siguiente paso es el montaje de la célula de carga y la mordaza 2. Estas van sujetas mediante el tornillo M16 x 35 DIN912 directamente al soporte.

A continuación, nos quedaría instalar ambos husillos en sus posiciones. Para ello es necesario primero posicionar los soportes de los husillos en la zona del sensor de carga mediante las varillas roscadas M5 x 135 DIN976 y sus respectivas tuercas M5 ISO4034. Las tuercas se pueden apretar para facilitar la introducción del husillo en el cojinete KFL08, pero se ha de contemplar que cabe la posibilidad de que sea necesario modificar la distancia a la que se separan los soportes finales del husillo en función de la posición a la que se instale el soporte y motor paso a paso.

Una vez posicionados los husillos se procede a introducir ambos engranajes para cada husillo de manera que se permita la instalación del motor paso a paso en su posición sin que estos nos estorben. Como se indica, se monta el motor paso a paso y el soporte ajustándolo mediante las varillas roscadas M5 x 135 DIN976 y sus respectivas tuercas M5 ISO4034 e igual que en el caso anterior, modificar esta distancia de manera que queden los engranajes acoplados entre sí y los husillos queden completamente apoyados en los cojinetes.

Se instala el sensor de desplazamiento en la parte posterior de la mordaza 1 mediante los 4 tornillos M4 x 16 DIN912 y el perfil en L que será el encargado de realizar el contacto del vástago del sensor. Este perfil se instala en la parte inferior del soporte de la zona del motor paso a paso mediante 4 tornillos M2 x 4 DIN912. Instalar también ambas seguridades frente atrapamientos, el acrílico superior con su bisagra y la tapa de la zona de engranajes.

Finalmente se proceden a instalar el metacrilato superior y sus bisagras y la tapa para los engranajes.

8.3 Manual de utilización

Este apartado indica como proceder para la utilización del banco de ensayos a fluencia para polímeros sin atender al procedimiento recogido en las normativas de cada ensayo explicadas en el punto 3.2 del proyecto.

1. Accionar el interruptor general del sistema eléctrico del banco de ensayos a fluencia para polímeros para posicionar la mordaza 1 en la posición correcta.
2. Colocar la probeta en su alojamiento, ajustándola mediante la parte superior de ambas mordazas con el apriete calculado en el apartado 5.4 de 2,21 Nm.
3. Aportar el tipo de ensayo y los parámetros del ensayo a la máquina haciendo uso de la pantalla táctil, mediante su interfaz gráfica. Una vez introducidos comienza el ensayo.
4. Dejar que el banco acabe de realizar el ensayo deseado o, en caso contrario, detenerlo si se observa algún tipo de anomalía en el procedimiento del ensayo.
5. Retirar la probeta y analizar los datos obtenidos en dicho ensayo.

8.4 Manual de mantenimiento

El banco de ensayos a fluencia está diseñado para que el mantenimiento que se le ha de realizar sea nulo. No obstante, se han de detallar una serie de recomendaciones que se han realizar con regularidad.

8.4.1 Sistema de translación

- Revisar el estado de las guías lineales. Sustituirlas en caso de excesivo desgaste.
- Revisar el estado de los husillos y las tuercas. Sustituirlas en caso de excesivo desgaste.
- Revisar el estado de los cojinetes KFL08 y su correcta sujeción con el husillo. Sustituírlos en caso de desgaste, ajustar el prisionero en caso de un mal ajuste con el husillo.
- Revisar el estado de los engranajes. Sustituir en caso de desgaste excesivo.

8.4.2 Estructura y mordazas

- Asegurar el apriete de la tornillería.
- Comprobar el estado de la estructura. Verificando que no presenta deformaciones excesivas o grietas en ninguno de sus puntos, principalmente en aquellos donde se aplica la carga o en las cartelas.
- Revisar el estado de las mordazas asegurando una perfecta sujeción de las probetas.

8.4.3 Sistema de control

- Limpiar periódicamente el cajón de la electrónica para evitar sobrecalentamientos y acumulación de polvo.
- Revisar el cableado y las conexiones asegurando que todas ellas están en perfectas condiciones.

Bibliografía

- [1] William N. Findley, James S. Lai y Kasif Onaran, "Creep and Relaxation of Nonlinear Viscoelastic Materials", Nueva York , 1976.
- [2] Marc André Meyers y Krishan Kumar Chawla, "Mechanical Behavior of Materials", Nueva York, 2008.
- [3] ASM Handbook, "Fatigue and Fracture", Volumen 19, 1996.
- [4] A. Franck, TA Instruments Germany, "Viscoelasticity and dynamic mechanical testing"
- [5] UNE-EN 22768: "Tolerancias generales", 1994.
- [6] UNE 157 001:2014 "Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico", 2014.
- [7] ASTM E328-21: "Standard Test Methods for Stress Relaxation Tests for Materials and Structures", 2021.
- [8] ASTM D618-21: "Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing", 2021.
- [9] ASTM D638-22: "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics", 2022.
- [10] ASTM D2990-17: "Standard Test Methods for Tensile, Compressive, and Flexural Creep and Creep-Rupture of Plastics", 2017.
- [11] ISO 527-2:2012: "Plastics — Determination of tensile properties — Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics", 2012.
- [12] ISO 899-1:2018: "Plastics — Determination of creep behaviour — Part 1: Tensile creep", 2018.
- [13] ISO 6721-1:2020: "Plastics -- Determination of dynamic mechanical properties -- Part 1: General principles", 2020.
- [14] ASTM D638-22: "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics", 2022)
- [15] ASTM D2990-17: "Standard Test Methods for Tensile, Compressive, and Flexural Creep and Creep-Rupture of Plastics", 2017.

Índice de figuras

Figura 1- Equipos Instron	29
Figura 2 - Equipos MTS Systems Corporation	30
Figura 3 - Equipos EzTest Shimadzu Corporation	31
Figura 4 - Equipos AG-X Shimadzu Corporation.....	31
Figura 5 - Equipos Z0.5 - Z5 TS ZwickRoell	33
Figura 6 - Equipo techXpert ZwickRoell	34
Figura 7 - Gráfica característica del ensayo de relajación	41
Figura 8 - Probetas tipo 1A y 1B.....	42
Figura 9 - Representación simplificada del ensayo de fluencia	43
Figura 10 - Etapas del creep.....	43
Figura 11 - Ciclo dinámico de histéresis esfuerzo-deformación	44
Figura 12 - Vista general del banco de ensayos.....	47
Figura 13 - Estructura.....	48
Figura 14 - Mordaza 1	49
Figura 15 - Mordaza 2	49
Figura 16 - Sistema de translación.....	50
Figura 17 - Gráfica de funcionamiento del motor	58
Figura 18 - Factor de velocidad.....	62
Figura 19 - Factor de perfil de diente en el punto de paso.....	63
Figura 20 - Factor de trabajo.....	63
Figura 21 - Factor de lubricación	63
Figura 22 - Factor del material.....	63
Figura 23 - Máxima carga a flexión bajo condiciones estándares. ...	63
Figura 24- Factor de temperatura.....	64
Figura 25 - Error estructural husillo-tuerca	66
Figura 26 - Tensión equivalente (Von-Mises) en la tuerca	67
Figura 27 - Tensión equivalente (Von-Mises) en el husillo	67
Figura 28 - Deformación total husillo-tuerca.....	68
Figura 29 - Factor de seguridad husillo-tuerca	68
Figura 30 - Estado del contacto husillo-tuerca	69
Figura 31 - Penetración contacto husillo-tuerca.....	69
Figura 32 - Gap contacto husillo-tuerca.....	69
Figura 33 - Presión entre el contacto husillo-tuerca.....	69
Figura 34 - Error estructural engranajes	70
Figura 35 - Factor de seguridad engranajes.....	71
Figura 36 - Tensiones equivalentes (Von-Mises) engranajes.....	71
Figura 37 - Deformación total engranajes	71
Figura 38 - Estado de los contactos entre engranajes	72
Figura 39 - Penetración de los contactos entre engranajes	72

Figura 40 - Gap de los contactos entre engranajes	72
Figura 41 - Presión de los contactos entre engranajes.....	72
Figura 42 - Tensión equivalente (Von-Mises) estructura.....	74
Figura 43 - Error estructural de la estructura	74
Figura 44 - Deformación máxima estructura	75
Figura 45 - Factor de seguridad de la estructura	75
Figura 46 - Tensión equivalente (Von-Mises) mordaza 1	76
Figura 47 - Deformación máxima de la mordaza 1	77
Figura 48 - Factor de seguridad mordaza 1	77
Figura 49 - Error de cálculo mordaza 1	77
Figura 50 - Tensión equivalente (Von-Mises) mordaza 2	78
Figura 51 - Error estructural mordaza 2.....	79
Figura 52 - Deformación máxima mordaza 2.....	79
Figura 53 - Factor de seguridad mordaza 2	79

Índice de tablas

Tabla 1 - Características técnicas Instron	29
Tabla 2 - Características técnicas MTS Systems Corporation	30
Tabla 3 - Características técnicas EzTest Shimadzu Corporation.....	31
Tabla 4 - Características técnicas AG-X Shimadzu Corporation.....	32
Tabla 5 - Características técnicas Z0.5 - Z5 ZwickRoell	33
Tabla 6 - Características técnicas techXpert ZwickRoell	34
Tabla 7 - Resumen características técnicas fabricantes	35
Tabla 8 - Requisitos de funcionamiento del banco de ensayos.....	39
Tabla 9 - Medidas de las probetas tipo 1A y 1B.....	42
Tabla 10 - Características relevantes de los materiales.....	56
Tabla 11 - Tabla de aprietes para tornillos en Aluminio 5083.....	65
Tabla 12 - Parámetros de corte	80

