



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**Desarrollo de una silla impresa en 3d para
centros de enseñanza en un modelo de
economía circular**

Autor:

Kaehler Pardo, Carlos Daniel.

Tutor: Mansilla Gallo, Alberto

**Dpto. Ciencia de los Materiales e Ingeniería
Metalúrgica, Expresión Gráfica en la Ingeniería,
Ingeniería Cartográfica, Geodesia y
Fotogrametría, Ingeniería Mecánica e Ingeniería
de los Procesos de Fabricación**

Valladolid, abril 2024.



Resumen y palabras claves

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un banco de ensayos, el cual realizara pruebas de durabilidad y resistencia a cualquier tipo de sillas, estas deben cumplir las especificaciones y dimensiones descritas en las normas UNE EN 1729-1, la cual hace referencia a sillas para centros de enseñanzas. Los prototipos de sillas serán fabricados a través de la tecnología de impresión 3d FGF para así fomentar la economía circular. Este banco será equipado con sistemas de guías y husillos, los cuales se encargarán de posicionar las fuerzas sobre la silla en los puntos especificado por las normas UNE EN 1728 y 1729-2 y así poder realizar los respectivos ensayos. A su vez, se someterá el diseño CAD de la silla a un análisis de elementos finitos, en el software CATIA, para comparar resultados de fuerzas y desplazamientos obtenidos de la simulación con los resultados obtenido de pruebas realizadas con la máquina de ensayos, y así entender el comportamiento mecánico de sillas impresas en 3d.

Palabras claves: Banco de ensayos, Normativa UNE, Economía circular, Impresión 3d y Elementos finitos.

Abstract and keywords

This project focuses on the development of a test bench, which will carry out durability and resistance tests on any type of chairs, these must meet the specifications and dimensions described in the UNE EN 1729-1 standards, which refers to chairs. for educational centers. The chair prototypes will be manufactured using FGF 3D printing technology to promote the circular economy. This bench will be equipped with guide and spindle systems, which will be responsible for positioning the forces on the chair at the points specified by the UNE EN 1728 and 1729-2 standards and thus be able to carry out the respective tests. In turn, the CAD design of the chair will be subjected to a finite element analysis, in the CATIA software, to compare results of forces and displacements obtained from the simulation with the results obtained from tests carried out with the testing machine, and thus understand the mechanical behavior of 3D printed chairs.

Keywords: Test bench, UNE Regulations, Circular Economy, 3D Printing and Finite Elements.



Índice de contenido

Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Contenidos	3
Capítulo 2 Estado de la técnica	5
2.1 Banco de ensayos para sillas	5
2.2 Impresión 3D	7
2.3 Normativas aplicadas al proyecto.	8
2.3.1 Normativas UNE-EN	8
2.3.2 Directiva 2006/42/CE	18
2.3.3 Mercado CE	20
Capítulo 3: Modificación de sistema de banco de ensayos	23
3.1 Banco de ensayo inicial	23
3.2 Implementación de guía GUM	23
3.2.1 Actuador SMC	24
3.2.2 Guía GUM	28
3.3 Sujeción de los extremos del actuador y célula de carga	34
3.3.1 Célula de carga	35
3.3.2 Chanela y Junta cardan	36
3.4 Regulación de altura del actuador	38
3.4.1 Bancada inicial	38
3.4.2 Guías y husillo de HepcoMotion	39
3.5 Mecanizado de piezas	44
3.6 Cuadro eléctrico	45
3.7 Banco de ensayos mejorado	49
Capítulo 4: Ensayos y validación de silla impresa	51



4.1 Análisis de datos obtenidos en ensayos estático	52
4.2 Simulación por elementos finitos a silla ensayada (FEM).....	55
4.3 Validación de resultados de FEM con ensayo real	61
Capítulo 5: Costes económicos del proyecto.	63
Capítulo 6: Conclusiones e ideas futuras.....	65
Capítulo 7: Bibliografía	67
Anexos.....	71
1. Especificaciones técnicas de elementos	71
2. Documentación de directivas	95
3. Plano de piezas diseñadas	101
4. Planos del cuadro eléctrico.....	109
5. Tabla de resultado de ensayo (1 ciclo).	112



Índice de figuras

Figura 1 Máquina de ensayos: Double Alternating Bending Test Rig [7]	6
Figura 2 Ensayo sobre reposabrazos [8]	6
Figura 3 Banco de ensayos modelo: 40-920-020/021 [7].....	6
Figura 4 Banco de ensayos modelo: 40-930-080 [7].....	7
Figura 5 Sillas impresas para niños con proceso FGF [Imagen propia]	8
Figura 6 útil de carga del asiento-Dimensiones generales [10]	11
Figura 7 útil de carga del respaldo [10].....	11
Figura 8 útil reducido de carga sobre asiento [10].....	12
Figura 9 Plantilla para puntos de carga [10].....	12
Figura 10 Curvas de superficies de carga de la plantilla de posición [10]	13
Figura 11 Determinación del ángulo de inclinación del respaldo. [10]	14
Figura 12 Aplicación de F1 y F2 sobre la silla [10].....	14
Figura 13 Puntos de carga de asiento y respaldo [11].....	16
Figura 14 Medida de marcado CE [13].....	21
Figura 15 Banco de ensayo inicial [Imagen propia].....	23
Figura 16 Actuador SMC Modelo: LEY 40-EC-300WMD-R5C6181 [17]	24
Figura 17 Tipo de guiado: Casquillo deslizante [17].....	24
Figura 18 Modo de actuación: Husillo a bolas con correa [17]	24
Figura 19 Posicionamiento de la guía GUM con respecto al actuador [18] ...	29
Figura 20 Unión Placa-Actuador impresa en PLA [Imagen propia].....	34
Figura 21 Unión Guía GUM-Célula de carga impresa en PLA [imagen propia]	34
Figura 22 Montaje de actuador con piezas impresas en 3d [Imagen propia]	34
Figura 23 Célula de carga U10M [Imagen propia].....	35
Figura 24 Charnela macho rotulada con casquillos [Imagen propia].....	36
Figura 25 Unión mecanizada entre guía y celular de carga [Imagen propia] .	37
Figura 26 Tornillos tipo esparragos M16 [Fuente propia].....	37
Figura 27 Junta cardan 106AN14 Lasiom [20]	37
Figura 28 Sis charnela, unión mecanizada y junta cardan [Fuente propia] ...	38
Figura 29 Bancada inicial [imagen propia].....	39
Figura 30 Guías con carros y sistema de bloqueo [Imagen propia]	40
Figura 31 Esquema de cargas en el carro [22].....	41
Figura 32 Carga sobre sistema de guías [Fuente propia]	41



Figura 33 Husillo HBS1605RC7L1200 y tuerca DIN69051 [Imagen propia] .43	
Figura 34 Mecanizado para extremo apoyado del husillo [Imagen propia].....44	
Figura 35 Mecanizado para extremo fijo del husillo [Imagen propia].....44	
Figura 36 Extremo apoyado [Imagen propia].....44	
Figura 37 Extremo fijo [Imagen propia]44	
Figura 38 Placa con charnela macho rotulada [Imagen propia]45	
Figura 39 Escuadra de unión entre tuerca y placa [Imagen propia]45	
Figura 40 Escuadra de unión entre carrito y perfil fasten [Imagen propia].....45	
Figura 41 Placa para unir escuadra del husillo [Imagen propia].....45	
Figura 42 Cuadro eléctrico con componentes [Imagen Propia]46	
Figura 43 Cuadro eléctrico vista externa [Imagen propia].....46	
Figura 44 Driver JXC91 [Imagen propia]47	
Figura 45 Amplificador AE101 [Imagen propia]47	
Figura 46 DAQ NI USB-6001 [Imagen propia]48	
Figura 47 Banco de ensayo mejorado [Fuente propia]49	
Figura 48 Puntos de cargas para ensayo estatico [11]51	
Figura 49 Montaje de silla impresa para ensayo estático [Fuente propia]52	
Figura 50 Montaje de silla impresa vista trasera [Fuente propia]52	
Figura 51 Silla sin carga sobre el respaldo [Imagen propia]53	
Figura 52 Silla con carga de 215N sobre respaldo [Imagen propia]53	
Figura 53 Apoyo fijo pata trasera para simulacion [Imagen propia]55	
Figura 54 Apoyo deslizada pata delantera simulación [Imagen propia]56	
Figura 55 Apoyo deslizante sobre el asiento simulación [Imagen propia]56	
Figura 56 Carga sobre el asiento para simulacion [Imagen propia]57	
Figura 57 Carga sobre el respaldo de 215N [Imagen propia]57	
Figura 58 Condiciones de contorno y cargas simulación [Imagen propia].....58	
Figura 59 Simulación de desplazamiento vista frontal [Imagen propia]58	
Figura 60 Simulación de desplazamiento vista trasera [Imagen propia]59	
Figura 61 Esfuerzos de Von Mises obtenido en simulacion [Imagen Propia] .59	
Figura 62 Concentracion de tensiones 2 [Imagen propia]60	
Figura 63 Concentracion de tensiones 1 [Imagen propia]60	
Figura 64 Ensayo real sobre silla impresa [Imagen propia]61	
Figura 65 Simulación de ensayo por FEM [Imagen propia]61	



Índice de graficas

Grafica 1 Fuerzas permitidas para el actuador con dutyratio de 100% [17]..	25
Grafica 2 Cargas transversales que soporta el actuador por la carrera [17] .	26
Grafica 3 Cargas transversales absorbidas con guía GUM [18]	29
Grafica 4 Fuerza vs Desplazamiento, ensayo estático [Fuente propia]	54



Índice de tabla

Tabla 1 Determinación de las fuerzas del asiento y del respaldo [10].....	14
Tabla 2 Dimensiones y distintivos de tamaños de las sillas [14].....	15
Tabla 3 Punto de carga de asiento y respaldo [11].....	16
Tabla 4 Carga estática del asiento y el respaldo [11].....	17
Tabla 5 Cargas a fatiga sobre asiento y respaldo [11].....	17
Tabla 6 Relación entre fuerza de empuje y dutyratio [17].....	25
Tabla 7 Cargas transversal que soporta el actuador [Fuente propia].....	27
Tabla 8 Guía GUM(F)50-300-LEY40 [18].....	28
Tabla 9 Cargas soportadas con las guías GUM [Fuente propia]	30
Tabla 10 Comparación entre configuración sin y con guía [Fuente propia]	30
Tabla 11 Pesos de la guía GUM [18].....	32
Tabla 12 Resultado de protección del guiado [Fuente propia]	33
Tabla 13 Valores usados en ensayos estáticos [Fuente propia].....	51
Tabla 14 Costes Maquina de ensayo sin mejoras [3].....	63
Tabla 15 Costes de implementación de mejoras [Fuente propia]	64
Tabla 16 Coste total del banco de ensayo [Fuente propia]	64



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

**Desarrollo de una silla impresa en 3d para centros de enseñanzas en un
modelo de economía circular.**



Capítulo 1: Introducción

1.1 Antecedentes

Nos encontramos en una época donde lo más importante es fabricar lo más barato posible sin tomar en cuenta las consecuencias que esto le produce al medio ambiente, el modelo económico predominante mundialmente es el lineal, cuyas etapas son extraer, fabricar, consumir y desechar. Sin embargo, este sistema tiene un impacto considerablemente negativo para el medio ambiente, pues inevitablemente llevará al límite los recursos de nuestro planeta. [1]

Por ello, es urgente que comencemos a considerar un cambio de modelo económico. La economía circular se presenta como una opción atractiva. Esta alternativa se centra en valorar los productos, materiales y recursos, buscando su mantenimiento en el ciclo de consumo el mayor tiempo posible y minimizando la generación de residuos. [1]

Afortunadamente, muchas empresas están empezando a adoptar la economía circular. Esta transición no sólo ayuda a reducir el impacto ambiental y promueve la reutilización de materiales e impulsar el diseño ecológico, sino que también puede ser financieramente ventajosa y generadora de empleo.

Uno de los medios efectivos para implementar la economía circular es la tecnología de impresión 3D. Este proceso fabrica objetos tridimensionales a través de la adición sucesiva de material, es decir, se construye capa por capa, de abajo hacia arriba.

El uso de la impresión 3D ofrece una amplia gama de oportunidades y beneficios. Permite la creación de prototipos, lo que puede reducir los costos de los productos a probar. Cuando se necesitan piezas de alta complejidad o múltiples prototipos, esta técnica es particularmente útil, ya que los materiales utilizados pueden ser reutilizados, reduciendo los residuos y la contaminación.

El material más comúnmente utilizado en la impresión 3D es el plástico, debido a su versatilidad y amplia gama de aplicaciones en diversos proyectos. Sin embargo, actualmente es posible emplear una variedad de materiales, como metal, hormigón e incluso tejido vivo. En el futuro, se anticipa la realización de pruebas en muebles impresos en 3D, lo que podría ser una manera eficiente de ahorrar recursos materiales y disminuir la contaminación.



Por último, se considerará el diseño, el desarrollo y la construcción de un banco de pruebas que permita realizar ensayos en muebles, especialmente en sillas, así como en otros objetos, cumpliendo con las normativas correspondientes como la UNE-EN 1022:2019, UNE-EN 1728:2013, UNE EN 1729-1_ES y UNE-EN 1729-2:2012+A1:2015 las cuales están enfocadas en sillas. Este proyecto también proporcionará un recurso valioso para los estudiantes de ingeniería, apoyando tanto sus prácticas como sus estudios en la validación de simulaciones de elementos finitos, permitiéndoles enfrentar problemas del mundo real y formarse como ingenieros.

1.2 Objetivos

1-El objetivo principal de este trabajo de fin de grado es desarrollar un banco de ensayos para someter sillas para centros de enseñanzas impresas en 3d fabricada a través del proceso de fabricación FGF a ensayos tanto estático como a fatiga, definido por las normas:

- UNE-EN 1022 “Asientos determinación de estabilidad “
- UNE-EN 1728:2013 “Mobiliario. Asientos. Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia y de la durabilidad”
- UNE EN 1729-1_ES “Mobiliario centro de enseñanzas parte1 Dimensiones funcionales”
- UNE-EN 1729-2:2012+A1:2015 “*Mobiliario. Sillas y mesas para centros de enseñanza. Parte 2: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo*” teniendo en cuenta también las normas.

2-Otro objetivo es incorporar mecanismos para facilitar la manipulación del banco de ensayos, colocando sistemas guías y husillos para posicionar las fuerzas según la normativa y así facilitar la manipulación para el operario, todo esto teniendo en cuenta aspectos del marcado CE en el cual se recoge la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

3-Además de la realización de una simulación por elementos finitos para poder comparar los resultados con la realidad al momento de realizar los ensayos y poder validar los resultados de simulaciones.

En cuanto a los objetivos secundarios se plantean los siguientes:

- El banco de ensayo será utilizado como una herramienta educativa por los estudiantes de la Universidad de Valladolid en cursos de grado y máster de



ingeniería, influyendo en el desarrollo de su formación profesional para que sean capaces de realizar ensayos y comparar resultados con simulaciones.

- Fomentar el concepto de economía circular como un medio para mejorar el estado de nuestro planeta y minimizar la generación de residuos.

1.3 Contenidos

Antes de comenzar, se describe un resumen del contenido de cada capítulo de este trabajo de fin de grado, los cuales se mencionan a continuación:

- **Capítulo 1: Introducción.**
Este capítulo se enfoca en presentar y situar los temas más relevantes los cuales se irán profundizando en los siguientes capítulos, y establece los objetivos principales y secundarios que se buscan alcanzar con este proyecto.
- **Capítulo 2: Estado de la técnica.**
Se presentan distintos bancos de ensayos para asientos fabricadas por la empresa alemana Hegewald & Peschke Mess- und Pruftechnik GmbH donde a través de un estudio del mercado inicio la toma de ideas para la construcción y mejoras de nuestro banco de ensayos, además, se analizan las normativas UNE y la directiva especificada necesarias para realizar los ensayos y garantizar la seguridad de los trabajadores.
- **Capítulo 3: modificación del sistema del banco de ensayos.**
En este capítulo se explican las mejoras realizadas al banco de ensayos para mejorar la calidad de los ensayos y aumentar la versatilidad de esta, se explican los componentes de la maquina con sus limitaciones, además de una descripción básica de la construcción del cuadro eléctrico con sus componentes.
- **Capítulo 4: Ensayos y validación de silla impresa.**
Este capítulo aborda el ensayo real realizado con sus respectivos datos y se compara con una simulación realizada por elementos finitos para así poder validar los resultados.
- **Capítulo 5: Costes económicos del proyecto.**
Este capítulo expone los costos agregando el precio de las mejoras realizadas con todos sus componentes, tornillerías, equipos, etc. Para obtener un precio final de la maquina hasta el momento, partiendo del banco de ensayo que se tenía inicialmente.



- Capítulo 6: Conclusión e ideas futuras.

En este capítulo se concluyen los resultados obtenidos de los ensayos a sillas impresas en 3d y se analizan si se cumplen los objetivos planteados en el capítulo 1 además se planteando mejoras futuras para la máquina.

- Capítulo 7: Bibliografía

Se enumeran tanto los títulos, las referencias utilizadas y los TFG anteriores o similares a este proyecto que han sido particularmente útiles para la elaboración de este trabajo de fin de grado.



Capítulo 2 Estado de la técnica

2.1 Banco de ensayos para sillas

Se investigaron varias empresas dedicadas a la construcción y desarrollo de estas máquinas las cuales son: **Haida International Equipment Co. Ltd.** y **GESTER Instruments Co. Ltd.** Para más información acerca de estas empresas consultar el TFG de Alejandro García Rodríguez [3]

Pero la que más destaca en esta investigación es **Hegewald & Peschke Mess- und Pruftechnik GmbH** ya que fue la que más proporciono información e ideas para la realización de este trabajo. [6]

Por lo tanto, este proyecto se ha inspirado a partir de la compañía la compañía Hegewald & Peschke Mess- und Pruftechnik GmbH, una firma alemana fundada en 1990.[6]

Esta empresa resalta por su fabricación y desarrollo de maquinaria de alto rendimiento destinada a pruebas destructivas de materiales en distintos tipos de mobiliario. En 1995, fue construido su primer banco de pruebas ensayar muebles, desde entonces la empresa ha experimentado un crecimiento constante a lo largo del tiempo.[6]

Además de la fabricación de máquinas de pruebas para muebles, Hegewald & Peschke Mess- und Pruftechnik GmbH también se especializa en brindar servicios de ensayos para materiales metálicos, son una empresa capaz de desarrollar un banco de ensayo que se adapte a las necesidades del cliente, y dispositivos que pueden medir la longitud en una dimensión.[6]

Como ejemplo de esta empresa tomamos Double Alternating Bending Test Rig con una gran versatilidad a la hora de realizar ensayos para sillas de oficinas, la cual cumple las normas EN1335- “Mobiliario de oficinas”, EN581-2- “Requisitos mecánicos de seguridad y método de ensayos para asientos para mobiliario exterior” y la norma EN1728-“Métodos de ensayos de sillas” que es una de las normas que tomamos en cuenta para realizar este proyecto.[7]

Esta primera máquina es una de las más versátiles ya que permite realizar ensayos tanto estáticos así como a fatiga sobre asiento y respaldo con una gran cantidad de combinaciones y fuerzas posibles ya que esta está compuesta por una gran variedad de actuador hidráulicos, los cuales permiten realizar ensayos a fatiga sobre el asiento y reposabrazos con los útiles de carga descritos en normas antes mencionadas, además de la realización de ensayos a fatiga

sobre los reposabrazos y sobre el asiento en distintos puntos. Se recomienda ver video de realización de ensayos. [8]



Figura 1 Máquina de ensayos: Double Alternating Bending Test Rig [7]



Figura 2 Ensayo sobre reposabrazos [8]

La máquina de la figura 1 y 2 tiene un coste de 57500 euros, si se desea adquirir solo la parte de la máquina que realiza el ensayo sobre asiento y respaldo (máquina que realiza el ensayo a la silla blanca de la figura 1), el costo sería de 43000 euros, hay que tomar en cuenta que los costos de envío a España son de 5000 euros.

A continuación, se presenta un segundo banco de ensayos (Figura 3) del cual se estudió la forma de la estructura para el diseño de nuestra máquina de ensayos, ya que comparando esta máquina con la propuesta anteriormente, aquí se puede observar que el actuador que aplica la carga sobre el respaldo pasa a través de una estructura que es desplazada por otro actuador que aplica la carga sobre el asiento, esta configuración ha sido tomada en cuenta para futuras mejoras de la máquina. En cuanto a la normativa sigue las mismas normas mencionadas anteriormente.



Figura 3 Banco de ensayos modelo: 40-920-020/021 [7]

La máquina de Banco de ensayos modelo 40-920-020/021 tiene un costo de 30000 euros más 5000 euros de envío.

La siguiente máquina de ensayos “Prufstand fur Kippfalltests” la cual es muy distinta a las mencionadas anteriormente, en cuanto a la estructura se refiere, fue de gran inspiración para el banco de ensayo se ya que la bancada se realizó con un diseño muy similar al que se muestra a continuación, además que también se tomaron en cuenta la manera que se aplican las cargas sobre el respaldo y el asiento para posibles ideas futuras.



Figura 4 Banco de ensayos modelo: 40-930-080 [7]

2.2 Impresión 3D

La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, es el proceso de fabricación por laminación para crear un objeto a partir de un diseño CAD, a través de la colocación sucesiva de materiales en forma de filamento. Esta tecnología ha revolucionado muchos sectores, como la fabricación, la ingeniería, la medicina y el arte, porque permite crear formas muy personalizadas y complejas.

Hay una gran variedad de materiales que se pueden utilizar con esta tecnología como materiales plásticos donde los más comunes son el PLA (ácido poliláctico) y el ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) además de materiales como resinas, metálicos, cerámicos entre otros.

Las sillas que se desean ensayar serán fabricadas por deposición fundida (FGF) es una técnica de impresión 3D que utiliza gránulos de material en lugar de los filamentos empleados en el modelado por deposición fundida (FDM).

La FGF permite utilizar una amplia gama de termoplásticos, desde los materiales más comunes como el PLA o el ABS hasta materiales industriales con mejores características mecánicas. Esto permite producir piezas con diferentes propiedades que pueden utilizarse para una gran variedad de tareas.

En la siguiente imagen se pueden observar varias sillas impresas con distintos materiales utilizando el proceso de impresión FGF.



Figura 5 Sillas impresas para niños con proceso FGF [Imagen propia]

En la FGF, los gránulos pasan a través de un tornillo sin fin en una zona de calentamiento donde se funden y luego se extruyen a través de una matriz. Al igual que con la FDM, el material fundido se aplica capa por capa según una secuencia especificada en el diseño 3D. Cuando se completa una capa, se coloca una nueva capa sobre la anterior. Este proceso se repite hasta que el objeto está completo.

2.3 Normativas aplicadas al proyecto.

2.3.1 Normativas UNE-EN

UNE-EN es una abreviatura utilizada en las normas emitidas por la Unión Española de Normalización. Esta designación indica que la norma es una aplicación directa de una norma europea.

En su forma abreviada, UNE significa "Una Norma Española" y EN se refiere a "European Norm" o Norma Europea. Junto con esta designación, "UNE-EN" significa que la norma es una aplicación directa de una norma europea existente.



Las normas UNE-EN se utilizan en toda la Unión Europea y son las mismas en todos los países miembros. Proporcionan un conjunto común de especificaciones y procedimientos para garantizar la calidad, seguridad, rendimiento y compatibilidad de los productos y servicios en toda la UE. Las empresas utilizan estas normas para demostrar el cumplimiento de la normativa de la UE, facilitar el comercio y garantizar la satisfacción del cliente.

A continuación, se mencionan las normas utilizadas en la realización de este proyecto y los aspectos más importantes que se tienen en cuenta de esas normas:

- **Norma UNE-EN 1022 “Asientos determinación de estabilidad”**

Es la norma más general a cuantos asientos se refiere, todas las normas siguientes se derivarán de esta.

Esta norma especifica métodos de ensayos y sus requisitos, va destinada a la determinación de todo tipo de sillas para adultos de hasta 110kg de peso, independientemente del tipo de uso, el diseño, proceso de fabricación y material usado.

Para obtener más información de esta norma [9] se recomienda ver directamente la normativa mirar el TFG “Desarrollo y construcción de un banco de ensayos a fatiga para asientos” [3] de García Rodríguez, Alejandro.

- **Norma UNE-EN 1728 “método de ensayo para la determinación de la resistencia y de durabilidad”** la cual nos especifica que las fuerzas deben aplicarse tan lentas como sea posible tanto sobre el asiento como en el respaldo.

La norma nos especifica que las fuerzas estáticas deben mantenerse un aproximado de (10 ± 2) s y la fuerza aplicada en los ensayos de durabilidad deben mantenerse durante (2 ± 1) s, a menos que dependiendo de la silla y el tipo de ensayo se puede establecer otro criterio.

También nos indica las tolerancias permitidas del equipo de ensayo, las cuales son las siguientes:

- Fuerza: $\pm 5\%$ de la fuerza nominal.
- Velocidad $\pm 5\%$ de la velocidad nominal.
- Masas: $\pm 1\%$ de la masa nominal.



- Dimensiones: $\pm 1\text{mm}$ de la dimensión nominal.
- Ángulos: $\pm 2^\circ$ del al ángulo nominal.

La precisión de la posición de los útiles de carga y de las placas de impacto debe ser de 5mm.

Además, establece que los útiles de carga deben ser capaces de girar respecto a la dirección de la fuerza aplicada. Además que el punto de articulación debe estar tan cerca de la superficie de aplicación de la carga como sea posible. Si un útil de aplicación de carga es propenso a deslizarse se deberá colocar un material antideslizante entre el útil y la pieza de espuma.

También nos menciona que el suelo o bancada donde está apoyada la silla debe ser horizontal, plano y rígido con una superficie lisa.

Los topes que se utilizan se usan para evitar que la silla deslice, pero no evita el vuelco, los topes no deben tener una altura superior a 12mm con excepción de que el diseño del asiento requiera que los topes tengan más altura. No se exige una altura mínima.

En cuanto a la espuma que se coloca sobre el útil de carga debe tener una densidad aparente de $(120 \pm 25) \text{ kg/m}^3$ con un espesor de 25mm o 10mm, la espuma puede estar unida al útil de carga o estar colocada entre el útil de carga y la estructura de ensayo.

La norma establece los siguientes útiles de carga con las respectivas dimensiones:

- o útil de carga sobre el asiento: La superficie de contacto debe ser dura y lisa, con las siguientes dimensiones.

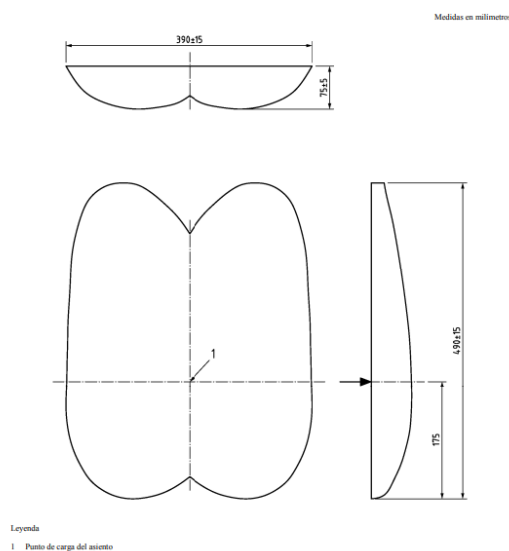


Figura 6 útil de carga del asiento-Dimensiones generales [10]

- o útil de carga del respaldo: Este útil tiene forma rectangular, cuya superficie de carga se curva a lo largo de la anchura útil, con el radio de curvatura especificado en la siguiente imagen y cuyos bordes periféricos están redondeados, las dimensiones se muestran a continuación.
- o Útil reducido de carga en el asiento: Es un objeto cilíndrico y rígido cuya superficie de carga tiene una curvatura esférica convexa y cuyo borde esta redondeado, este útil de carga se utiliza para algunos ensayos y sillas en las cuales no sea posible usar el útil de carga de la figura 7

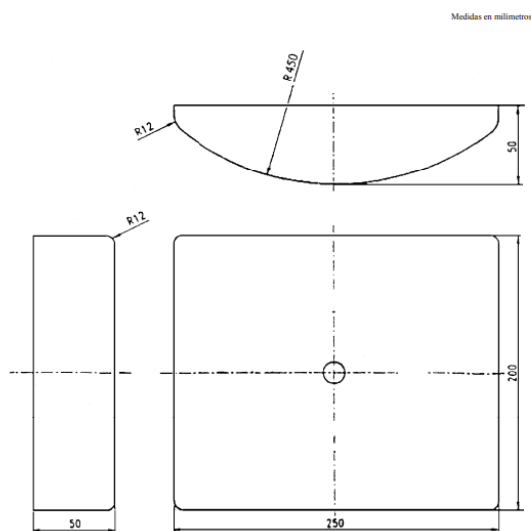


Figura 7 útil de carga del respaldo [10]

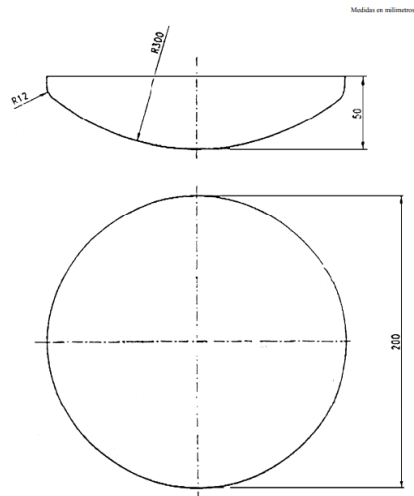


Figura 8 útil reducido de carga sobre asiento [10]

Para determinar los puntos de carga del asiento y del respaldo se pueden determinar con la siguiente plantilla descrita por la norma, la cual esta formada por dos elementos unidos en sus extremos mediante un eje articulado.

La forma del contorno de la plantilla esta diseñada de tal forma que hace que esta pueda hundirse o adaptarse a la tapicería de la silla, con esta podemos marcar los puntos donde se aplicaran las fuerzas sobre la silla tomando en cuenta las dimensiones de la siguiente imagen.

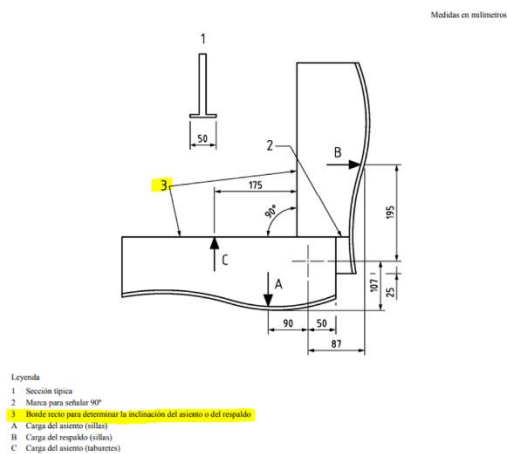
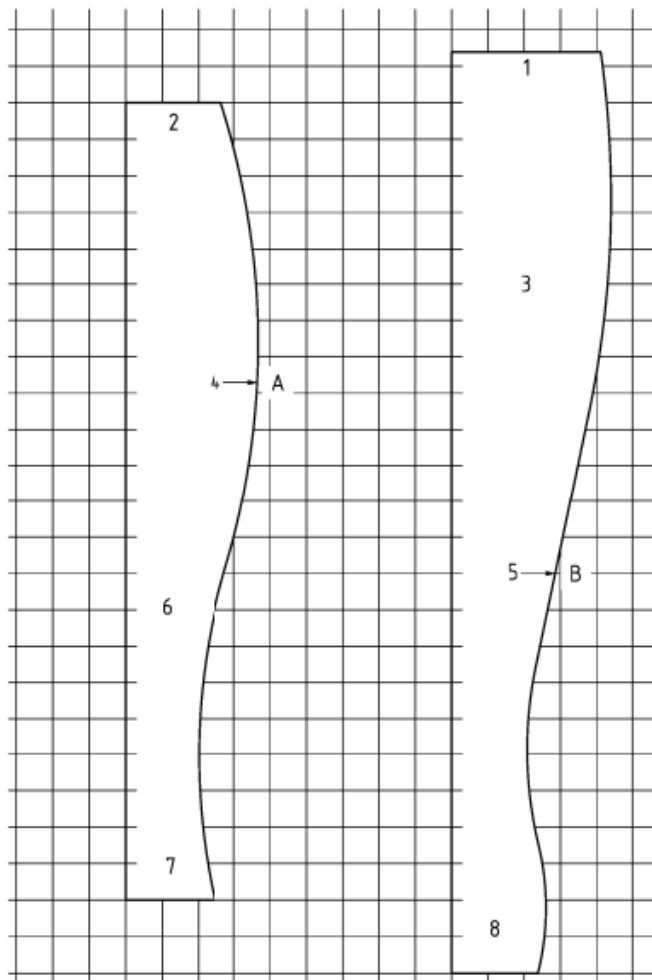


Figura 9 Plantilla para puntos de carga [10]



Escala: 1 cuadrado = 20 mm

Leyenda

- | | | |
|----------------------|----------------------|-------------------|
| 1 Parte superior | 4 Carga del asiento | 7 Parte delantera |
| 2 Parte posterior | 5 Carga del respaldo | 8 Parte inferior |
| 3 Pieza del respaldo | 6 Pieza del asiento | |

Figura 10 Curvas de superficies de carga de la plantilla de posición [10]

Ya que trabajamos con una silla impresa en 3D que no tiene tapicería la norma nos dice que en el caso que no se pueda usar la plantilla el punto de carga del asiento debe estar situado a 175mm de la línea de unión asiento/respaldo, o el punto más próximo a esta posición que permita aplicar la fuerza sobre el asiento

En cuanto a la carga del respaldo sino usamos la plantilla de carga debemos aplicar la carga a 100mm por debajo de la parte superior del respaldo

Con la plantilla también podríamos medir el ángulo de inclinación del respaldo ya que este trae unas marcas y con algún instrumento de medida angular sería

posible saber este ángulo, pero como la silla se ha diseñado con un programa CAD, ya se disponen de estas medidas.

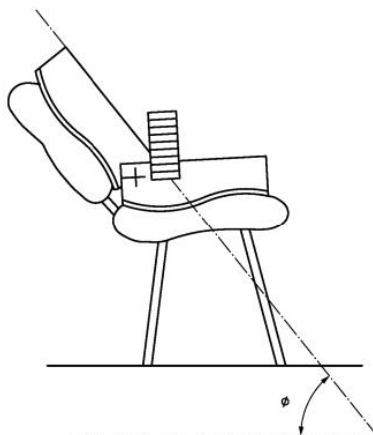


Figura 11 Determinación del ángulo de inclinación del respaldo. [10]

Para determinar de las fuerzas del asiento y el respaldo se sigue la siguiente tabla además de tomar en cuenta el tipo de silla que se quiere ensayar:

Ángulo de inclinación del respaldo \varnothing	Fuerza del asiento F_1 (N)	Fuerza del respaldo F_2 (N)
Respaldo inclinado con un ángulo de 70° o más respecto a la horizontal	Fuerza especificada	Fuerza especificada
Respaldo inclinado con un ángulo comprendido entre 55° y 70° respecto a la horizontal	Fuerza especificada $\times \sin(\varnothing)$	$((\varnothing/60^\circ) - 0,1666)$ Fuerza especificada $\times \cos \varnothing$
Respaldo inclinado con un ángulo menor de 55° respecto a la horizontal	$0,75 \times$ Fuerza especificada	$0,75 \times$ Fuerza especificada $\times \cos \varnothing$

Tabla 1 Determinación de las fuerzas del asiento y del respaldo [10]

Se aplica la fuerza F_1 mediante el útil de carga sobre el asiento y manteniendo esta fuerza F_1 , se aplica la fuerza F_2 mediante el útil de carga del respaldo, cuando se ha aplicado completamente la fuerza sobre el respaldo, la dirección de la fuerza aplicada de tener un ángulo de $(90 \pm 10)^\circ$ con respecto al plano del respaldo.

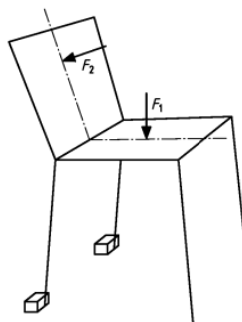


Figura 12 Aplicación de F_1 y F_2 sobre la silla [10]

Norma UNE-EN 1729-1 “Sillas y mesas para centros de enseñanzas Parte 1: Dimensiones funcionales”

Esta norma se tomó en cuenta al momento de fabricar las sillas impresas en 3D siguiendo las siguientes tablas de medidas:

Todas las dimensiones en milímetros salvo que se indique otra cosa

Distintivo de tamaño	0	1	2	3	4	5	6	7
Código de color	Blanco	Naranja	Violeta	Amarillo	Rojo	Verde	Azul	Marrón
Rango poplíteo (sin zapatos)	200–250	250–280	280–315	315–355	355–405	405–435	435–485	485+
Rango de estatura (sin zapatos)	800 –950	930 –1 160	1 080 –1 210	1 190 –1 420	1 330 –1 590	1 460 –1 765	1 590 –1 880	1 740 –2 070
h_8 Altura del asiento ± 10	210	260	310	350	380	430	460	510
t_4 Profundidad útil del asiento ± 15 (0-2), ± 25 (3-7)	n/a	n/a	n/a	300	340	380	420	460
b_3 Anchura del asiento (mínima)	210	240	280	320	340	360	380	400
x Distancia entre el punto S y la parte trasera del asiento (máxima)	n/a	n/a	n/a	30	30	50	50	50
h_7 Altura del respaldo (mínima)	100	100	100	100	100	100	100	100
b_4 Anchura del respaldo (mínima)	n/a	n/a	n/a	260	270	300	330	360
r_2 Radio horizontal del respaldo (mínimo)	n/a	n/a	n/a	300	300	300	300	300
α Inclinación del asiento	n/a	n/a	n/a	-5° a $+7^\circ$	-5° a $+7^\circ$	-5° a $+7^\circ$	-5° a $+7^\circ$	-5° a $+7^\circ$
γ Ángulo entre el asiento y el respaldo	n/a	n/a	n/a	95° a 110°	95° a 110°	95° a 110°	95° a 110°	95° a 110°
p Altura del brazo por encima del asiento -20 a $+10$	n/a	n/a	n/a	170	190	210	230	250
r Anchura entre los brazos	n/a	n/a	n/a	360–410	390–440	420–470	460–510	510 - 570
q Distancia del respaldo a la parte delantera del brazo (máxima)	n/a	n/a	n/a	n/a	225	250	275	300
o Anchura del brazo (mínima)	n/a	n/a	n/a	n/a	20	20	20	20
n Longitud del brazo (mínima)	n/a	n/a	n/a	n/a	80	80	80	80

Tabla 2 Dimensiones y distintivos de tamaños de las sillas [14]

Para obtener más información de esta norma consultar el TFG de Masilla Boyano, P. Análisis de parámetros del proceso de Impresión 3D FGF. Aplicación a la fabricación de mobiliario. [15]

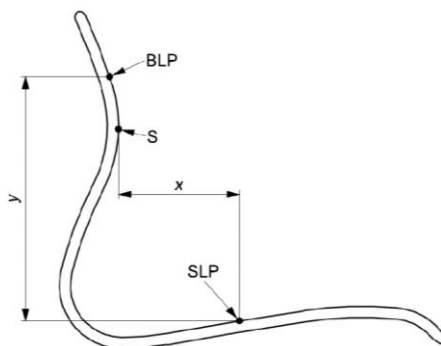
- Norma UNE-EN 1729-2 2012+A1_ES “Mobiliario centro de enseñanzas Parte 2 requisitos de seguridad y métodos de ensayos”

Esta es una de las normas más importantes para este proyecto ya que la silla impresa en 3d ha sido diseñada para centro de enseñanzas para niños.

Esta norma habla sobre requisitos de seguridad y métodos de ensayos para las sillas y mesas para propósitos educativos generales, de uso en los centros de enseñanzas.

Las normas EN 1022 o EN 1728, indican el método necesario para determinar donde se deben aplicar las cargas en el asiento y respaldo, pero estas normativas no son siempre posibles aplicarlas a asientos de uso escolar.

Esta norma nos indica que el punto de carga del asiento debe medirse por delante del punto S, y el punto de carga del respaldo debe medirse por arriba de un punto situado en la vertical por debajo del punto S.



Leyenda

BLP Punto de carga del respaldo

S Punto S

SLP Punto de carga del asiento

x Distancia entre el punto S y el punto de carga del asiento

y Distancia entre el asiento y el punto de carga del respaldo

Figura 13 Puntos de carga de asiento y respaldo [11]

Distintivo de tamaño de silla	Distancia entre el punto S y el punto de carga del asiento (x) mm	Distancia entre el asiento y el punto de carga del respaldo (y) mm
0 y 1	120	180
2	130	200
3	145	250
4	160	300
5	175	300
6	185	300
7	185	300

Tabla 3 Punto de carga de asiento y respaldo [11]

Para localizar el punto S se debe usar el Dispositivo de Medida de las Sillas Escolares (DMSE) para sillas de talla 3 a 7, para silla de talla menor no es posible utilizar este util por lo que para un valor de sillas menores el punto S se localiza en el cambio de discontinuidad del respaldo

Para mas informacion acerca del DMSE, se debe mirar el anexo F de la norma EN 1729-1

Ahora las cargas que se deben aplicar sobre las sillas escolares dependiendo de la talla son las siguientes para el ensayo estático de asiento y respaldo

Distintivo de tamaño de la silla	Ciclos	Carga del asiento (SL)	Carga del respaldo (F)
		N	N
0 y 1	10	1 300	Máx. 410
2	10	1 600	Máx. 450
3	10	1 600	Máx. 560
4	10	2 000	Máx. 700
5	10	2 000	Máx. 700
6	10	2 000	Máx. 700
7	10	2 000	Máx. 700

Tabla 4 Carga estática del asiento y el respaldo [11]

Y para el ensayo de durabilidad

Distintivo de tamaño de la silla	Carga del asiento (SL)	Carga del respaldo (F)	Ciclos
	N	N	
0 y 1	–	–	–
2	–	–	–
3	–	–	–
4	1 250	300	100 000
5	1 250	300	100 000
6	1 250	300	100 000
7	1 250	300	100 000

Tabla 5 Cargas a fatiga sobre asiento y respaldo [11]



2.3.2 Directiva 2006/42/CE

La Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, conocida como Directiva de Máquinas, se adoptó el 17 de mayo de 2006. El objetivo de esta directiva es armonizar los requisitos de salud y seguridad aplicables a las máquinas y a determinados productos que presentan riesgos similares en el mercado interior de la Unión Europea (UE).

La Directiva se aplica a una amplia gama de equipos, como máquinas, componentes de seguridad, cadenas, cables y correas, dispositivos amovibles de transmisión mecánica y elevadores de carga y descarga. También se aplica a la maquinaria utilizada en la construcción de carreteras, la agricultura y la silvicultura, la maquinaria eléctrica y electrónica y otras.

Los requisitos de la Directiva de Máquinas establecen que los fabricantes o sus representantes autorizados en la UE deben garantizar que sus máquinas cumplen los requisitos esenciales de seguridad y salud. También deben preparar un expediente técnico y realizar una evaluación de riesgos de sus máquinas.

También deben firmar una declaración de conformidad de la UE antes de comercializar la máquina y asegurarse de que ésta lleva el marcado CE que indica que el producto cumple todas las directivas aplicables de la UE.

El incumplimiento de estos requisitos puede acarrear la retirada de la máquina del mercado de la UE, multas y posibles acciones legales.

Por lo tanto, la Directiva de Máquinas desempeña un papel fundamental a la hora de proteger la salud y la seguridad de los usuarios de maquinaria en la UE y de facilitar el comercio de maquinaria en el mercado interior de la UE.

La Directiva de Máquinas 2006/42/CE abarca una amplia gama de máquinas. A continuación, se detallan los aspectos más importantes:

- **Ámbito de aplicación:** la directiva se aplica a las máquinas, los componentes de seguridad, las cadenas, cuerdas y cinchas, los dispositivos amovibles de transmisión mecánica y los elevadores de carga y descarga.
- **Requisitos esenciales de salud y seguridad (EHSR):** Los fabricantes deben garantizar que sus máquinas cumplen los EHSR. Estos requisitos cubren aspectos como la estabilidad, la seguridad de los sistemas de



control, los riesgos de sobrecarga, el ruido y las vibraciones, las emisiones contaminantes y la ergonomía, entre otros.

- Evaluación de riesgos: los fabricantes deben llevar a cabo una evaluación de riesgos de sus máquinas, teniendo en cuenta todos los usos posibles de las mismas, incluidos los usos impropios pero previsibles. La evaluación de riesgos debe identificar los peligros que presenta la máquina, evaluar el riesgo asociado a esos peligros y definir medidas para reducir esos riesgos.
- Declaración de conformidad de la UE: Antes de comercializar una máquina, los fabricantes o sus representantes autorizados en la UE deben firmar una Declaración de conformidad de la UE. Esta declaración certifica que la máquina cumple todas las directivas aplicables de la UE.
- Mercado CE: Los fabricantes también deben asegurarse de que sus máquinas llevan el marcado CE. Este marcado indica que el producto cumple todas las directivas aplicables de la UE, incluida la Directiva sobre máquinas.
- Cumplimiento y aplicación: Los Estados miembros de la UE son responsables de hacer cumplir la Directiva de Máquinas y tomar medidas para sancionar su incumplimiento. Esto puede incluir la retirada de máquinas del mercado de la UE, multas y posibles acciones legales.

Información obtenida de Directiva 2006/42/CE del parlamento europeo de consejo de 17 de mayo de 2006 relativa a maquinas. [12]

En resumen, la Directiva 2006/42/CE sobre máquinas establece las normas de salud y seguridad que deben cumplir las máquinas para poder venderse en el mercado interior de la UE.



2.3.3 Mercado CE

El mercado CE es una certificación que se utiliza en determinados productos para indicar que cumplen los reglamentos y normas de la Unión Europea (UE). La abreviatura "CE" procede de la palabra francesa "Conformité européenne" y significa "conformidad europea". Este mercado puede encontrarse en muchos productos vendidos en el Espacio Económico Europeo (EEE), que incluye los 27 Estados miembros de la UE más Islandia, Liechtenstein y Noruega. Como España es miembro de la UE, está sujeta a la normativa sobre mercado CE.

El mercado CE no es una garantía de calidad, sino una marca obligatoria que indica que un producto cumple determinadas normas legales de la UE, especialmente en los ámbitos de la salud, la seguridad y el medio ambiente. Básicamente, el mercado CE permite que los productos circulen libremente por el EEE, haciendo saber a las autoridades reguladoras que el producto puede venderse y distribuirse legalmente.

Alrededor de 25 directivas como la mencionada anteriormente y reglamentos de la UE exigen el mercado CE para una gran cantidad de productos, como juguetes, productos sanitarios, maquinaria, equipos electrónicos y equipos de protección individual.

El proceso de obtención del mercado CE puede ser complejo y varía en función de la directiva o reglamento de la UE que se aplique al producto. En algunos casos, los fabricantes también pueden llevar a cabo una autoevaluación de la conformidad. Esto suele implicar una evaluación detallada de los riesgos y ensayos del producto, la implantación de un sistema de gestión de la calidad, el ensayo del producto y la emisión de una declaración UE de conformidad.

En el caso de productos con riesgos potencialmente mayores, puede ser obligatoria la evaluación de la conformidad por un "organismo notificado". Se trata de organismos independientes reconocidos oficialmente por los Estados miembros de la UE para realizar estas evaluaciones. Un organismo notificado puede realizar diversas tareas, como ensayos de productos, inspecciones de fábricas, certificación de sistemas de calidad e inspecciones de documentación técnica.

La Declaración UE de Conformidad es el documento por el que el fabricante o su representante autorizado declara que el producto cumple todas las disposiciones pertinentes de las directivas y/o reglamentos de la UE que exigen el mercado CE. Esta declaración debe contener información como el nombre y la dirección del fabricante, los detalles del producto, el procedimiento de

evaluación de la conformidad utilizado y la firma de la persona responsable de la organización.

Una vez que el producto ha sido declarado conforme y se ha elaborado la declaración UE de conformidad, el fabricante puede colocar el marcado CE en el producto. Este marcado debe ser visible, legible e indeleble.

Si el fabricante incumple estas obligaciones y coloca incorrectamente el marcado CE en el producto, puede ser objeto de sanciones que van desde multas hasta la retirada del producto del mercado. En muchos casos, los fabricantes también están obligados a conservar la documentación técnica en la que se detalla el procedimiento de evaluación de la conformidad.

A continuación, se muestra una imagen donde se explica como determinar las medidas de la etiqueta en función de la unidad que tome en cuenta

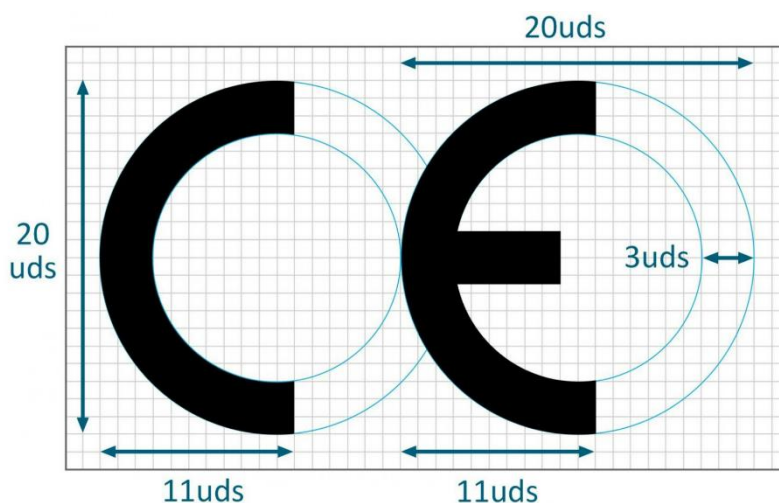


Figura 14 Medida de marcado CE [13]

Toda la información escrita anteriormente fue obtenida de Marcado CE para maquinas, Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR 2008.[13]



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

Capítulo 3: Modificación de sistema de banco de ensayos

3.1 Banco de ensayo inicial

Antes que nada, se presenta una imagen sin mejoras de la máquina de ensayos construida para la realización de este trabajo de fin de grado, donde se puede observar algunos de los componentes importante de la máquina, como sería el caso del actuador que aplicara la fuerza sobre el respaldo como lo dice la normativa UNE EN 1729-2 y un par de sargentos que simularan una carga sobre el asiento a través de un perfil de aluminio, además de otras series de piezas que iremos explicando más a detalle en este capítulo.

Es importante destacar que sobre esta imagen no está colocada ninguna silla impresa en 3d, se adquirió una silla normal para realizar ensayos y comprobar el funcionamiento de la máquina.



Figura 15 Banco de ensayo inicial [Imagen propia]

3.2 Implementación de guía GUM

Hay que tener en cuenta que debemos proteger el actuador de las cargas transversales y los momentos de flexión, puesto que este solo puede trabajar a cargas de tracción y compresión. Por lo tanto, se decide incorporar una guía GUM de SMC. Esta se encargará de absorber las cargas transversales. De este modo, podremos asegurar que al actuador sólo le llegarán cargas de tracción y compresión, optimizando su rendimiento y prolongando su vida útil.

3.2.1 Actuador SMC

Se menciona más a detalle de las características que debemos tener en cuenta en cuanto al actuador que disponemos, el cual realiza la carga sobre el respaldo de la silla.

La máquina de ensayos tiene incorporado un actuador eléctrico modelo LEY 40-EC-300WMD-R5C6181 de la marca SMC, el actuador seleccionado dispone de una carrera máxima de 300mm, permite aceleraciones y desaceleraciones de 3000mm/s^2 , con velocidades de 6 a 175mm/s además que permite aplicar una fuerza máx. de 1058N con un duty cycle de 100%.



Figura 16 Actuador SMC Modelo: LEY 40-EC-300WMD-R5C6181 [17]

Este equipo trabaja con un modo de actuación de husillo a bolas con correa, además de tener un tipo de guiado de casquillo deslizante como se pueden observar en las siguientes imágenes.

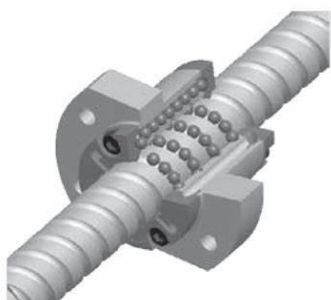
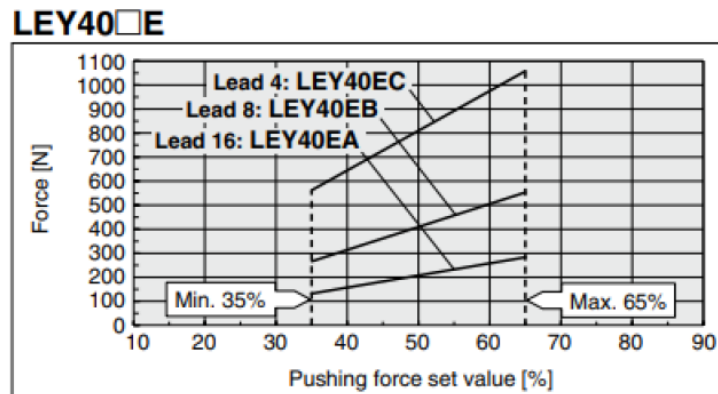


Figura 18 Modo de actuación: Husillo a bolas con correa [17]



Figura 17 Tipo de guiado: Casquillo deslizante [17]

A continuación, se muestra los rangos de trabajo de nuestro actuador, como se puede observar en la siguiente grafica un actuador LEY40EC permite aplicar una fuerza de 1058N con un duty ratio de 100%, a partir de cargas mayores a 1058N se debe tener en cuenta que el duty ratio será menor y la aplicación de una fuerza constante ya se verá limitada por el tiempo.



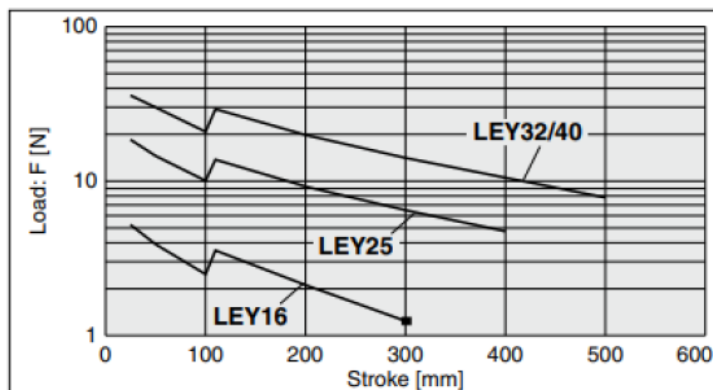
Grafica 1 Fuerzas permitidas para el actuador con dutyratio de 100% [17]

Ambient temperature	Pushing force set value [%]	Duty ratio [%]	Continuous pushing time [min]
40°C or less	65 or less	100	No restriction

Tabla 6 Relación entre fuerza de empuje y dutyratio [17]

Como podemos apreciar el ensayo que necesita la mayor carga sobre el respaldo del asiento sería el ensayo estático para una silla de tamaño 6 sería aplicando una carga de máx. 700N que vendrían siendo aproximadamente 70kgf ya que la norma UNE 1022 nos permite hacer la conversación de 1kgf=1N, por lo tanto, no tendremos problema a lo que se refiere el dutyratio.

Pero el principal problema que nos surge al momento de utilizar el actuador es que las cargas transversales pueden ocasionar que este se dañe por lo tanto debemos protegerlo de estas cargas, como se observa en el siguiente grafico al tener una carrera de 0 a 300mm podemos observar que cargas entre 8 a 35N podrían dañar el actuador.



Gráfica 2 Cargas transversales que soporta el actuador por la carrera [17]

Se tomarán 3 desplazamientos de vástagos para estudiar y comparar el comportamiento del actuador sin y con la guía GUM.

Se toman las siguientes medidas:

- Desplazamiento de 30mm: Este desplazamiento es el que normalmente hay entre actuador y respaldo del asiento, y es el desplazamiento aproximado que se usara en este TFG para realizar los ensayos.
- Desplazamiento de 140mm: Es un desplazamiento exagerado, pero es posible que ensayos posteriores realizados por otros alumnos requieran esta distancia.
- Desplazamiento de 300mm: Se toma este desplazamiento, el cual es la carrera máxima que puede realizar el vástago del actuador, no es necesario hacer que el vástago sobresalga tanto en este tipo de ensayos, pero igualmente se analizará.

De la gráfica 2 “cargas transversales que soporta el actuador en función de la carrera” podemos observar que con 30mm este aguanta unas cargas transversales igual a 35N que serían aproximadamente 3,5kgf.

En el caso de que el vástago se desplaza 140mm podemos determinar que la máxima carga transversal que aguanta el actuador es de aproximadamente 25N los cuales sería 2,5kgf.

En el caso más crítico que sería el desplazamiento de 300mm que es el máximo desplazamiento que puede realizar el vástago del actuador observamos que aguantaría cargas transversales de 15N las cuales son 1,5kgf.



En la siguiente tabla se adjuntan todos los valores obtenidos de la gráfica 2.

Desplazamiento Vástago (mm)	Cargas transversales (N)	Cargas transversales (kgf)
30	35	3.5
140	25	2.5
300	15	1.5

Tabla 7 Cargas transversal que soporta el actuador [Fuente propia]

Se observa que a medida que el desplazamiento del vástago aumenta el actuador soporta menos cargas transversales, por lo que es recomendable de ser posible usar recorridos cortos para hacer los ensayos.

Ya que existen varios tipos de ensayos se llevarán a cabo y esta máquina será usada por estudiantes, nos conviene garantizar la protección del actuador, por lo tanto, se decidió implementar un guiado externo el cual se encargará de absorber estas cargas y garantizar que el actuador no sufre.

Los valores de cargas transversales en función del desplazamiento de la tabla anterior los compararemos con los valores que soportaría el actuador con la guía incluida en el siguiente apartado.

Para obtener más información acerca de la elección del actuador y sus características electrónicas se puede consultar el TFG de Alejandro García Rodríguez [3], el catálogo de actuadores de SMC [17] y en los anexos.

3.2.2 Guía GUM

El problema planteado anteriormente lo solucionamos incorporando la siguiente guía GUM. El principal objetivo de esta guía es absorber las cargas transversales que impactan al actuador eléctrico, dado que este solo maneja cargas axiales.

Se ha seleccionado el modelo GUM(F)50-300-LEY40 ya que este cumple todas los criterios requeridos para la protección del actuador, para empezar, se explica cómo y porque se seleccionó este modelo.



Tabla 8 Guía GUM(F)50-300-LEY40 [18]

En primer lugar, se debió seleccionar entre dos tipos de guías, las cuales son GUM y GUL, las siglas GUM se refiere “casquillo de fricción” con este tipo de guía nos permite absorber mayor de cargas transversales que la opción GUL de las guías con “rodamientos por bolas” además que la opción de la guía GUM es más económica que la guía GUL.

En cuanto al código 50-300, el numero 50 nos hace referencia a la compatibilidad entre cilindro/unidad de guiado, ya que disponemos de un actuador LEY40 nos correspondería un tamaño GUM de 50. El valor de 300 simplemente corresponde a la carrera máxima del actuador que en nuestro caso es de 300mm.

Las siglas LEY 40 hace referencia al modelo de nuestro actuador, cabe destacar que es posible agregar un bloque de sujeción a este tipo de guías, pero en nuestro caso no fue necesario ya que este bloque de sujeción es recomendado para guías con carreras superiores a 500mm.

El cuerpo y la placa frontal de la guía seleccionada están hechas de aluminio anodizado, las columnas de acero cromado duro, los acoplamientos y tornillos de acero galvanizado y se pueden trabajar en un entorno con temperaturas de 5 a 90°C.

3.2.2.1 *Calculo de fuerza transversal máxima que absorbe la guía.*

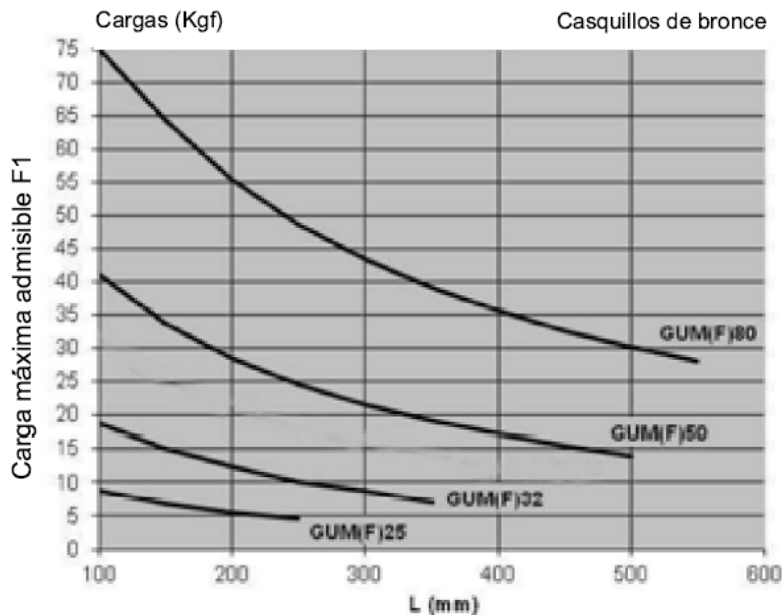
En cuanto al posicionamiento tenemos las opciones que se pueden apreciar en la siguiente imagen donde también se plantean las ecuaciones que nos permite determinar la carga soportada.



Figura 19 Posicionamiento de la guía GUM con respecto al actuador [18]

Como se puede observar la configuración que absorbería más carga sería colocando la guía de manera que las fuerzas a absorber fueran $F1$ y $F3$, pero debido a el espacio tan limitado que hay entre actuador y silla y las condiciones del ensayo, se colocó de la segunda forma la cual toma en cuenta las cargas $F2$ y $F4$.

Por lo que a partir de la siguiente grafica se procede a calcular estos valores para obtener las fuerzas transversales que el actuador puede soportar.



Grafica 3 Cargas transversales absorbidas con guía GUM [18]



De la gráfica anterior podemos obtener los valores de F1, F2, F3 Y F4, entrando en la gráfica con los valores de desplazamiento, interceptando la curva de GUM(F)50 y obteniendo el valor de la carga máxima admisible.

Desplazamiento del vástago (mm)	F1 Dinámico (kgf)	F2 Dinámico (kgf)	F3 Estático (kgf)	F4 Estático (kgf)
30	45	40,5	90	81
140	36	32,4	72	64,8
300	22	19,8	44	39,6

Tabla 9 Cargas soportadas con las guías GUM [Fuente propia]

De esta tabla ya sabríamos los valores de las cargas transversales que absorbería la guía si estuviera acoplada al actuador, el valor más importante y crítico de la tabla sería cuando sometemos al actuador a un ensayo de fatiga, como lo posicionamos de la manera 2 el valor que tendremos que tomar en cuenta sería el valor de F2.

A continuación, se observa la tabla donde se comparan las fuerzas transversales que soporta el actuador sin guías con las fuerzas que absorbería las guías.

Desplazamiento del vástago (mm)	Sin guías Cargas transversales (kgf)	Con guías Cargas máx. que absorbe la guía F2 (kgf)
30	3,5	40,5
140	2,5	32,5
300	1,5	19,8

Tabla 10 Comparación entre configuración sin y con guía [Fuente propia]

Como se puede apreciar al colocar este tipo de guía se consigue proteger el actuador hasta las cargas mostradas, pero para saber realmente si no van a llegar cargas superiores a las de la tabla anterior debemos calcular la reacción que producirá el respaldo de la silla.

Para obtener más información acerca de cómo elegir el modelo de guía indicado y sus características se recomienda mirar el anexo especificaciones técnicas de guías GUM/GUL y el catálogo de SMC Unidad de guiado GUM/GUL para ejes eléctricos de la serie Ley [18]

3.2.2.2 Cálculo de fuerza que produce contacto de la silla.

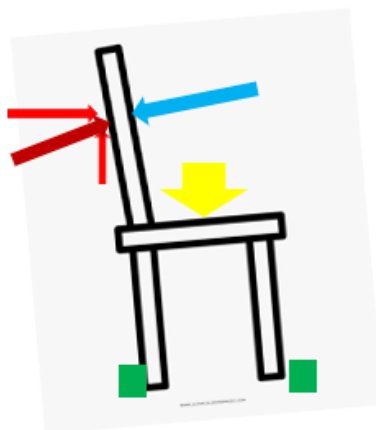
Para el siguiente cálculo de reacción usaremos como ejemplo de cálculo el ensayo más crítico del ensayo a fatiga el cual establece que para sillas de entre tamaños 4-7 se debe aplicar una carga sobre el respaldo de 300N y una carga sobre el asiento de 1250N, la cual viene expresada en la norma UNE-EN 1729-2 [11].

Para realizar este cálculo deberemos tener en cuenta un ángulo de inclinación del respaldo el cual tomaremos el más crítico permitido por la norma que es un valor de 70° con respecto a la horizontal por lo tanto el ángulo con el que el actuador tocará el respaldo será de 20°

A partir de la tercera ley de Newton “ley de acción y reacción” sabemos que, si el actuador aplica una fuerza de 300N sobre el respaldo, esta producirá una reacción de igual magnitud y sentido contrario.

Con este escenario planteado y este principio de acción y reacción ya se puede hacer el cálculo de la fuerza transversal máxima que llegaría al sistema de guiado.

Se procede a dibujar el siguiente croquis para visualizar datos y cargas



Donde los valores utilizados son:

Carga sobre asiento (Amarillo)=1250N

Carga sobre el respaldo (Azul)=300N

Ángulo de contacto de la carga (Azul) con respecto a la horizontal= 20°

Este sistema se aplica la carga sobre el asiento de 1250N con esta carga se hace la suposición que toda la parte inferior de la silla estaría empotrada,



después se va aplicando la carga sobre el respaldo hasta llegar al punto más crítico.

Para calcular la carga transversal simplemente aplicamos la formula

$$\sin \alpha = \frac{CO}{hip}$$

Donde:

$$\alpha = 20$$

$$Hip=300N$$

CO= reacción transversal

Y obtenemos que la reacción transversal que llegaría al sistema de guiado seria 102.6N que serían 10.26kgf.

Hay tener en cuenta también el peso producido por el sistema de guiado que afectará esta carga transversal, por lo tanto, hay que tomar en cuenta la siguiente fórmula para obtener la carga real total que deberá soportar el bloque de la guía.

Carga=Fuerza transversal +Masa móvil +Peso Carrera 100mm+ Peso bloque de sujeción

Tomado los datos de la siguiente tabla de la columna GUM50

Peso		(Kg)			
GUM/GUL	25	32	50	80	
Peso carrera 0/	90	1,30	3,70	8,40	
Peso por cada 100 mm	0,12	0,17	0,48	0,76	
Masa móvil (ver nota)	0.28	0.45	1.3	2.6	
Peso bloque sujeción:	0.1	0.15	0.4	0.8	

Nota: La masa móvil incluye el peso de la placa frontal, el acoplamiento y el peso de las columnas para carrera 0.

Tabla 11 Pesos de la guía GUM [18]

Obtenemos que la carga transversal máxima seria:

$$Carga=-10,26kgf+3,70kgf+0.3*0,48kgf+1,3kfg+0kgf=-5,4kgf$$



Como sabemos la carga de 10,26Kgf la asumimos negativa ya que va en sentido contrario a la del peso, con este resultado tomamos su modulo obtenemos una carga total de 5,4kgf.

A continuación, se plantea la tabla con los resultados haciendo las suposiciones críticas del problema anterior y tomando en cuenta la carga F2 calculada anteriormente con el sistema de guiado.

Desplazamiento del vástago (mm)	Cargas transversales que absorben las guías F2 (kgf)	Carga máx. que produce el ensayo critico (kgf)
30	40,5	5,4

Tabla 12 Resultado de protección del guiado [Fuente propia]

Como se puede apreciar en nuestro ensayo se produce una carga transversal máx. 5,4kgf y nuestro sistema de guiado permite absorben hasta 40,5 kgf, con esto garantizamos que al actuador no llegara ninguna carga transversal y estaría protegido en todo momento para los ensayos que se pretenden realizar en este TFG.

En caso de que la maquina se use para otros ensayos totalmente distintos hay que tener en cuenta este tipo de cálculo.

3.3 Sujeción de los extremos del actuador y célula de carga

Inicialmente los extremos del actuador están sujetos por piezas impresas en 3d por lo cual no es recomendable que al momento de realizar ensayos a fatiga las piezas que sostiene el actuador sean de plástico por lo que se plantea sustituirlas por piezas rotuladas de un material metálico como el acero,

En las siguientes imágenes se muestran las piezas impresas en PLA, las cuales sostienen el actuador.

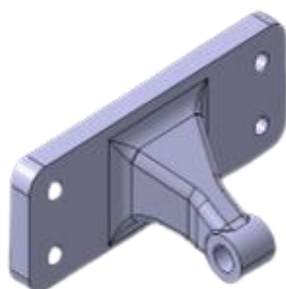


Figura 20 Unión Placa-Actuador impresa en PLA [Imagen propia]

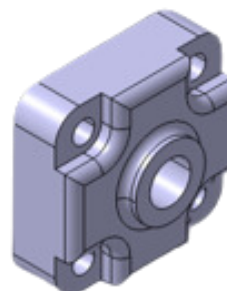


Figura 21 Unión Guía GUM-Célula de carga impresa en PLA [imagen propia]

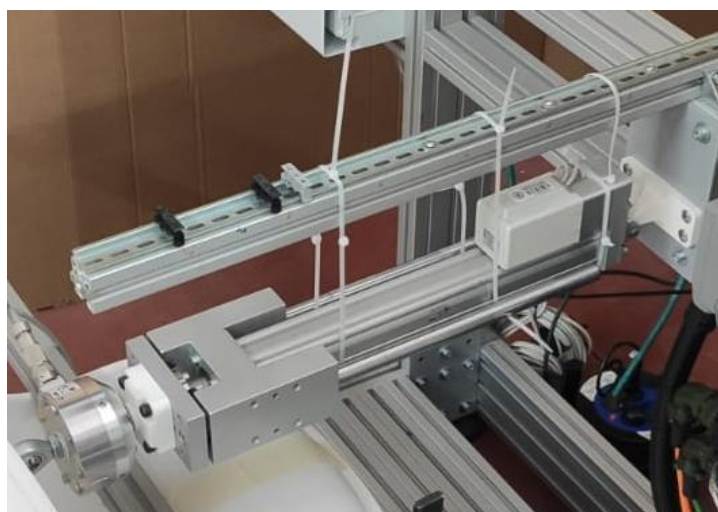


Figura 22 Montaje de actuador con piezas impresas en 3d [Imagen propia]

Como se puede observar se planteó como objetivo de mejora realizar la sustitución de estas piezas plásticas.

3.3.1 Célula de carga

Hay que tener presente la presencia de la célula de carga en este sistema ya que antes de elegir las uniones necesarias para sustituir las piezas de plástico antes mencionadas es necesario conocer las características mecánicas de la célula de carga, ya que este se posiciona en la placa delantera de la guía GUM.

Se dispone de una célula de carga modelo U10M con la cual se pueden tomar lecturas hasta 5kN.



Figura 23 Célula de carga U10M [Imagen propia]

La característica mecánica más relevante que tenemos que tomar en cuenta es el momento flector máximo que soporta, ya que este tipo de célula de carga está diseñada solo para trabajar con cargas axiales ya que se encarga de tomar los valores de fuerza al momento de realizar los ensayos sobre el respaldo.

Es el mismo principio que el del actuador, a la célula de carga no deben llegar ningún tipo de fuerzas transversales ni momentos flectores, pero a diferencia del actuador, este no dispone de ningún tipo de guiado que la proteja de estas fuerzas.

Una posible solución para que no le transmitan estas fuerzas ni momentos a la célula de carga pudo haber sido colocar la célula entre el actuador y la guía GUM, pero debido a problemas de dimensiones, ya que la célula es muy grande esta solución no fue posible.

Por lo tanto, se planteó utilizar el principio de barra biarticulada, ya que esta no permite que los momentos flectores se transmitan entre las rotulas por lo que se decidió incorporar una charnela macho rotulada y una junta cardan para solucionar este problema y al mismo tiempo sustituir las piezas de plástico antes mencionadas.

Para más información acerca de células de carga se puede consultar el TFG de Alejandro García Rodríguez [3] o el manual de montaje de las células HBK [19].

3.3.2 Chanela y Junta cardan

Primero hablaremos de la chanela macho rotulada con casquillo que se adquirió para poder sostener el actuador sustituyendo la pieza de la figura 20. Esta pieza se ha adquirido en el distribuidor Jesús Suministro ubicado en Valladolid, y con do casquillos de 2mm encaja con la chanela hembra y el bulón que trajo por defecto el actuador.



Figura 24 Chanela macho rotulada con casquillos [Imagen propia]

Con esta pieza ya tendríamos el extremo del actuador rotulado.

En cuanto la pieza de “Unión mecanizada entre guía y celular de carga” la cual permite unir la guía GUM que dispone cuatro agujeros de M8 con la célula de carga que tiene un agujero de M16 la solución es adquirir una pieza torneada, con un diseño similar a la pieza plástica ya mencionada anteriormente pero en forma cilíndrica, se puede observar que esta pieza tiene cuatro agujeros pasantes de diámetro 9 que permite la entrada de los tornillos para unirla a las roscas de M8 que por defecto trae la placa de la guía GUM y un agujero central de M16 para unir la célula de carga utilizando un tornillo tipo esparrago.

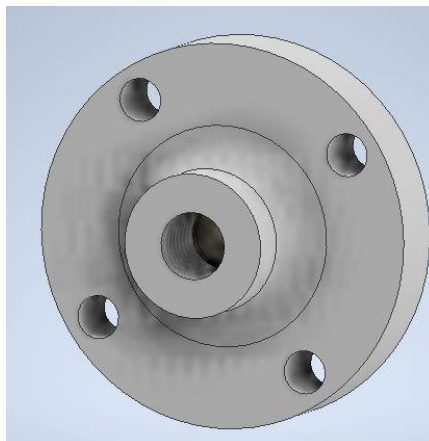


Figura 25 Union mecanizada entre guía y celular de carga [Imagen propia]

Hasta este punto con las uniones ya planteadas podríamos considerar el sistema de actuador, guía GUM y célula de carga como una barra, solo quedaría rotular el extremo de la célula de carga.

En este extremo se decidió colocar una junta cardan ya que esta opción nos permite completar el sistema de barra biarticulada, además que la normativa UNE-EN 1022 nos establece que el útil de carga que se une al extremo de esta barra debe poder adaptarse al respaldo del asiento y/o la goma que se dispone en el ensayo.

Como la célula de carga posee el agujero de M16 a través de un esparrago podemos unir la célula de carga con la junta cardan y así se completa el sistema de barra biarticulada, cabe destacar que la junta cardan se adquirió con agujeros pasantes de diámetro 14 y se realizó el roscado de M16.



Figura 26 Tornillos tipo esparragos M16
[Fuente propia]



Figura 27 Junta cardan 106AN14 Lasiom [20]

Con esto ya queda planteado un sistema que protege a la célula de carga, sustituye las piezas de PLA y al mismo tiempo permitiendo la movilidad requerida en el útil de carga establecido por la norma UNE-EN 1022.

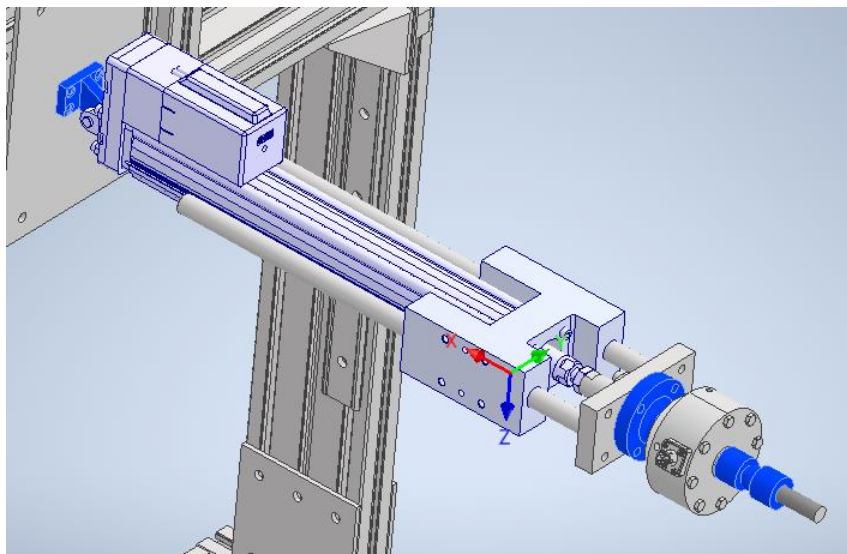


Figura 28 Sis charnela, unión mecanizada y junta cardan [Fuente propia]

3.4 Regulación de altura del actuador

Se pretende agregar un sistema de husillo y guías para hacer más versátil la maquina y así lograr un posicionamiento preciso de actuador para aplicar la carga sobre el respaldo de manera correcta.

3.4.1 Bancada inicial

Se puede observar en la siguiente imagen la configuración inicial de la bancada diseñada por la compañera de laboratorio Cristina Saavedra Sanz, la cual utilizo el programa de diseño Autodesk Inventor para realizar el ensamblaje de los distintos perfiles de aluminio de la empresa Fastén en Valladolid.

Esta bancada está compuesta por dos tipos de perfiles de aluminio de 45x90mm y de 45x135mm, además de dos chapas de 90x90mm por la cual se sujetará el actuador, todos los perfiles están unidos a través de tornillería especial diseñada para este propósito, también adquiridas con Fastén.

Para más información acerca de la bancada y su construcción consultar el TFG de Alejandro Gracias Rodríguez [3] y consultar el catálogo de productos de Fastén [16].

Uno de los principales problemas de este diseño es que dependiendo del tamaño de la silla será necesario regular la altura del actuador para poder aplicar la carga sobre el respaldo.



Figura 29 Bancada inicial [imagen propia]

Como se puede observar en la imagen los dos perfiles horizontales que sostienen la placa del actuador, los cuales están empotrados en los dos perfiles que actúan como columnas, por lo tanto es muy complicado regular la altura de este sistema, ya que estos perfiles están unidos entre sí por tornillería Fastén, entonces para poder regular la altura es bastante complicado, ya que habría que desmontar gran parte de la máquina por lo que se perdería mucho tiempo, además que el operario deberá desmontar todo el conjunto del actuador y después volverlo a montar para evitar daños de este.

Por lo que se planteó agregar un sistema de guías con husillo para hacer más versátil la máquina y poder posicionar las cargas con más facilidad, las características de este sistema se explican a continuación.

3.4.2 Guías y husillo de HepcoMotion

Sistema de guiado con carros

A continuación, se explica la mejora realizada a la máquina de ensayos para poder hacerla más versátil y manipulable para el operador, se decidió comprar un sistema de guiado lineal de husillo con bolas con la empresa HepcoMotion ubicada en Barcelona, para así regular la altura del actuador para poder localizar el punto de aplicación de la carga en el respaldo.

Primero definiremos la guía adquirida, se decidió comprar un guía espaciador de doble canto de 800mm las cuales se acoplarán a las dos columnas de la bancada.

El modelo de la guía es el siguiente NM44P3 L800 C40 D40, esa designación nos especifica el número de pieza, longitud, grado de precisión, etc.

Se ha decido colocar cuatro carritos (dos en cada guía) ya que el actuador esta sostenido por dos perfiles horizontales, se pondrá un carrito en cada extremo de los perfiles, cabe destacar que hay dos carritos que disponen de sistema de bloqueo para garantizar que al momento de hacer ensayos de fatiga el actuador no pierda su posición.

El modelo de los carros son AU4434L180NCSDRNS y el del bloqueo de los carros es BK4434.

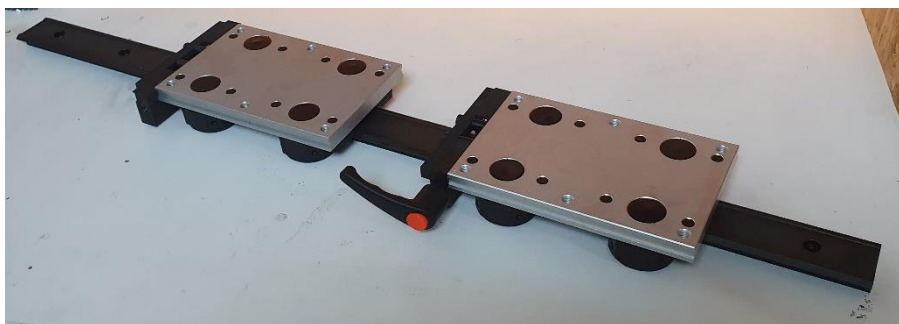


Figura 30 Guías con carros y sistema de bloqueo [Imagen propia]

Hay que tener en cuenta que estos carritos absorben la mayoría de las fuerzas transversales y los momentos flectores producidos por el peso de todo el sistema de actuación y toda la perfilería que está sosteniendo el husillo, además de proteger al husillo de estas cargas.

En la siguiente imagen podemos ver las cargas que absorben los carros ya que este jugara un papel muy importante para proteger al husillo que solo debe trabajar con cargas axiales.

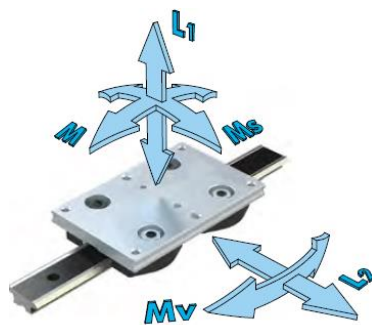


Figura 31 Esquema de cargas en el carro [22]

Como se escogió el rodamiento de doble hilera (DR), ya que este ofrece una mayor capacidad de carga, especialmente en dirección radial y es menos susceptible a que queden atrapadas partículas de suciedad, su capacidad de cargas máximas son las siguientes:

Reacciones	Capacidad de cargas máximas del carrito
L1 (máx.)	3600N
L2 (máx.)	6000N
M (máx.)	185,4 Nm
Ms (máx.)	73Nm
Mv (máx.)	309 Nm

Como sabemos la carga máxima que podría llegar a este sistema sería una de 410N definida por la norma, producida por la reacción del respaldo, partir de esta carga podemos calcular el momento Ms que será el momento más importante de este cálculo.

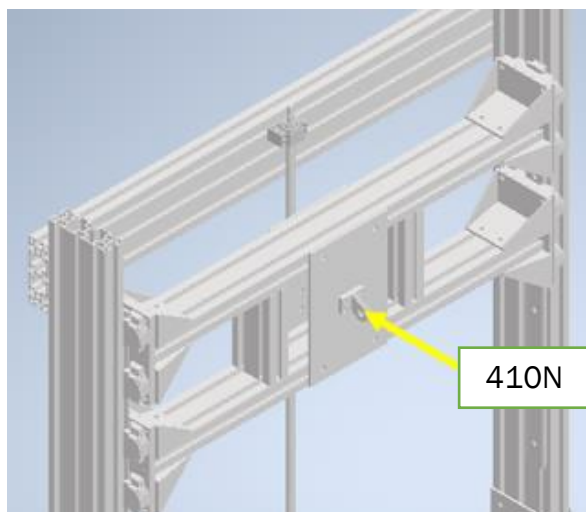


Figura 32 Carga sobre sistema de guías [Fuente propia]



Por lo tanto, se obtiene la siguiente carga donde podemos apreciar las cargas máximas soportados por lo carritos contra las cargas que se producen al momento de realizar el ensayo más crítico de este TFG, los siguientes datos se obtuvieron aplicando la siguiente formula:

Momento producido = Fuerza X Desplazamiento

$$M_p = 410\text{N} \times 0,460\text{m} = 188,6\text{Nm}$$

Momento que llega al carro = $M_p/4$

$$M_s = 188,6\text{Nm}/4 = 47,15\text{N}$$

Como podemos observar el momento máximo que llega a cada carrito puede ser de 73Nm con el momento indicado y como sabemos que en el caso de una carga de 410N aplicado sobre el respaldo de la silla y la carga máxima descrita por la norma, a cada carro le llegaría un momento de 47,15N por lo que no tendremos problema para realizar el ensayo planteado a lo largo del proyecto.

Se recomienda utilizar siempre una carga menor de 630N para así evitar que lleguen momentos superiores a 73Nm a cada carro y así evitar algún fallo.

Estos carros deberían aguantar momentos producidos por una carga de 1048N que es la carga máxima que puede aplicar el actuador para así poder realizar otros tipos de ensayos descritos por otras normas que requieran más fuerzas, se planteara como opción futura mejorar este sistema para que aguante momentos mayores.

Para más información acerca de las piezas y de cómo realizar el pedido de las guías y carros se puede consultar en anexos en “especificaciones técnicas de elementos” o el catálogo de Hepcomotion [22].

Sistema de husillo

En cuanto a este sistema, se decidió adquirir un husillo de 1200mm, el cual incorpora una tuerca de forma B, la cual se muestra en la siguiente imagen. Hay que tener en cuenta que este husillo y la tuerca poseen una carga estática máx. de 15.2kN que serían unos 1520 kgf, como sabemos el peso del sistema que sostiene el husillo se podría calcular de la siguiente manera:

Peso de sistema = peso de perfiles y chapas + actuador + guía GUM + Célula de carga + uniones y tornillería + carros de las guías + sistema de bloqueo

$$P = F + A + G + C + H + U$$

P=Peso del sistema

F=Peso de tornillería y perfilería fasten (1,09kg)

A=Peso de actuador (4,09kg)

G=Peso de guía GUM (6,44kg)

C=Peso de célula de carga (1,2kg)

H=Peso de carros con sistema de bloqueo (6,4kg)

U=Peso de útil de carga impreso (0.8kg)

R=Reacción producida al hacer ensayo estático (1048N=104,8kgf)

En cuanto a la carga R se supondrá como una carga transversal de 1048N (fuerza máxima que aplica el actuador), lo cual sabemos que es imposible que una carga transversal con el ensayo planteado llegue hasta esta magnitud, pero se asume este caso al ser uno excesivamente crítico.

$$P=1,09\text{kg}+4,09\text{kg}+6,44\text{kg}+1,2\text{kg}+6,4\text{kg}+0,8\text{kg}+104,8\text{kg}=124,82\text{kg}$$

Por lo que podemos comparar la carga que aguanta el husillo con el peso del todo el sistema.

Carga estática máx.	Peso del sistema
1520kgf	124,82kgf

Este cálculo se realiza para demostrar que en caso de que todo el peso llegue de manera axial al husillo, este no pandeara, pero hay que tener en cuenta que realmente no todas las cargas llegan de manera axial al husillo, ya que muchas provocan momentos y cargas cortantes, pero como se mencionó anteriormente las guías y carros harán la función de proteger el husillo de estas cargas.



Figura 33 Husillo HBS1605RC7L1200 y tuerca DIN69051 [Imagen propia]

En cuanto a los extremos mecanizados son tipo HBS1605AKLB los cuales se aprecian en la siguiente imagen, para el extremo fijo se realizó un mecanizado

para localizar una chaveta la cual se ensamblará con una manivela impresa en PLA.



Figura 34 Mecanizado para extremo apoyado del husillo [Imagen propia]



Figura 35 Mecanizado para extremo fijo del husillo [Imagen propia]

Estos extremos se acoplan a los siguientes soportes, donde tenemos un apoyo fijo modelo BHF16 y otro apoyado modelo HBS16.

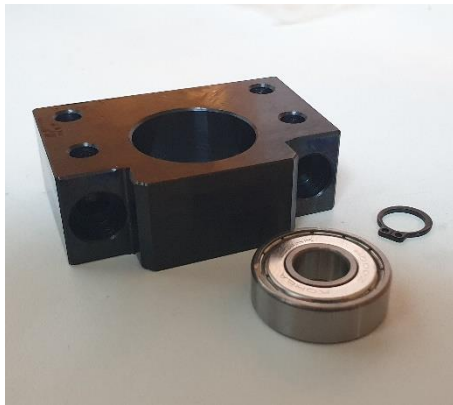


Figura 37 Extremo apoyado [Imagen propia]

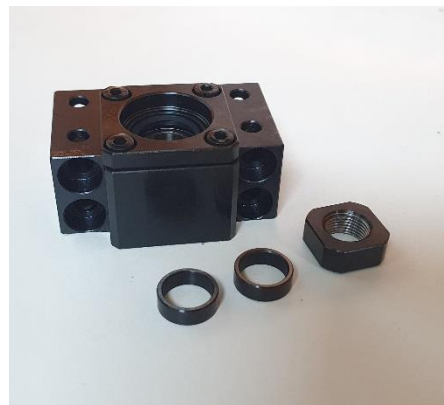


Figura 36 Extremo fijo [Imagen propia]

Para más información acerca de las piezas y de cómo realizar el pedido de las guías y el husillo se puede consultar en anexos en “especificaciones técnicas” el catálogo de Hepcomotion [21].

3.5 Mecanizado de piezas

Para realizar el correcto ensamblaje del todo el sistema de guía y husillo con la perfilaría de aluminio fue necesario realizar el doblado de chapas de acero para poder obtener escuadras para así poder unir todo el sistema correctamente, estas piezas se fabricaron con la empresa fasten en Valladolid.

En las siguientes imágenes se pueden visualizar estas escuadras vistas desde el programa Autodesk inventor en la simulación de un ensamblaje.

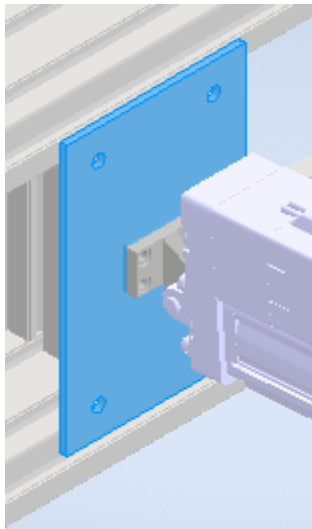


Figura 40 Placa con charnela macho rotulada [Imagen propia]

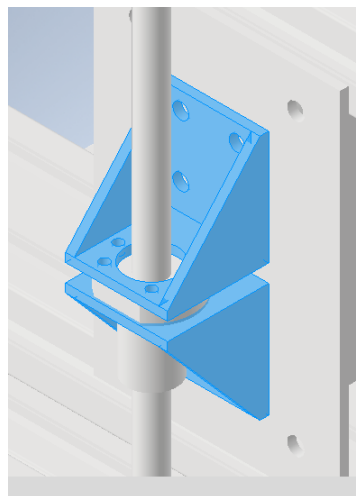


Figura 39 Escuadra de unión entre tuerca y placa [Imagen propia]

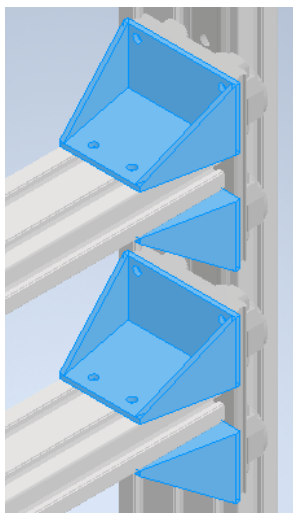


Figura 41 Escuadra de unión entre carrito y perfil fasten [Imagen propia]

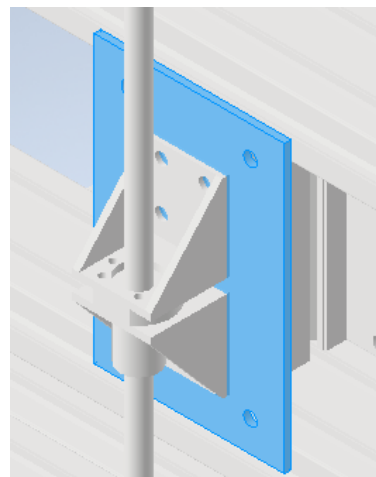


Figura 38 Placa para unir escuadra del husillo [Imagen propia]

Para más información de la medida de estas piezas se pueden visualizar los planos en anexos “Plano de piezas de unión”

3.6 Cuadro eléctrico

En cuanto al cuadro eléctrico de este Banco de ensayos fue creado y diseñado por el compañero de laboratorio Alejandro García Rodríguez y ensamblado y conectado por mi persona Carlos Daniel Kaehler Pardo.

Se puede observar el cuadro en la siguiente imagen



Figura 42 Cuadro eléctrico con componentes [Imagen Propia]



Figura 43 Cuadro eléctrico vista externa [Imagen propia]

Los elementos más importantes de este cuadro son Interruptor general, pilotes LEDs, setas de emergencia, interruptores magnetotérmicos, conectores, fuente de alimentación, fusibles, amplificador de medida, DAQ, NUC (controlador) y driver,

El amplificador de medida, DAQ, NUC y el driver junto con el actuador y la célula de carga son los encargados de realizar la toda de datos de fuerza y desplazamiento a través de un programa de LabVIEW de la compañía SMC y así poder analizar estos resultados en una hoja de Excel la cual recibe los datos de fuerza, tiempo y desplazamiento del programa antes mencionado.

- **NUC**

El NUC un dispositivo compacto, es una pieza clave para el funcionamiento del sistema. Este componente incluye todos los elementos esenciales de un ordenador: procesador, memoria, unidad SSD, LAN o Wi-Fi, y soporte para opciones de gráficos integrados e independientes.

En este NUC en particular, hemos instalado el software LabVIEW, que es responsable de controlar y gestionar nuestra máquina de ensayos. LabVIEW no solo maneja el funcionamiento de la máquina, sino que también registra y almacena los datos de los ensayos directamente en su memoria en un formato accesible de Excel.

- **DRIVER DE CONTROL**

Este dispositivo actúa como un mediador para facilitar la comunicación entre el actuador y el NUC. Es un PC que cumple su función de manera eficiente, aunque no puede almacenar información ya que no cuenta con una tarjeta de RAM.

El modelo seleccionado será el de la serie JXC, ya que es compatible con el motor paso a paso de 24 VDC del actuador. De la línea JXC, específicamente se optará por el modelo JXC91. Este modelo es elegido debido a su red de bus de campo Ethernet/IP, lo cual permite su comunicación con el software de LabVIEW.



Figura 44 Driver JXC91 [Imagen propia]

- **AMPLIFICADOR DE MEDIDA**

Este instrumento que nos permite realizar la adquisición de datos, dado que se encarga de amplificar señales eléctricas de bajo nivel. Es especialmente importante para intensificar la señal que proviene de las galgas extensiométricas colocadas en la célula de carga. Para la etapa de adquisición de datos, se ha seleccionado el modelo AE101 de la marca HBM. Este modelo es ideal para medir magnitudes mecánicas como la fuerza, presión, deformación y más.

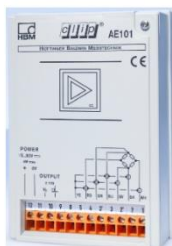


Figura 45 Amplificador AE101 [Imagen propia]

- DAQ

La adquisición de datos, también conocida por sus siglas en inglés DAQ, tiene como objetivo la recopilación de información de fenómenos del mundo real que posteriormente se almacenan y analizan a través de un ordenador en nuestro caso el NUC:

Se ha seleccionado el modelo NI USB-6001 para llevar a cabo la adquisición de datos en la cadena de medición. Este modelo es capaz de convertir señales de analógico a digital y proporciona acondicionamiento de señal. Se le considera un dispositivo versátil con un amplio rango de aplicaciones. Sin embargo, para garantizar su funcionamiento, necesita estar conectado a un ordenador a través de un cable USB.



Figura 46 DAQ NI USB-6001 [Imagen propia]

Todos estos equipos fueron adquiridos por el compañero Alejandro García Rodríguez, el cual fue el encargado de la realización de la parte electrónica del banco de ensayos.

Para información más detallada en cuanto al funcionamiento de estos componentes y de cuadro eléctrico citar el TFG de Alejandro García Rodríguez [3].

3.7 Banco de ensayos mejorado

Para finalizar con este capítulo se observa a continuación el CAD de la máquina de ensayo con todas las mejoras descritas en este capítulo.

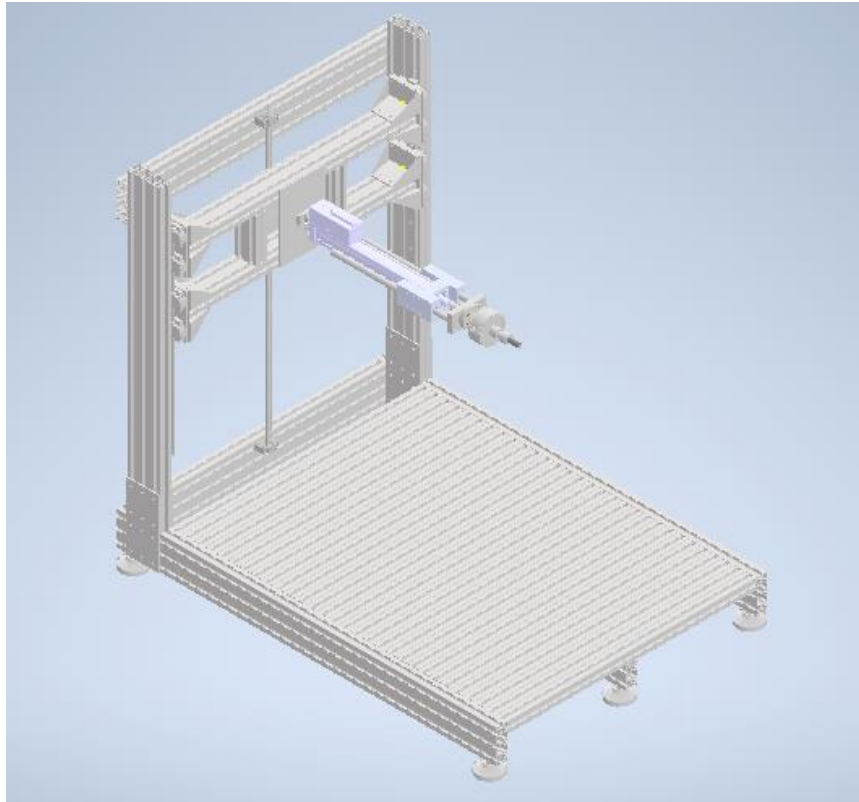


Figura 47 Banco de ensayo mejorado [Fuente propia]



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Capítulo 4: Ensayos y validación de silla impresa

En este capítulo se obtienen y explican los resultados del ensayo realizado a partir de la normativa UNE-EN 1729-2 2012+A1_ES “Mobiliario centro de enseñanzas Parte 2 requisitos de seguridad y métodos de ensayos” en el cual se realizó un ensayo estático sobre haciendo y respaldo, teniendo en cuenta las normas UNE-EN 1728 “método de ensayo para la determinación de la resistencia y de durabilidad” y UNE-EN 1022 “Mobiliario de asientos determinación de estabilidad”.

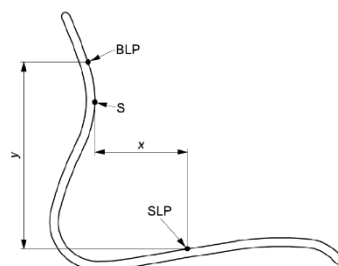
Tanto el ensayo real como la simulación se realizaron con las siguientes cargas para una silla de tamaño 1 designada para niños.

Los requisitos de este ensayo son los siguientes:

Silla Talla 1	Valor definido por las normas UNE
Carga estática sobre el asiento	1300N
Carga del respaldo	215N (Max. 410N)
Ciclos	10
Tiempo de contacto por ciclo	10±2 s
Punto S (Altura desde asiento)	150mm
Punto de carga sobre el asiento X	120mm
Punto de carga sobre el respaldo Y	180mm

Tabla 13 Valores usados en ensayos estáticos [Fuente propia]

A partir de estos datos se comienzan a realizar las respectivas simulaciones y ensayos, para estudiar el comportamiento del material de la silla y saber si es capaz de cumplir la normativa designada.



- Leyenda
- BLP Punto de carga del respaldo
 - S Punto S
 - SLP Punto de carga del asiento
 - x Distancia entre el punto S y el punto de carga del asiento
 - y Distancia entre el asiento y el punto de carga del respaldo

Figura 48 Puntos de cargas para ensayo estatico [11]

4.1 Análisis de datos obtenidos en ensayos estático

Primero que nada, se muestra las siguientes imágenes, donde podemos observar la silla impresa con material plástico diseñada por el compañero de laboratorio Pablo Mansilla, la cual se posiciona con los datos de la tabla anterior buscando el punto S a 150mm y a partir de este obtenemos el punto de carga sobre el respaldo y sobre el asiento.

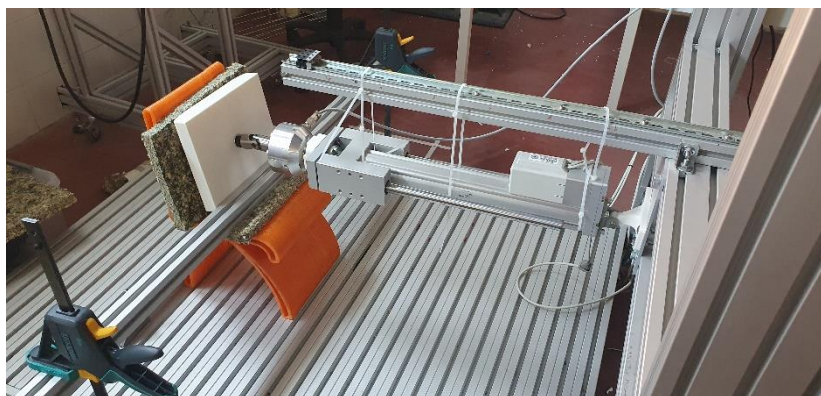


Figura 49 Montaje de silla impresa para ensayo estático [Fuente propia]



Figura 50 Montaje de silla impresa vista trasera [Fuente propia]

Uno de los principales problemas de la maquina es que no hay manera de garantizar la carga sobre el asiento de 1300N, ya que de momento se dispone de un perfil de aluminio con dos sargentos, los cuales simulan esta carga, al momento de realizar los ensayos se observa que el asiento está lo suficientemente presionado para que no se desplaza hacia ninguno de los lados, simulando lo que haría este tipo de carga de 1300N.

También se puede observar la colocación de una barra de aluminio sobre la bancada en la parte trasera de la silla que hará la función de tope. También se

puede visualizar la utilización de una espuma ubicada entre el útil de carga y el respaldo de la silla como lo indica la norma de ensayos.

Para realizar el ensayo a la silla se le aplica primero la carga con los sargentos sobre el asiento en la posición indicada con anterioridad a 120mm desde el punto S con respecto a la horizontal, una vez aplicada esta carga se procede a aplicar la carga sobre el respaldo hasta 215N donde en las siguientes imágenes se puede apreciar la silla en reposo y con la carga mencionada.



Figura 51 Silla sin carga sobre el respaldo [Imagen propia]



Figura 52 Silla con carga de 215N sobre respaldo [Imagen propia]

Para alcanzar el valor de 215N el vástago del actuador debe desplazarse entre 79 y 81mm, hay que tener en cuenta que el útil de carga comienza a hacer contacto con el respaldo aproximadamente a los 7mm, por lo que para alcanzar una carga de 215N el respaldo se debe desplazar unos 72mm.

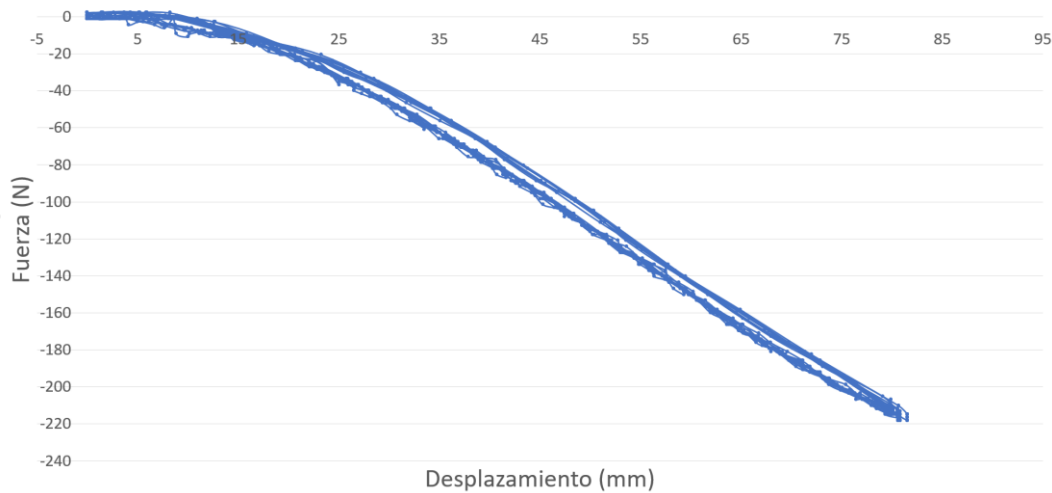
En la imagen de la silla con la carga se observa que también se genera una carga transversal, pero a la célula de carga solo llegan cargas de compresión por lo que no se toman en cuenta las cargas transversales producidas.

Según la normativa cuando se alcanza la posición final al aplicar la carga el actuador debería estar posicionado perpendicularmente con el respaldo, pero de momento no se dispone del sistema de regulación del ángulo del actuador.

En el siguiente grafico podemos observar la curva fuerza-desplazamiento obtenida a través del programa de LabVIEW.



Fuerza vs Desplazamiento



Grafica 4 Fuerza vs Desplazamiento, ensayo estático [Fuente propia]

4.2 Simulación por elementos finitos a silla ensayada (FEM)

Con los mismos datos mencionados anteriormente, se procedió a realizar una simulación de elementos finitos con el programa de Catia para así verificar si es posible predecir el comportamiento de las sillas impresas en 3d mucho antes de fabricarlas y realizar el diseño más idóneo lo antes posible para facilitar su venta y ahorrar costes.

Antes que nada, tenemos que definir el módulo de elasticidad del material que se utilizara en la simulación, como sabemos el material utilizado es pellet naranja de PETG, el cual se puede adquirir a través de la empresa Smart material 3d, donde sabemos que el módulo de elasticidad de este plástico según las especificaciones es de 1920Mpa además datos como la densidad que es de 1270kg/m³ y el límite elástico a flexión el cual es de 67Mpa. [15]

Se sabe que al fabricar objetos a través del proceso de impresión 3d, al ir uniendo el material capa por capa este disminuye su módulo de elasticidad ya que estaríamos hablando de un objeto anisótropo lo que significa que sus propiedades físicas y mecánicas varían en sus direcciones, por lo tanto, para obtener una estimación más precisa del módulo de elasticidad se tomaron en cuenta ensayos realizados en el TFG de Masilla Boyano, [15]

De los ensayos realizados en el trabajo antes mencionado se menciona que se recomienda usar un valor entorno a los 1300Mpa para realizar la simulación y calculada a partir de la norma UNE-EN ISO 178. [26]

Para realizar la simulación debemos agregar las siguientes condiciones de contorno, para simular lo más parecido en ensayo estático a la realidad, que son las que nos permitió el programa de Catia:

- Empotramiento: Sobre la pata trasera se agregó una restricción para impedir todos los desplazamientos y giros en la arista para así simular la función de los topes que se usan por normativa.

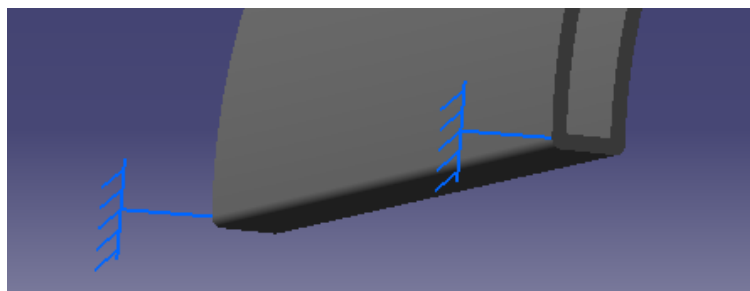


Figura 53 Apoyo fijo pata trasera para simulacion [Imagen propia]

- Apoyo móvil: En la parte delantera se decidió colocar esta restricción para impedir que la arista inferior se desplace en dirección Z, pero permito los demás movimientos de esta, si se puede simular el desplazamiento de esta pata sin que este deje de estar en contacto con lo que sería el suelo.

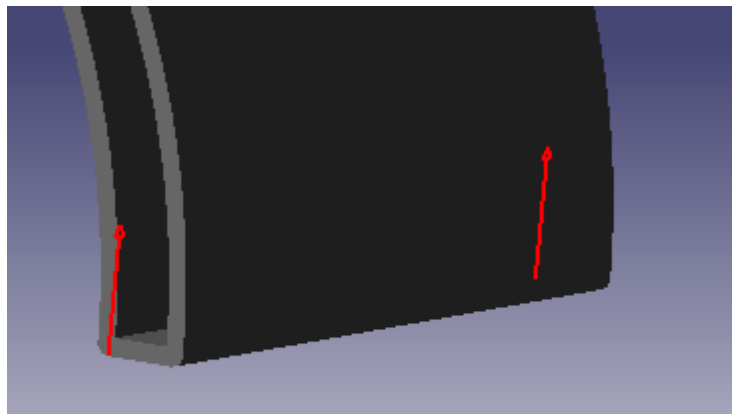


Figura 54 Apoyo deslizante pata delantera simulación [Imagen propia]

- Apoyo deslizante 2: Se ha decidido colocar otra restricción sobre el asiento ya que al aplicar la carga estática de 1300N se puede considerar que el asiento solo se desplazara en el eje Z,

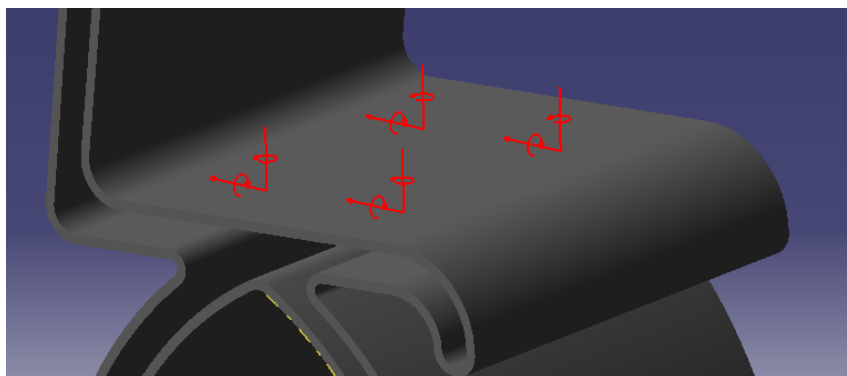


Figura 55 Apoyo deslizante sobre el asiento simulación [Imagen propia]

Ahora pasamos a definir las cargas que aplicaremos en la simulación en Catia

- Carga sobre asiento: Como se ha mencionado a lo largo del trabajo la carga a aplicar según la normativa UNE-EN 1729-2 nos dice que para una silla de talla 1 la carga sobre el asiento será de 1300N, esta carga distribuida simulará el contacto del perfil de aluminio que aplica la fuerza con los sargentos.

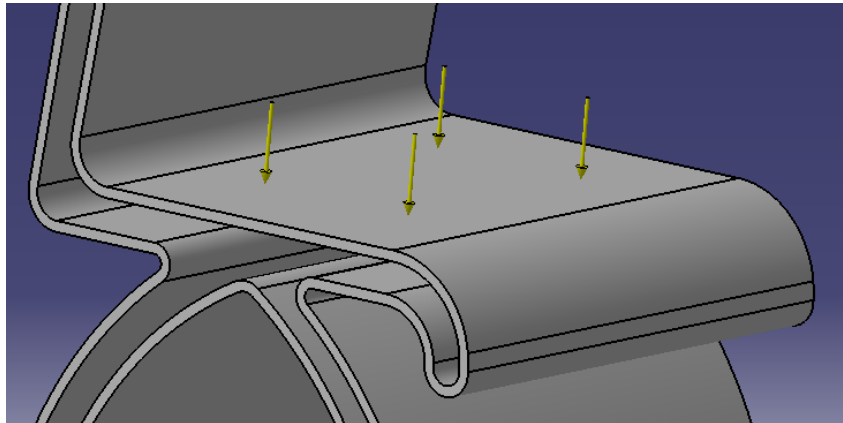


Figura 56 Carga sobre el asiento para simulacion [Imagen propia]

- Carga sobre el respaldo: De igual manera la carga sobre el respaldo viene definido por la norma UNE-EN 1729-2 la cual nos especifica que se puede aplicar una carga máx. de hasta 410N, en nuestro caso se aplicó una carga de 215N.

Es importante destacar que esta fue la carga máx. que el actuador logro aplicar sobre el respaldo ya que la silla al ser poco rígido se desplaza con mucha facilidad el respaldo hasta llegar a un punto donde la carga transversal era la que aumentaba debido a la inclinación y como sabemos el actuador solo trabaja con cargas axiales.

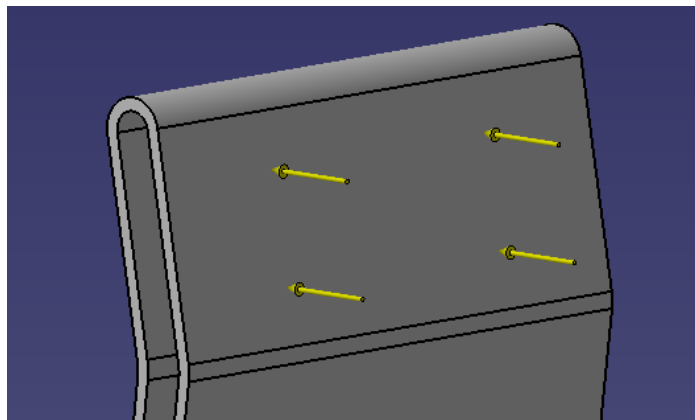


Figura 57 Carga sobre el respaldo de 215N [Imagen propia]

A continuación, podemos observar todas las condiciones de contorno y cargas que harán la simulación en conjunto.

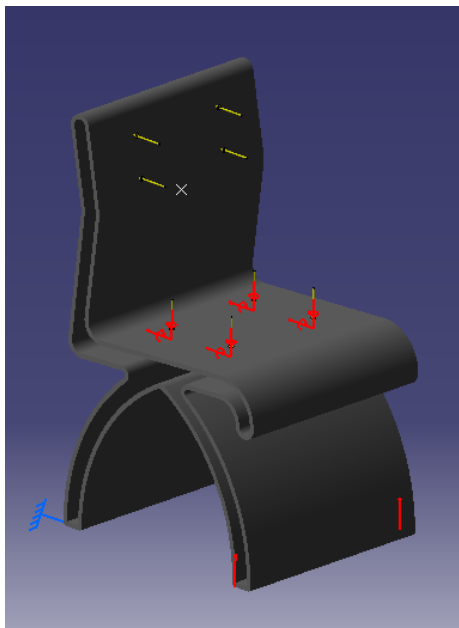


Figura 58 Condiciones de contorno y cargas simulación [Imagen propia]

Se procede a realizar la simulación con todas las condiciones de contorno y cargas planteadas además de utilizar en la simulación un plástico con un módulo de elasticidad de 1300Mpa, el cual es el valor que se obtuvo de los ensayos realizados en el TFG de Mansilla Boyano. cabe destacar que se utilizó una malla tetraédrica de 2mm al momento de hacer la simulación.

En la siguiente imagen se puede observar los desplazamientos producidos al realizar la simulación.

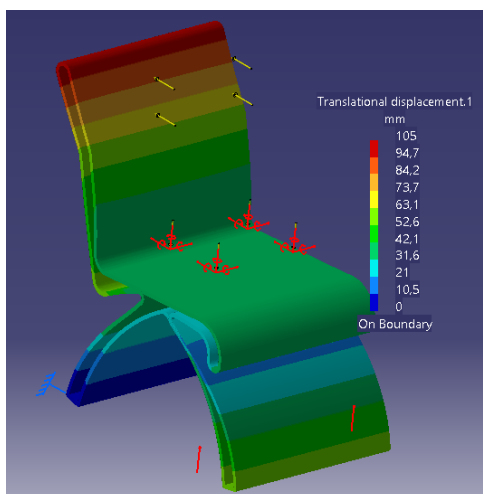


Figura 59 Simulación de desplazamiento vista frontal [Imagen propia]

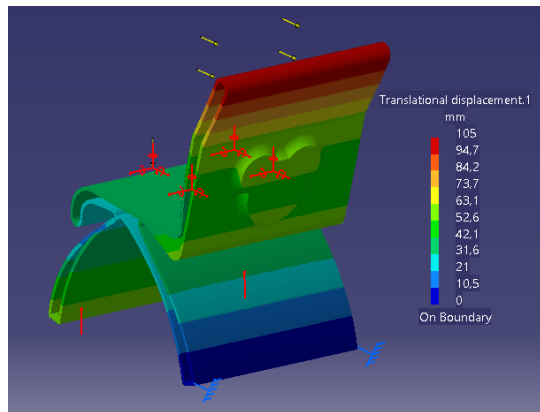


Figura 60 Simulación de desplazamiento vista trasera [Imagen propia]

Como se puede observar al aplicar las fuerzas establecidas por la norma, podemos apreciar desplazamientos hasta 105mm en la simulación realizada.

Ya que obtuvimos los desplazamientos también es posible analizar los esfuerzos sobre la silla en este caso los esfuerzos de Von Mises.

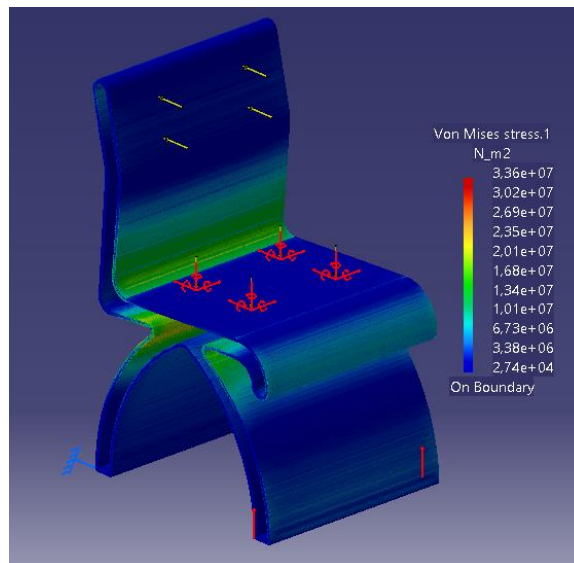


Figura 61 Esfuerzos de Von Mises obtenido en simulación [Imagen Propia]

Debido a esta simulación podemos observar las zonas críticas donde se concentran los esfuerzos y es más propenso a que falle la silla, gracias a esta simulación se podrían plantear mejoras en la zona crítica agregando material o modificando el diseño para así lograr un mejor comportamiento de este producto, lo ideal sería conseguir un diseño lo suficientemente rígido para que aguante una carga de 410N y evitar desplazamientos tan grandes del respaldo. También cabe destacar que la concentración de esfuerzos máximos que alcanza es de 33,6Mpa y se sabe que el límite elástico del material es de

67Mpa por lo que podemos concluir que esta silla no se deformara con este ensayo ya que no alcanza el límite elástico.

Se puede observar que la zona más crítica es en el cambio de curvatura entre pata trasera y el respaldo del asiento ya que observamos la mayor concentración de tensiones por lo que deberíamos tener mucho cuidado al momento de diseñar esta parte.

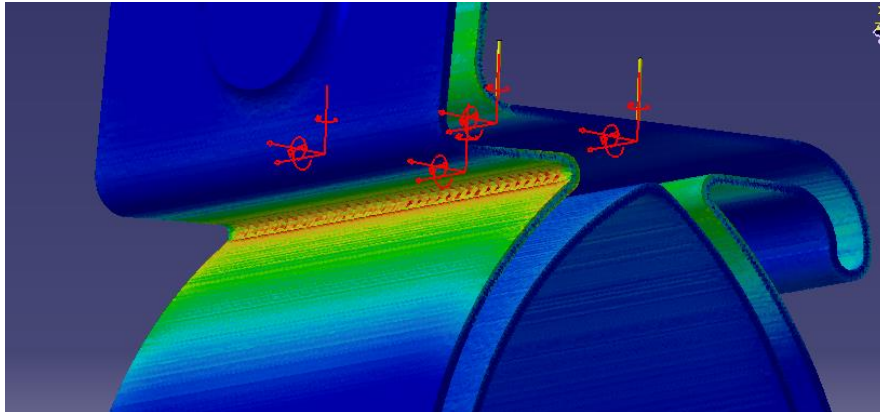


Figura 62 Concentración de tensiones 2
[Imagen propia]

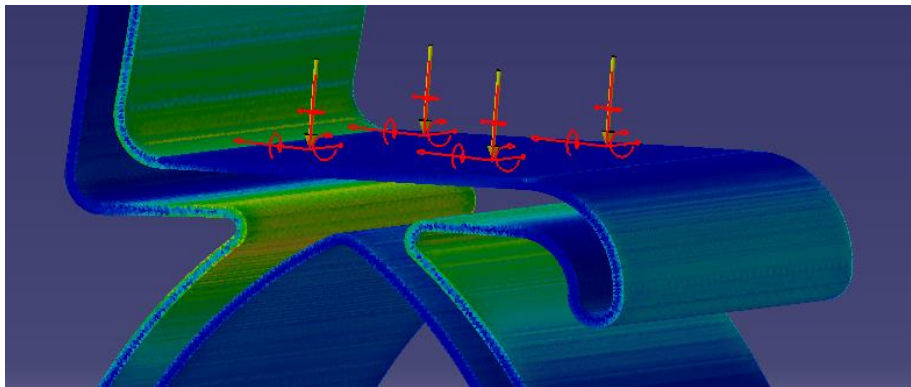


Figura 63 Concentración de tensiones 1
[Imagen propia]

4.3 Validación de resultados de FEM con ensayo real

Se deben comparar los resultados obtenidos con ambos métodos.



Figura 64 Ensayo real sobre silla impresa
[Imagen propia]



Figura 65 Simulación de ensayo por FEM [Imagen propia]

En cuanto al desplazamiento del respaldo sabemos que al momento de realizar el ensayo real obtuvimos que el desplazamiento del punto de contacto es de 72 mm el cual se localiza en el respaldo con una altura de 180mm con respecto al asiento, como se puede observar en la imagen anterior de la simulación realizada en Catia vemos que el punto del respaldo que está ubicado igualmente a 180mm (zona naranja oscura) obtenemos que el desplazamiento es de 81,2mm. En pocas palabras se puede apreciar un error en cuanto a los resultados, esto se debe a que realizo una simulación simple en la que los grados de libertad no serían lo más indicado además que se está estudiando una pieza anisótropa como si fuera isotrópica.

Se puede observar que el asiento se desplaza hacia abajo por la carga de 1300N una distancia de 35mm lo que era de esperarse ya que al momento de realizar el ensayo real también se observa este tipo de desplazamiento además que logramos varias similitudes de movimientos cuando a la silla se le están aplicando las cargas.

La única diferencia entre ambos casos es que en la silla ensaya real se observan como varias paredes de las sillas se tocan entre sí y en la simulación también se tocan menos la de la unión del respaldo con asiento que simplemente en la simulación se acerca bastante, hay que tener en cuante que la silla ensayada ya tenía más de 6 meses impresa y esta había sido manipula por otras personas, las cuales se sentaban sobre ella para probar la calidad y mostrarla a clientes, además que se apreciaba que tenía una pequeña



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

deformación previa, por esta razón es posible que existan estas diferencias a la hora de realizar la simulación con la silla real.

Capítulo 5: Costes económicos del proyecto.

En la siguiente tabla se muestra el coste de la máquina de ensayos sin tomar en cuenta las mejoras realizadas, hasta este punto se realizó el TFG del compañero de laboratorio Alejandro Gracias Rodríguez [3].

Producto	Referencia	Fabricante	Unidades	Precio/Ud. (€)	Total (€)
Estructura	-	Fasten	1	997,83	997,83
Actuador eléctrico	LEY40-EC	SMC	1	2548,61	2548,61
Guía GUM	50-300-LEY40	SMC	1	776,23	776,23
Célula de Carga	U10M5KN	HBM	1	1811,61	1811,61
Controlador	JXC918	SMC	1	951,39	951,39
Acondicionador	AE101	HBM	1	488,05	488,05
DAQ	USB-6001	NI	1	294,57	294,57
NUC	NUC10FNK	Intel	1	314,41	314,41
Armario	GG5004	Gaestopas	1	53,81	53,81
Interruptor general	LBPM253P-RS	RS PRO	1	19,01	19,01
Interruptor magnetotérmico	OMB06202C	OMU System	2	3,45	6,90
Contactador	NM-IS 25-20 230V	Denor	2	8,72	17,44
Fuente de alimentación	ABLS1A24100	Schneider Electric	1	250,58	250,58
Fuente de alimentación	DRC60US24	XP Power	1	25,85	25,85
Fusible	U/C GFE 3A 250V-P (05)	RS PRO	10	0,311	3,11
Seta de emergencia (panel)	YW1B-V4E02R	Idec	1	15,27	15,27
Seta de emergencia (superficie)	CEPY1-1001	ABB	1	40,62	40,62
Piloto verde	AD22/G/24	Denor	2	1,09	2,18
Conector USB	RS30605NX	RS PRO	1	12,68	12,68
Conector RJ45	RS30622S	RS PRO	2	8,78	17,56
Total					8647,71

Tabla 14 Costes Máquina de ensayo sin mejoras [3]

Pero como sabemos en este proyecto se agregaron nuevas uniones, perfiles, tornillería, componentes, etc. que debemos ir sumando a estos costes, en la siguiente tabla se observan los costes de la máquina agregando todas las piezas nuevas que se adquirieron.



Producto	Referencia	Fabricante	Unidades	Precio/Ud (€)	Total (€)
Guia doble canto	NM44P3L800C40D40	Hepcomotion	2	205,97	411,94
Carros	AU4434L180N	Hepcomotion	4	319,63	1278,52
Bloque de carros	BK4434	Hepcomotion	2	108,11	216,22
Husillo	HBS1605RC7L1200	Hepcomotion	1	84,08	84,08
Tuerca forma B	HBSS1605RC7A0	Hepcomotion	1	89,9	89,9
Mecanizado Extremos	HBS1605AKLB	Hepcomotion	1	107,43	107,43
Soporte extremo fijo	BHF16	Hepcomotion	1	72,23	72,23
Soporte extremo de apoyo	BHS16	Hepcomotion	1	31,06	31,06
Perfil basico 45x90 long 180 y 922	5003	Fasten	2,3	38,99	89,67
Parfil basico 45x135 long 1090mm	5058	Fasten	1,1	55,24	60,76
Tapeta 45x135	55022	Fasten	2	1,22	2,44
Escuadra aluminio fundido 42x42x42	53302	Fasten	8	2,36	18,88
Tornillo cabeza martillo 8.8 M8x25	525025	Fasten	24	0,35	8,4
Tuerca en T cuello alto M6	52056	Fasten	24	0,62	14,88
Pieza ref. Escuadra carrito-perfil	FBRF	Fasten	8	15,8	126,4
Pieza ref. Escuadra TyP	FBRF	Fasten	2	15,8	31,6
Pieza ref. Chapa-Tuerca	FBRF	Fasten	1	14,5	14,5
Pieza ref. Chapa-Actuador	FBRF	Fasten	1	14,5	14,5
Angulo interior canal 10mm	5377	Fasten	4	3,38	13,52
Tapeta 45x45	5501	Fasten	2	0,54	1,08
Iva Fasten	-	Fasten	-	-	74,96
Tornilleria adicional	-	Jesus suministros	-	-	1,27
Tornillo tipo intervis	072-SCTS16	Jesus suministros	4	3,34	13,36
Tornillo tipo esparrago	048-141660	Jesus suministros	2	1,72	3,44
Chanela macho rotulada	-	Jesus suministros	1	66,38	66,38
Junta cardan Lasiom	-	Jesus suministros	1	56,5	56,5
Iva Jesus suministros	-	Jesus suministros	-	-	29,5995
Total					2933,52

Tabla 15 Costes de implementación de mejoras [Fuente propia]

Se puede observar que con la incorporación de estas mejoras el coste de la maquina sube significativamente

Maquina de ensayos	Coste
Maquina inicial	8647,71€
Implementacion de mejoras	2933,52€
Coste total	11581,23€

Tabla 16 Coste total del banco de ensayo [Fuente propia]

Hay que tener en cuenta que aun se le deben realizar algunas mejoras al banco de ensayo como por ejemplo la implementa de un sistema o estructura capaz de aplicar la carga sobre el asiento correctamente, se podria asumir que se podria usar un sistema parecido al que aplica la carga sobre el respaldo y hacer una estimacion del precio, ademas de implementas un mecanismo que permita la regulacion del angulo del actuador, entre otros.



Capítulo 6: Conclusiones e ideas futuras

CONCLUSIONES

A partir de los objetivos definidos en el capítulo 1, se puede concluir lo siguiente:

1. Se logro desarrollar una máquina de ensayos para realizar un ensayo estático a una silla de talla 1 impresa con pellet a través del proceso FGF, siguiendo gran parte de las especificaciones descritas por las normativas:

- UNE-EN 1022 “Asientos determinación de estabilidad “
- UNE-EN 1728:2013 “Mobiliario. Asientos. Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia y de la durabilidad”,
- UNE EN 1729-1_ES “Mobiliario centro de enseñanzas parte1 Dimensiones funcionales”
- UNE-EN 1729-2:2012+A1:2015 “Mobiliario. Sillas y mesas para centros de enseñanza. Parte 2: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo” teniendo en cuenta también las normas

Como la silla ensayada es de talla 1, no se realizó ningún ensayo a fatiga ya que la norma indica que para este tamaño de silla no es necesario realizar tal ensayo.

2. Se incorporo un sistema de guía-husillo el cual nos permite posicionar la carga sobre el respaldo de la silla, de una manera fácil y segura, un sistema bastante fácil de manipular en comparación a la inicial que simplemente estaba anclado los perfiles de aluminio unos a otros,

3. Se realizo una simulación de elementos finitos muy básica para estudiar el comportamiento de la silla, en los cuales se pueden observar errores de desplazamientos, dando como resultado que en el ensayo real que para lograr 215N sobre el respaldo el vástago del actuador debe desplazar el respaldo 72mm y en la simulación por elementos finitos se desplaza 81,2mm dando un error de 12,77%.

4. Se logro utilizar el banco de ensayos como herramienta educativa, ya que se realizaron ensayos en presencia de estudiantes, para que estos puedan entender el funcionamiento del banco de ensayo y sacar información necesaria para desarrollar otros proyectos y sus simulaciones.



5. Se puede concluir que con este banco de ensayos fomentamos la economía circular, ya que se logra dar un paso más hacia en cuanto a producción de mobiliario escolar con materiales reciclados.

IDEAS FUTURAS

1. Imprimir distintos tipos de tamaños de sillas con plásticos diferentes para realizar otros ensayos descritos según la normativa y mejorar el ensayo ya realizado.

2. Implementar otras mejoras de mecanismos como podrían ser:

- Desarrollar un mecanismo que permita la inclinación del actuador.
- Desarrollar un sistema similar al planteado en el proyecto de guía y husillo para realizar la correcta aplicación de la carga sobre el asiento.

3. Reforzar el estudio del análisis mecánico realizando simulaciones de elementos finitos más precisas con programas como Hyperworks.



Capítulo 7: Bibliografía

[1] Jiménez, L & Morata J, Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica, Asociación para la Sostenibilidad y el Progreso de las Sociedades. (2023 mayo 25) Economía circular
<https://cotec.es/observacion/economia-circular/f62c16db-5823-deb4-7986-a786e5c3401c>.

[2] Roldan Viloría, J. (2021) Montaje de conjuntos y estructuras fijas o desmontables UF0445. Biblioteca de la escuela de ingeniería industriales, universidad de Valladolid.

[3] García Rodríguez, A. (2023) Desarrollo y construcción de un banco de ensayos a fatiga para asientos (Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid, Valladolid, España).

[4] Santos Martínez, G. (2021) Diseño, desarrollo y prototipado de un sistema de ensayo a fatiga para piezas impresas en 3D (Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid, Valladolid, España).

[5] Rodríguez Muñoz, A. (2020) Diseño y desarrollo de un banco de ensayos para piezas impresas en 3d (Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid, Valladolid, España).

[6] Hegewald & Peschke Mess- und Pruftechnik GmbH (2023, marzo 03) FURNITURE AND COMPONENT TESTING EQUIPMENT
<https://www.hegewald-peschke.com/products/furniture-and-component-testing-machines/>

[7] Hegewald & Peschke Mess- und Pruftechnik GmbH (2016) Component- AND Furniture Testing
Chrome-
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.hegewald-peschke.com/fileadmin/daten/Downloads/Wissenswertes/Furniture_and_Component_Testing.pdf

[8] Hegewald & Peschke Mess- und Pruftechnik GmbH. (2017 marzo 22) Calmar one - furniture and component testing system
Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=1VwwnjAuFJY>



[9] Asociación Española de Normalización, UNE. (2019) Mobiliario de asientos determinación de estabilidad. (UNE-EN 1022_ES) Plataforma AENORmax normas al día.

[10] Asociación Española de Normalización, UNE. (2013) Mobiliario Sillas Métodos de Ensayos (UNE-EN 1728_ES) Plataforma AENORmax normas al día.

[11] Asociación Española de Normalización, UNE. (2016) Mobiliario centro de enseñanzas Parte 2 requisitos de seguridad y métodos de ensayos (UNE-EN 1729-2 2012+A1_ES) Plataforma AENORmax normas al día.

[12] Unión europea (2006) Reglamento (UE) 2006/42/CE del parlamento europea de consejo de 17 de mayo de 2006 relativa a maquinas.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-81063>

[13] Asociación Española de Normalización y Certificación (2008) Mercado CE para maquinas AENOR 2008
Biblioteca de la universidad de Valladolid.

[14] Asociación Española de Normalización, UNE (2016) Sillas y mesas de centros de enseñanzas Parte 1: Dimensiones funcionales (UNE-EN 1729-1) Plataforma AENORmax normas al día.

[15] Masilla Boyano, P. (2023) Análisis de parámetros del proceso de Impresión 3D FGF. Aplicación a la fabricación de mobiliario (Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid, Valladolid, España).

[16] Fasten Sistemas (2021) Componentes para mobiliario y equipamientos industriales. V.21.Catalogo suministrado por Comercial@fasten.es

[17] SMC (2023) Electric Actuator CAT.EUS100-83E-UK
Catálogo proporcionado vía correo electrónico

[18] SMC (2023) Unidad de guiado GUM/GUL para ejes eléctricos de la serie LEY Tamaño:16, 25,32,40 y 63 Carreras:30 a 800mm.
Catálogo proporcionado vía correo electrónico

[19] HBK Hottinger brueel & KJ/ER (2022) Mountig Instructions U10M, U10S
https://www.hbm.com/es/2410/u10-u10m-u10s/?product_type_no=C%3%A9lula%20de%20carga%20de%20ultraprecisi%C3%B3n%20U10:%20la%20elecci%C3%B3n%20m%C3%A1s%20fiable



[20] Lasiom (2022) Lasiom Transmisiones
<https://www.lasiom.com/catalogs>

[21] Hepcomotion (2023) Husillos de bolas HEPCO
<https://www.hepcomotion.com/es/producto/actuadores-lineales/husillos-a-bolas/>

[22] Hepcomotion (2023) GV3 sistema lineal de guiado y transmision
<https://www.hepcomotion.com/es/producto/guias-lineales/gv3-guias-lineales-en-v/>

[23] Intel corporación (2023, junio 26) ¿Qué es una NUC?
<https://www.intel.es/content/www/es/es/products/docs/boards-kits/nuc/what-is-nuc-article.html>

[24] Asociación Española de Normalización, UNE. (2020) Determinación de las propiedades de flexión (UNE-EN 178_ES) Plataforma AENORmax normas al día.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

Anexos

1. Especificaciones técnicas de elementos

1.1 Actuador eléctrico: LEY40-EC-300WMD-R5 C6181

- Características

LEY Series

Step Motor (Servo/24 VDC) Servo Motor (24 VDC)

Specifications

Step Motor (Servo/24 VDC)

Model		LEY16			LEY25			LEY32			LEY40			
Work load [kg] ^{*1}	Horizontal (LECP1, JXC□1)	(3000 [mm/s ²])	6	17	30	20	40	60	30	45	60	50	60	80
		(2000 [mm/s ²])	10	23	35	30	55	70	40	60	80	60	70	90
	Horizontal (LECPA, JXC□3)	(3000 [mm/s ²])	4	11	20	12	30	30	20	40	40	30	60	60
		(2000 [mm/s ²])	6	17	30	18	50	50	30	60	60	—	—	—
	Vertical (3000 [mm/s ²])	2	4	8	8	16	30	11	22	43	13	27	53	
	Pushing force [N] ^{*2, *3, *4}		14 to 38	27 to 74	51 to 141	63 to 122	126 to 238	232 to 452	80 to 189	156 to 370	296 to 707	132 to 283	266 to 553	582 to 1058
Speed [mm/s] ^{*4}	LECP1/JXC□1	15 to 500	8 to 250	4 to 125	18 to 500	9 to 250	5 to 125	24 to 500	12 to 300	6 to 150	24 to 500	12 to 350	6 to 175	
	LECPA/JXC□3								12 to 250	6 to 125	24 to 300	12 to 150	6 to 75	
Max. acceleration/deceleration [mm/s ²]		3000												
Pushing speed [mm/s] ^{*5}		50 or less			35 or less			30 or less			30 or less			
Positioning repeatability [mm]		±0.02												
Lost motion [mm] ^{*6}		0.1 or less												
Screw lead [mm]		10	5	2.5	12	6	3	16	8	4	16	8	4	
Impact/Vibration resistance [m/s ²] ^{*7}		50/20												
Actuation type		Ball screw + Belt (LEY□)/Ball screw (LEY□D)												
Guide type		Sliding bushing (Piston rod)												
Operating temperature range [°C]		5 to 40												
Operating humidity range [%RH]		90 or less (No condensation)												
Motor size		□28			□42			□56.4			□56.4			
Motor type		Step motor (Servo/24 VDC)												
Encoder		Incremental A/B phase (800 pulse/rotation)												
Rated voltage [V]		24 VDC ±10 %												
Power consumption [W] ^{*8}		23			40			50			50			
Standby power consumption when operating [W] ^{*9}		16			15			48			48			
Max. instantaneous power consumption [W] ^{*10}		43			48			104			106			
Type ^{*11}		Non-magnetising lock												
Holding force [N]		20	39	78	78	157	294	108	216	421	127	265	519	
Power consumption [W] ^{*12}		2.9			5			5			5			
Rated voltage [V]		24 VDC ±10 %												

*1 Horizontal: The maximum value of the work load. An external guide is necessary to support the load (Friction coefficient of guide: 0.1 or less). The actual work load and transfer speed change according to the condition of the external guide. Also, speed changes according to the work load. Check "Model Selection" on pages 37 and 38.

Vertical: Speed changes according to the work load. Check "Model Selection" on pages 37 and 38.

The values shown in () are the acceleration/deceleration.

Set these values to be 3000 [mm/s²] or less.

*2 Pushing force accuracy is ±20 % (F.S.).

*3 The pushing force values for LEY16□ is 35 % to 85 %, for LEY25□ is 35 % to 65 %, for LEY32□ is 35 % to 85 %, and for LEY40□ is 35 % to 65 %.

The pushing force values change according to the duty ratio and pushing speed. Check "Model Selection" on page 40.

*4 The speed and force may change depending on the cable length, load, and mounting conditions. Furthermore, if the cable length exceeds 5 m, then it will decrease by up to 10 % for each 5 m. (At 15 m: Reduced by up to 20 %)

*5 The allowable speed for pushing operation. When push conveying a workpiece, operate at the vertical work load or less.

*6 A reference value for correcting an error in reciprocal operation

*7 Impact resistance: No malfunction occurred when the actuator was tested with a drop tester in both an axial direction and a perpendicular direction to the lead screw. (The test was performed with the actuator in the initial state.)

Vibration resistance: No malfunction occurred in a test ranging between 45 to 2000 Hz. The test was performed in both an axial direction and a perpendicular direction to the lead screw. (The test was performed with the actuator in the initial state.)

*8 The power consumption (including the controller) is for when the actuator is operating.

*9 The standby power consumption when operating (including the controller) is for when the actuator is stopped in the set position during the operation. Except during the pushing operation

*10 The maximum instantaneous power consumption (including the controller) is for when the actuator is operating. This value can be used for the selection of the power supply.

*11 With lock only

*12 For an actuator with lock, add the power consumption for the lock.

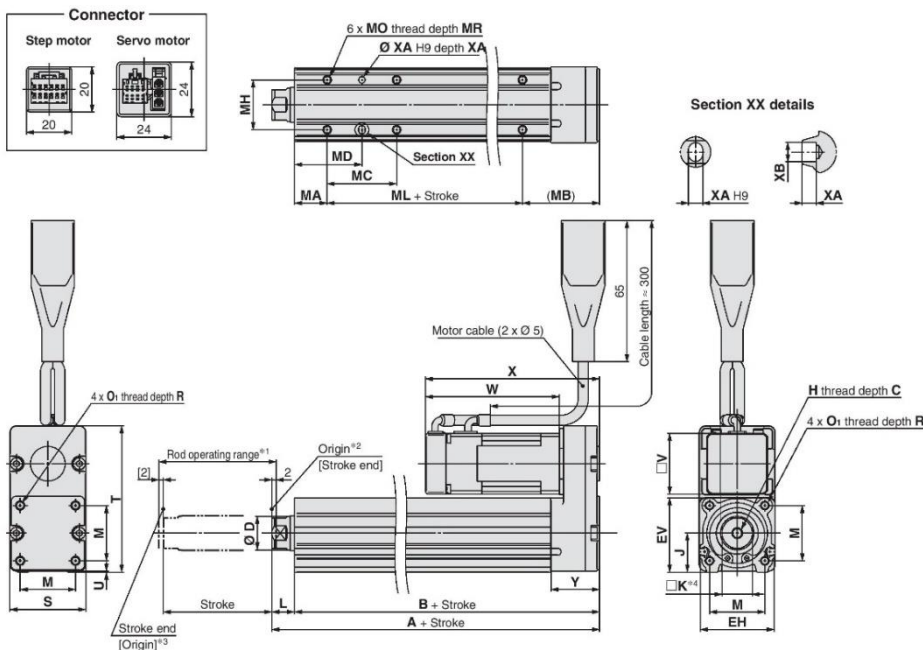
1.1 Actuador eléctrico: LEY40-EC-300WMD-R5 C6181

- Dimensiones

LEY Series

Step Motor (Servo/24 VDC) Servo Motor (24 VDC)

Dimensions: Motor Top/Parallel



*1 Range within which the rod can move when it returns to origin
 Make sure workpieces mounted on the rod do not interfere with the workpieces and facilities around the rod.
 *2 Position after return to origin
 *3 [] for when the direction of return to origin has changed
 *4 The direction of rod end width across flats (K) differs depending on the products.

Size	Stroke range (mm)	[mm]																[mm]					
		A	B	C	D	EH	EV	H	J	K	L	M	O ₁	R	S	T	U	V	Step motor W	Servo motor X	W	X	Y
16	10 to 100	101	90.5	10	16	34	34.3	M5 x 0.8	18	14	10.5	25.5	M4 x 0.7	7	35	67.5	0.5	28	61.8	80.3	62.5	81	22.5
	101 to 300	121	110.5																				
	15 to 100	130.5	116	13	20	44	45.5	M8 x 1.25	24	17	14.5	34	M5 x 0.8	8	46	92	1	42	63.4	85.4	59.6	81.6	26.5
25	101 to 400	155.5	141																				
	20 to 100	148.5	130	13	25	51	56.5	M8 x 1.25	31	22	18.5	40	M6 x 1.0	10	60	118	1	56.4	68.4	95.4	—	—	34
	101 to 500	178.5	160																				
40	20 to 100	148.5	130	13	25	51	56.5	M8 x 1.25	31	22	18.5	40	M6 x 1.0	10	60	118	1	56.4	90.4	117.4	—	—	34
	101 to 500	178.5	160																				

Body Bottom Tapped

Size	Stroke range (mm)	[mm]									
		MA	MB	MC	MD	MH	ML	MO	MR	XA	XB
16	10 to 39			17	23.5						
	40 to 100	15	35.5	32	31	23	40	M4 x 0.7	5.5	3	4
	101 to 300			62	46	60					
25	15 to 39			24	32						
	40 to 100			42	41	50					
	101 to 124	20	46	59	49.5	29	75	M5 x 0.8	6.5	4	5
	125 to 200			76	58						
32	20 to 39			22	36						
	40 to 100			36	43	50					
	101 to 124	25	55	53	51.5	30	80	M6 x 1	8.5	5	6
	125 to 200			70	60						
40	201 to 500										

1.1 Actuador eléctrico: LEY40-EC-300WMD-R5 C6181

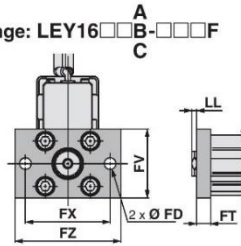
- Acoplamiento trasero

Electric Actuator/Rod Type **LEY Series**

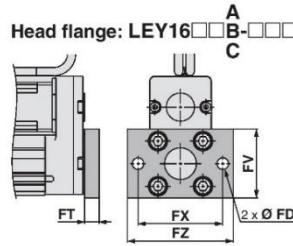
Step Motor (Servo24 VDC) Servo Motor (24 VDC)

Dimensions

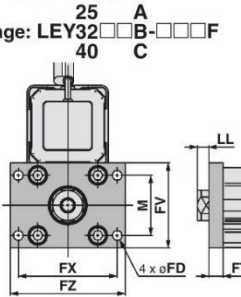
Rod flange: LEY16□□B□□□F



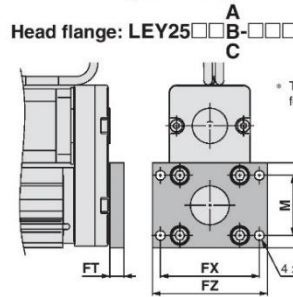
Head flange: LEY16□□B□□□G



Rod flange: LEY25□□B□□□F
40



Head flange: LEY25□□B□□□G



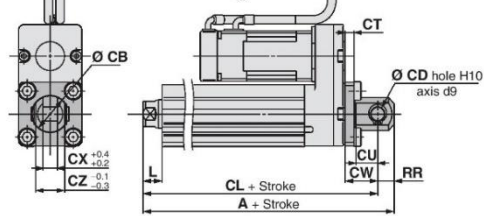
Included parts
• Flange
• Body mounting bolt

Rod/Head Flange [mm]

Size	FD	FT	FV	FX	FZ	LL	M
16	6.6	8	39	48	60	2.5	—
25	5.5	8	48	56	65	6.5	34
32, 40	5.5	8	54	62	72	10.5	40

Material: Carbon steel (Nickel plating)

Double clevis: LEY16□□B□□□D



Included parts
• Double clevis
• Body mounting bolt
• Clevis pin
• Retaining ring

* Refer to page 97 for details on the rod end nut and mounting bracket.

Double Clevis [mm]

Size	Stroke range [mm]	A	CL	CB	CD	CT
16	10 to 100	128	119	20	8	5
25	15 to 100	160.5	150.5	—	10	5
	101 to 200	185.5	175.5	—	—	—
32	20 to 100	180.5	170.5	—	10	6
40	101 to 200	210.5	200.5	—	—	—

Size	Stroke range [mm]	CU	CW	CX	CZ	L	RR
16	10 to 100	12	18	8	16	10.5	9
25	15 to 100	14	20	18	36	14.5	10
	101 to 200	—	—	—	—	—	—
32	20 to 100	14	22	18	36	18.5	10
40	101 to 200	—	—	—	—	—	—

Material: Cast iron (Coating)
* The A and CL measurements are when the unit is in the original position. At this position, 2 mm at the end.



Model Selection

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

LEY

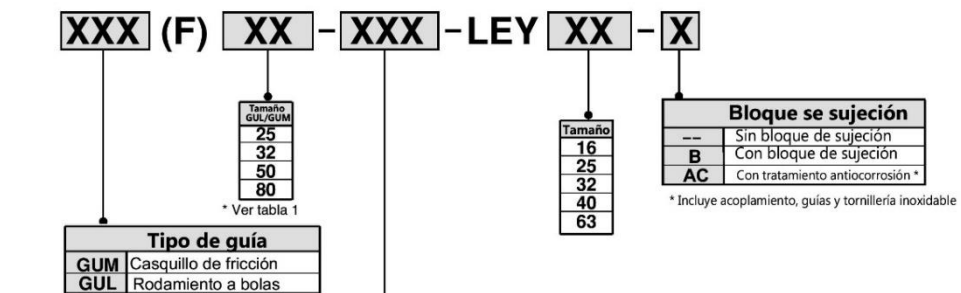
LEY

1.2 Guía GUM: GUM(F)50- 300-LEY40

- Forma de pedido

Unidad de guiado para actuador eléctrico LEY Serie **GUM/GUL**

Forma de pedido de unidad de guiado



* Tabla 1

Compatibilidad cilindro/unidad de guiado

Carrera	Tamaño LEY		LEY				
	Tamaño LEY		16	25	32	40	63
30			⊗	⊗	⊗	⊗	
50			⊗	⊗	⊗	⊗	
100			⊗	⊗	⊗	⊗	
150			⊗	⊗	⊗	⊗	
200			⊗	⊗	⊗	⊗	
250		X	⊗	⊗	⊗	⊗	
300				X	⊗	⊗	X
350				X	X	X	
400				X	X	X	X
450					X	X	
500					X	X	X
600							X
700							X
800							X

Tamaño GUM/GUL	LEY				
	16	25	32	40	63
25	X				
32		X			
50			X	X	
80					X

- Las unidades de guiado son compatibles con todos los tipos de actuador.
- El eje eléctrico LEY no está incluido en la referencia. Debe pedirse por separado.
- Seleccionar un actuador LEY con terminación vástago hembra.

⊗ = disponible en la serie LEYG (utilizar preferentemente)

Ejemplo de pedido : GUL(F) 32-250-LEY25-B para un LEY25AA-250-R56P1D

Para determinar la referencia del actuador eléctrico LEY, contacte con su asesor técnico SMC o visite nuestra web: www.smc.eu



1.2 Guía GUM: GUM(F)50- 300-LEY40

- Características

Unidad de guiado **GUM/GUL** para actuador eléctrico LEY



Características

Serie		GUM	GUL
Tipo de guiado		Casquillo de fricción	Rodamiento a bolas
Tamaño LEY		25, 32, 40, 63	
Componentes	cuerpo	aluminio anodizado	aluminio anodizado
	placa frontal	aluminio anodizado	aluminio anodizado
	columnas	acero cromado duro	acero XC55 templado
	acoplamiento	acero galvanizado	acero galvanizado
	tornillos	acero galvanizado	acero galvanizado
bloque de sujeción		aluminio anodizado	aluminio anodizado
temperatura de trabajo		de 5 a 90°	de 5 a 120°C

Peso

(Kg)

GUM/GUL	25	32	50	80
Peso carrera 0/	90	1,30	3,70	8,40
Peso por cada 100 mm	0,12	0,17	0,48	0,76
Masa móvil (ver nota)	0.28	0.45	1.3	2.6
Peso bloque sujeción:	0.1	0.15	0.4	0.8

Nota: La masa móvil incluye el peso de la placa frontal, el acoplamiento y el peso de las columnas para carrera 0.

Verificación de la masa total a desplazar:

Para verificar que el actuador es el adecuado, la carga de la unidad guía GUM/GUL debe ajustarse a la carga a mover.

Ejemplo :

El eje debe incorporar una carga de 5 kg para un desplazamiento horizontal de 300 mm.

En estas condiciones, es compatible una guía GUM(F)32 con bloque de sujeción.

La masa real desplazada = Carga + masa móvil + peso para carrera 300 mm + peso bloque sujeción
 = 5 + 0.45 + 0.51 + 0.15 = 6.11kgs.

Nota :

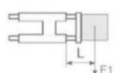
Consultar nuestro catálogo de actuadores eléctricos LEY para comprobar la capacidad de transferencia de la carga en función de la velocidad. Puede realizar esta comprobación, utilizando nuestro software de selección "e-Actuator selection", que puede descargarse desde nuestra web: www.smc.eu

1.2 Guia GUM: GUM(F)50- 300-LEY40

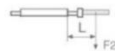
- Cargas maximas

Montaje LEY (roscado) sobre unidad de guía **GUM/GUL**

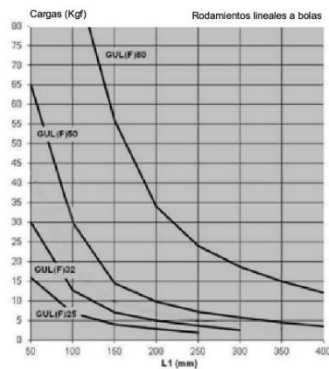
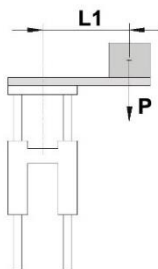
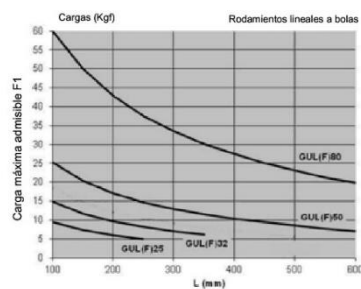
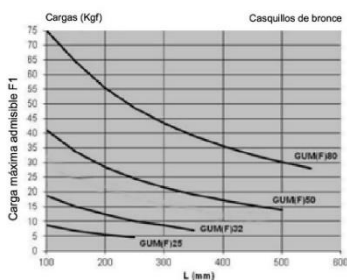
Gráficas



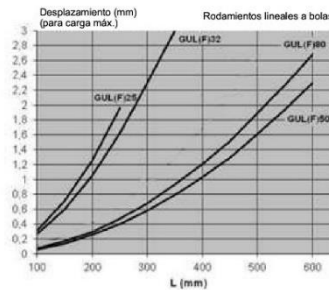
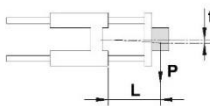
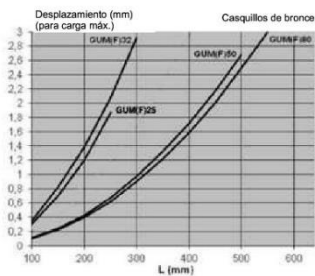
En dinámico: $F1$ ver gráficos
En estático: $F3 = F1 \times 2$



En dinámico: $F2 = F1 \times 0.9$
En estático: $F4 = F2 \times 2$



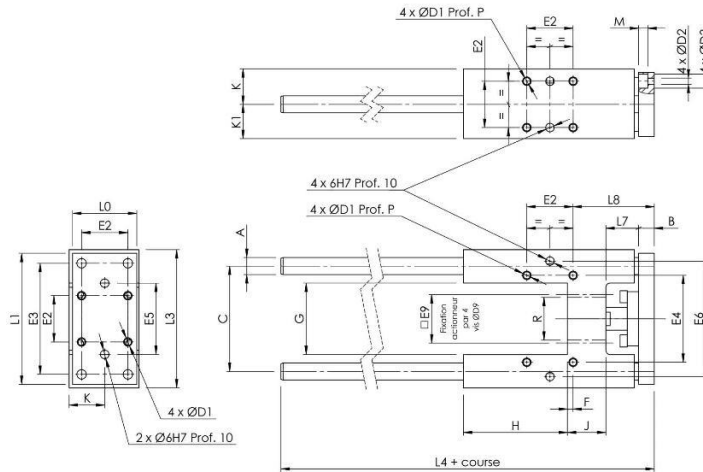
En dinámica, para grandes cargas y carreras, utilice una guía de rodamientos de bolas, o divida la carga por 4.



1.2 Guia GUM: GUM(F)50- 300-LEY40

- Dimensiones

Para LEY GUM/GUL

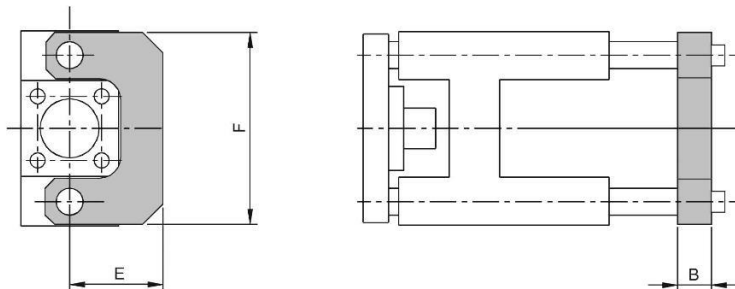


Ficheros 3D disponibles bajo demanda

Guiado	Actuador	A	B	C	D1	D2	D3	D9	E2	E3	E4	E5	E6	E9	F	G
GUM/GUL(F)25	LEY16	10	11	62	M5	5.5	-	Ø4.5	28	68	52	-	-	25.5	10	40.5
GUM/GUL(F)32	LEY25	12	11	74	M6	6.6	11	Ø5.5	32.5	78	61	50 ^{+0.02}	81 ^{+0.02}	34	4	50.2
GUM/GUL(F)50	LEY32/40	20	19	104	M8	9	15	Ø6.5	46.5	100	85	72 ^{+0.02}	119 ^{+0.02}	40	24	70
GUM/GUL(F)80	LEY63	25	22	148	M10	11	18	Ø8.5	72	130	130	106 ^{+0.02}	166 ^{+0.02}	60	25	106

Guiado	Actuador	H	J	K	K1	L0	L1	L3	L4	L5	L7	L8	M	P	R
GUM/GUL(F)25	LEY16	57	23	20	21	38	80	83	135	100	35.5	47	-	10	Ø25
GUM/GUL(F)32	LEY25	73	27	25	24	45	92	97	147	120	27	57	6.5	12	Ø30
GUM/GUL(F)50	LEY32/40	70	40	35	34	68	134	137	195	140	46	70	9	16	Ø40
GUM/GUL(F)80	LEY63	111	45	52.5	52.5	100	180	189	251	195	35	90	11	20	Ø45

Bloque de sujeción para LEY: Se recomienda esta opción para carreras superiores a 500 mm.



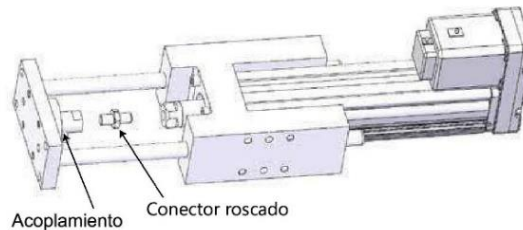
Guiado	Actuador	B	E	F
GUM/GUL(F)25	LEY16	8	39	82
GUM/GUL(F)32	LEY25	11	48	95
GUM/GUL(F)50	LEY32/40	16	63	134
GUM/GUL(F)80	LEY63	20	80	184

1.2 Guía GUM: GUM(F)50- 300-LEY40

- Acoplamiento entre actuador y guía GUM

Montaje LEY (roscado) sobre unidad guiada **GUM/GUL**

Instrucciones de montaje

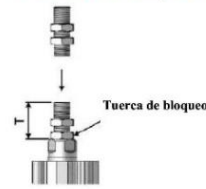
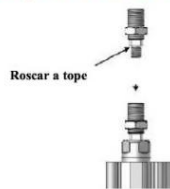


Paso 1 : Rosque el conector sobre el vástago del actuador LEY (con un fijador de rosca normal tipo Loctite 243) y bloquéelo.

Existen dos tipos de conectores en función del tamaño de los ejes LEY.

Conector para LEY16, 32, 40

Conector cilíndrico para LEY 25 y 63



Cota de desplazamiento ($T \pm 1$ mm) :

LEY25 = 19 mm

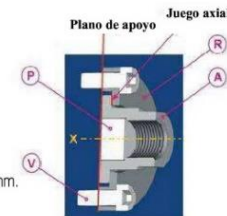
LEY63 = 42 mm

Paso 2 : Rosque el eje eléctrico LEY sobre el cuerpo de la unidad de guía GUM (L) con los cuatro tornillos.

Paso 3 : Rosque el vástago del LEY (con su conector) en el amarre del acoplamiento (pieza A).

El amarre debe estar flotante en la parte circular (pieza R) mientras que el vástago del cilindro no esté en contacto con el casquillo (pieza P).

La distancia o juego axial entre el amarre (pieza A) y la arandela (pieza R) debe ser inferior a 0,2 mm.



Composición del acoplamiento :

- 1 amarre roscado (pieza A)
- 1 arandela de apoyo (pieza R)
- 1 plataforma libre (pieza P)
- 2 a 4 tornillos de fijación sobre la placa (pieza V) según el vástago de guiado

Dos tipos de ajuste:

- **Juego reducido :** Roscar el vástago del cilindro contra el caquillo (pieza P). Después desenroscar muy ligeramente. Bloquear luego el vástago con su contratuercas. Este ajuste se recomienda para carreras superiores a 200 mm.

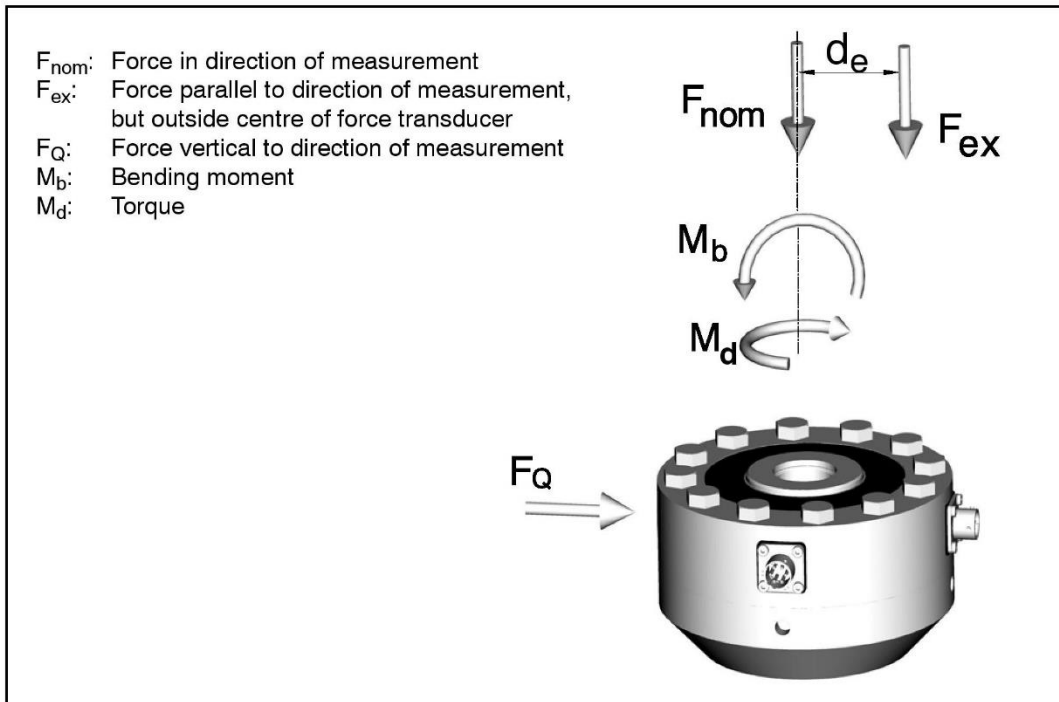
- **Juego suprimido:** Roscar el vástago del cilindro hasta que haya contacto con el casquillo (pieza R). Después bloquear el vástago con su contratuercas. Antes de bloquear, debe asegurarse de que el acoplamiento y el vástago del cilindro están bien alineados.

Realizar esta operación cuando el vástago del actuador LEY esté recogido. Verificar manualmente que el deslizamiento del conjunto debe ser suave. Esta opción no es recomendable para carreras superiores a 200 mm.

1.3 Celula de carga: U10M5KN

- Especificaciones mecánicas

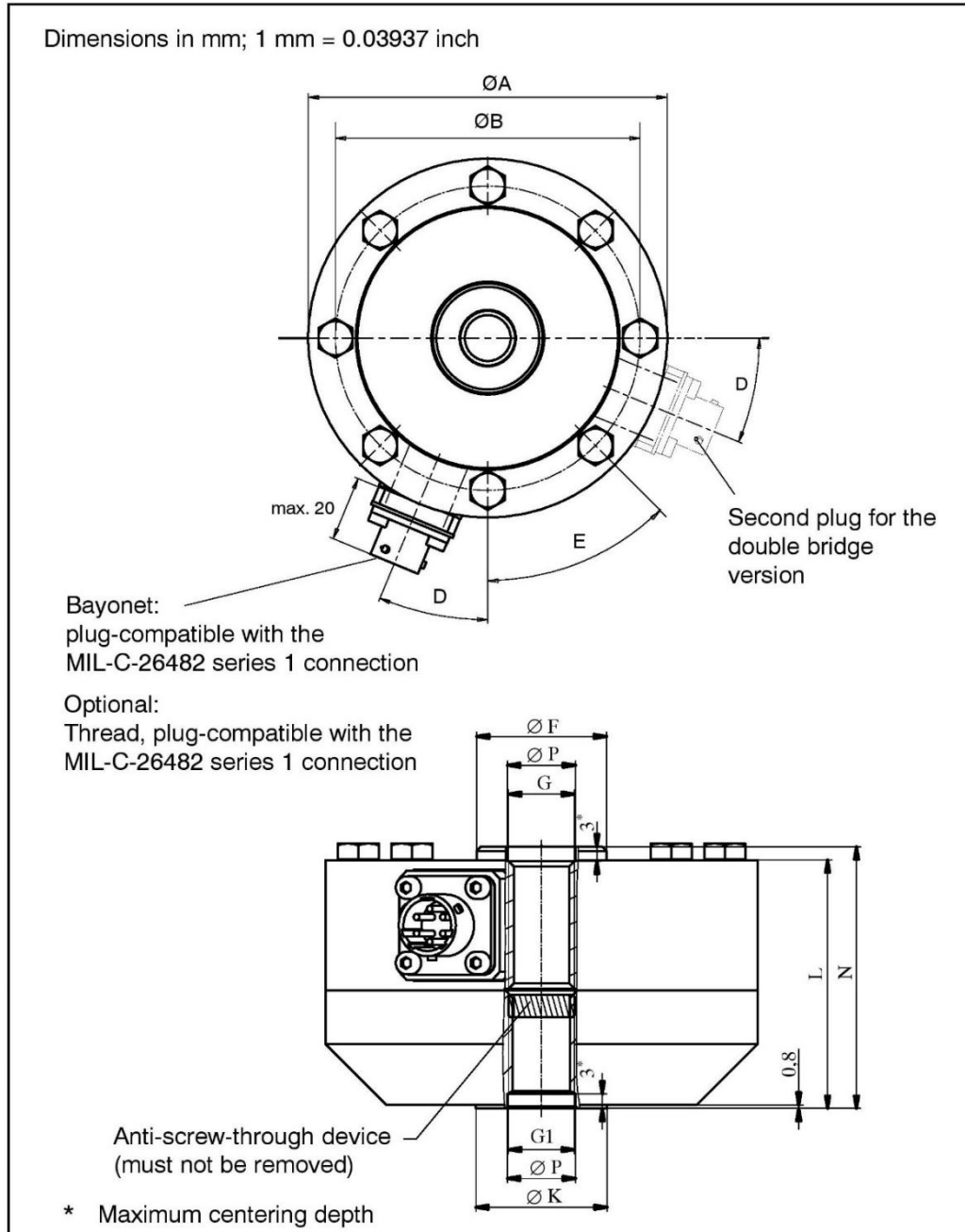
Nominal (rated) force	F_{nom}	kN	1.25	2.5	5	12.5	25	50	125	250	500		
Limit bending moment ⁵⁾	$M_{b adm}$	N·m	30	60	125	315	635	1270	3175	5715	11430		
Limit torque ⁵⁾	M_L	N·m	30	60	125	315	635 ⁴⁾	1270	3175	5715	11430		
Nominal (rated) displacement	s_{nom}	mm	0.02			0.03			0.04	0.05	0.06		
Fundamental resonance frequency	f_G	kHz	4.5	5.9	9.3	6.6	9.2	6.5	8.1	6.6	6.1		
Rigidity	F/S	10^5 N/mm	0.625	1.25	2.5	4.17	8.33	16.7	31.3	50.0	83.3		
Permissible vibrational stress (Vibration bandwidth per DIN 50 100)	F_{rb}	% v. F_{nom}	200										
Weight	With adapter	kg	1.2			3			10			23	60
		lbs	2.65			6.61			22.05			50.71	132.28
		kg	0.5			1.3			5			11	28
		lbs	1.1			2.87			11.02			24.25	61.73



1.3 Celula de carga: U10M5KN

- Plano de célula de carga

10.1 U10M/U10S with foot adapter





1.3 Celula de carga: U10M5KN

- Dimensiones celula de carga

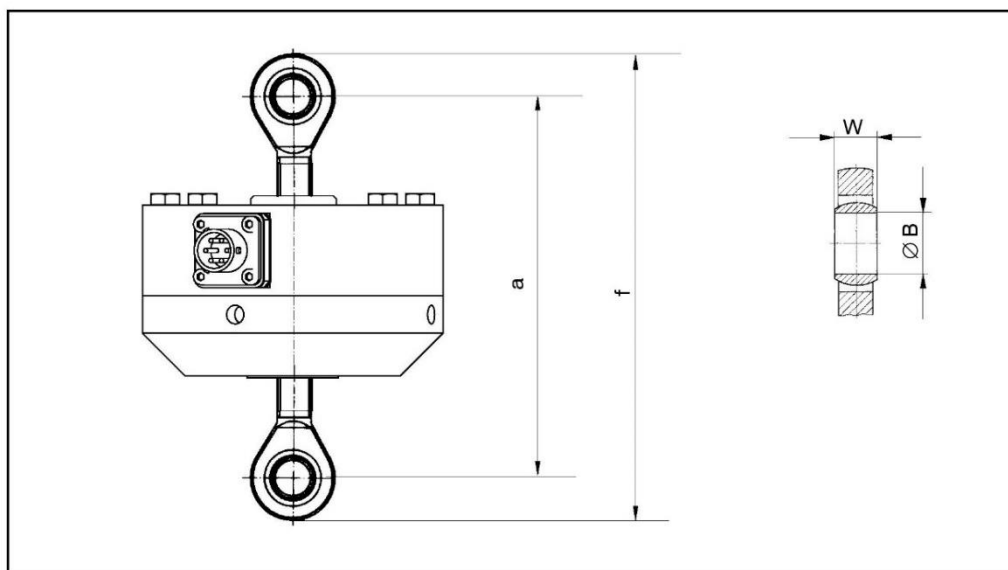
U10M

Nominal (rated) force	Dimensions in	ØA	ØB	D	E	ØF	G
1.25 kN – 5 kN	mm	104.8	88.9	22.5°	45°	30.4	M16x2-4H 28.4 mm deep
	inch	4.13	3.5			1.2	
12.5 kN – 25 kN	mm	104.8	88.9	22.5°	45°	31.5	M16x2-4H 28.4 mm deep
	inch	4.13	3.5			1.24	
50 kN	mm	153.9	130.3	15°	30°	61.2	M33x2-4H 35.6 mm deep
	inch	6.06	5.13			2.41	
125 kN	mm	153.9	130.3	15°	30°	67.3	M33x2-4H 35.6 mm deep
	inch	6.06	5.13			2.65	
250 kN	mm	203.2	165.1	11.25°	22.5°	95.5	M42x2-4H 54.6 mm deep
	inch	8.00	6.51			3.76	
500 kN	mm	279	229	11.25°	22.5°	122.2	M72x2-4H 82.6 mm deep
	inch	10.98	9.02			4.81	

Nominal (rated) force	Dimensions in	G1	ØK	L	N	ØP _{H8}
1.25 kN – 25 kN	mm	M16x2-4H 22.1 mm deep	31.8	60.3	63.5	16.5
	inch		1.25	2.37	2.5	0.65
50 kN – 125 kN	mm	M33x2-4H 35.6 mm deep	57.2	85.9	89	33.5
	inch		2.25	3.38	3.5	1.32
250 kN	mm	M42x2-4H 54.6 mm deep	76.2	108	114.3	43
	inch		3	4.25	4.5	1.69
500 kN	mm	M72x2-4H 82.6 mm deep	114	152.4	165.1	73
	inch		4.49	6	6.5	2.87

1.3 Celula de carga: U10M5KN

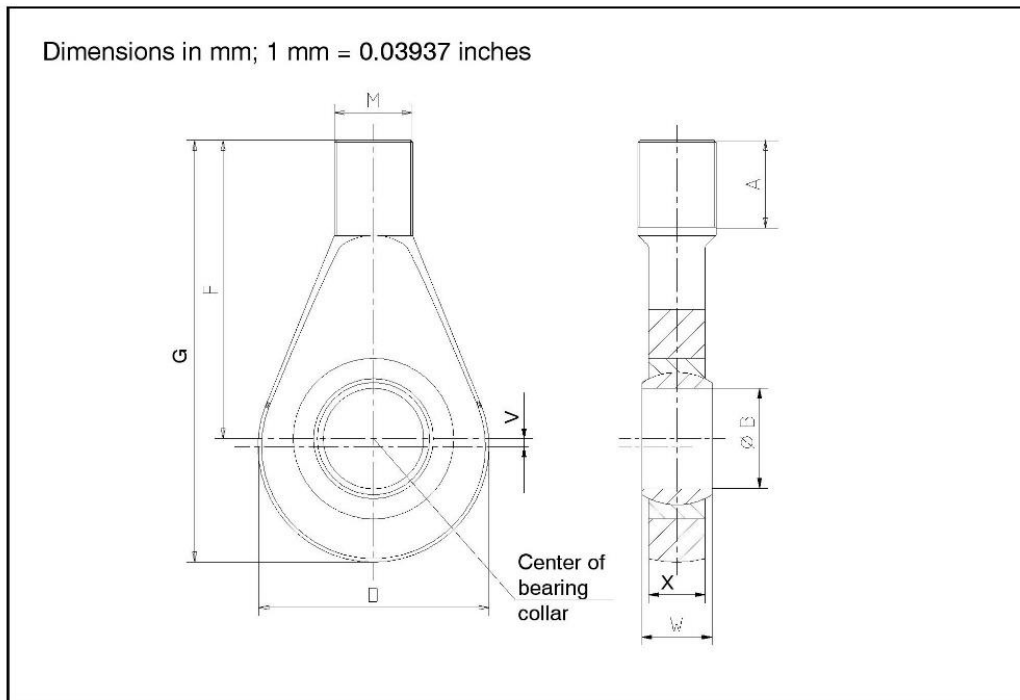
- Especificaciones de rotulas



Nominal (rated) force in kN	Order number for knuckle eye	a (approx.)		f (approx.)		W		Ø B	
		mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch
1.25 – 25	1-Z4/20kN/ZGUW	146	5.748	167	6.575	21	0.827	16	0.630
50 – 125	1-ZGAM33F	258	10.157	322	12.577	35	1.387	50	1.969
250	1-ZGAM42F	277	10.906	345	13.583	44	1.732	60	2.362
500	1-ZGAM72F	360	14.173	462	18.189	60	2.362	90	3.543

1.3 Celula de carga: U10M5KN

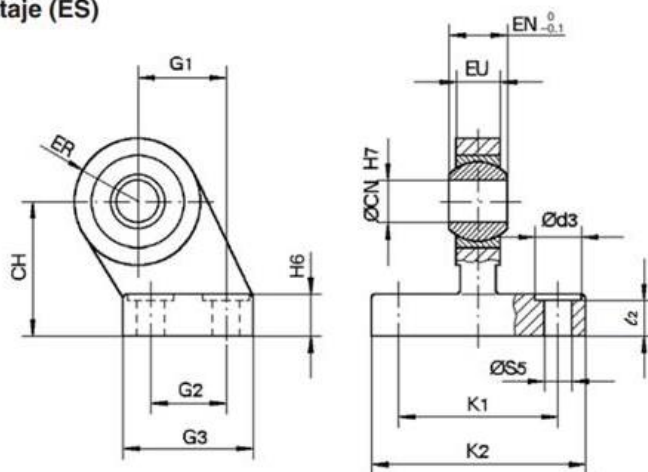
- Dimensiones de rotulas



Nominal (rated) force	Knuckle eye Order number	A	Ø B	D	F	G	M	V	W	X	Weight
1.25 kN – 25kN	1-Z4/20kN/ZGUW	41.7	16	42	67.7	88.7	M16	0	21	15	0.2 kg
50 kN – 125 kN	1-ZGAM33F	35	50	115	118	182.5	M33x2	7	35	28	2.5 kg
250 kN	1-ZGAM42F	45	60	126	134	202	M42x2	5	44	36	3.8 kg
500 kN	1-ZGAM72F	45	90	190	178	280	M72x2	7	60	50	12.6 kg

1.4 Charnela ES5032

Montaje (ES)



Diámetro (mm)	Ød3	ØCN	ØS5	K1	K2 máx.	ℓ2	G1	G2	G3 máx.	EN	EU	CH	H6	ER máx.
32	11	10	6.6	38	51	8.5	21	18	31	14	10.5	32	10	15
40	11	12	6.6	41	54	8.5	24	22	35	16	12	36	10	18
50	15	16	9	50	65	10.5	33	30	45	21	15	45	12	20
63	15	16	9	52	67	10.5	37	35	50	21	15	50	12	23
80	18	20	11	66	86	11.5	47	40	60	25	18	63	14	27
100	18	20	11	76	96	12.5	55	50	70	25	18	71	15	30
125	20	30	13.5	94	124	17	70	60	90	37	25	90	20	40

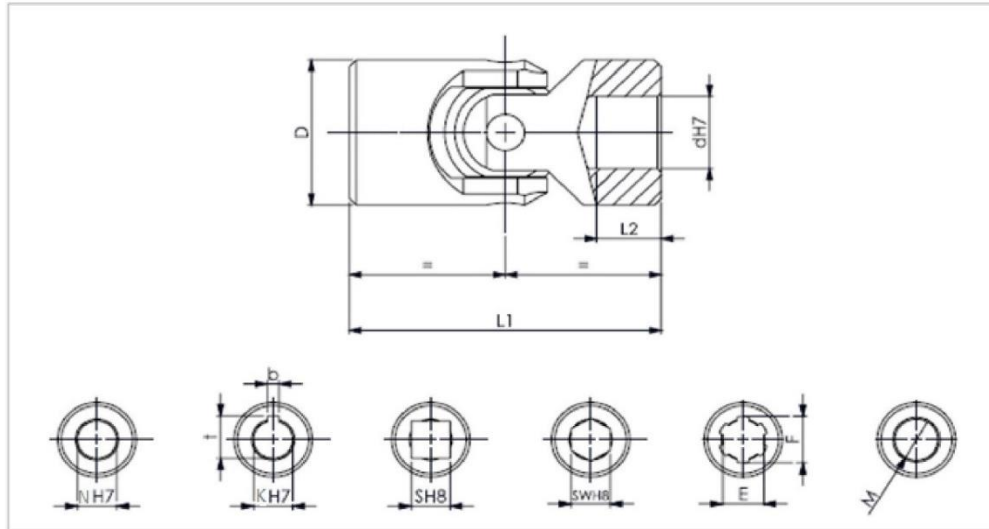
Color negro

1.5 Junta cardan 106ALN14 Lasiom



Juntas universales
Serie AL **ROTAR**

Simple



COD.	dh7	D	L1	L2	BAJO DEMANDA						BAJO DEMANDA				
					L1	L2	L1	L2	L1	L2	dh7	b	t	S	SW
100AL	5	10	40	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5
101AL	6	13	40	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6
102AL	8	16	40	10	-	-	-	-	-	-	-	2	9	8	8
103AL	10	20	45	10	50	12	48	11	62	18	12	3	11,4	10	10
103/IAL	12	22	50	12	-	-	48	11	62	18	-	4	13,8	-	-
104AL	12	25	50	11	56	14	-	-	74	23	14-16	4	13,8	12	12
105AL	14	29	56	13	65	17	60	15	74	23	16	5	16,3	14	14
106AL	16	32	65	15	72	18	68	16	86	25	18-20	5	18,3	16	16
107AL	18	37	72	17	82	22	74	18	-	-	-	6	20,8	18	18
108AL	20	40	82	19	95	25	108	32	-	-	22-25	6	22,8	20	20
109AL	22	47	95	22	108	28	-	-	-	-	25	6	24,8	22	22
109/IAL	25	45	108	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110AL	25	50	108	27	122	34	105	25	132	39	30	8	28,3	25	25
111AL	30	58	122	30	140	39	166	52	-	-	35	8	33,3	30	30

NOTA Bajo demanda es posible agujero estriado (E/F) y agujero roscado (M).
Para ejecuciones especiales, se ruega verificar la viabilidad con nuestra oficina técnica.

Ejemplo de referencia: 105AL N14 → Tamaño de agujero= 14,16...
→ Tipo de agujero= N/ K/ S/ SW/ E/ M (U= ciega, sin agujero)

1.6 Sistema de Husillo

- Forma de pedido

Detalles de pedido

HepcoMotion.com

Las unidades de husillo de bolas se suministrarán montadas con los extremos mecanizados listos para el montaje, o montadas con extremos lisos según el pedido del cliente. Para pedir componentes de husillos de bolas o tuercas por separado, consulte a continuación.

Detalles de pedido

Tuerca:

HB55 16 05 R C7 A0

Número de pieza

Combinación de grado de precisión (C...) y precarga (A...)

Opciones estándar: **C5 A2***, **C7 A1***, o **C7 A0**

* La opción no está disponible como estándar en el tipo HBSM.

Póngase en contacto con Hepco para comprobar la disponibilidad.

Husillo:

HBS 16 05 R C7 1000 (A) L (B) (K)

Referencia del husillo

Diámetro (mm)

Paso (mm)

Dirección de la rosca: **R** hacia la derecha o **L** hacia la izquierda

Grado de precisión: **C5** o **C7**

Longitud total (mm)

K - Chavetero opcional

Dejar en blanco si no se requiere

B - Mecanizado del extremo apoyado (figura B)
Dejar en blanco si no se requiere (ver

Orientación de la tuerca: **L** para la brida orientada a la izquierda,
R para la brida orientada a la derecha (véase el diagrama siguiente)

A - Mecanizado del extremo fijo (figura A)

Dejar en blanco si no se requiere (ver

Alojamiento del extremo fijo:

BHF 16

Número de Pieza

(Diámetro del husillo en mm)

Alojamiento del extremo apoyado:

BHS 16

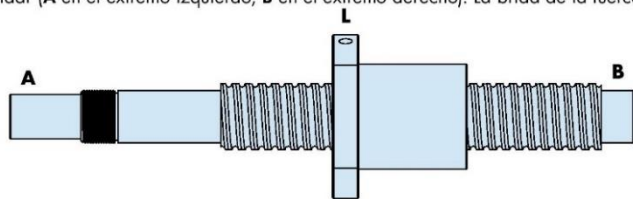
Número de pieza

(Diámetro del husillo en mm)

Diagrama que muestra el mecanizado estándar de los extremos y las designaciones de la orientación de las tuercas:

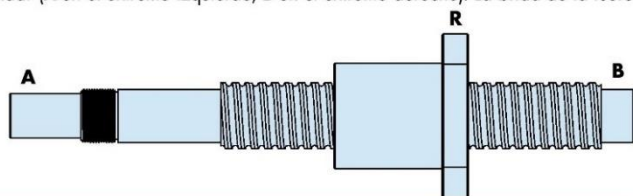
Ejemplo 1

El husillo de bolas tiene un mecanizado estándar (**A** en el extremo izquierdo, **B** en el extremo derecho). La brida de la tuerca está orientada hacia la izquierda (**L**).



Ejemplo 2

El husillo de bolas tiene un mecanizado estándar (**A** en el extremo izquierdo, **B** en el extremo derecho). La brida de la tuerca está orientada a la derecha (**R**).



CATÁLOGO N° HBS 01 ES © 2022 Hepco Slide Systems Ltd.

Queda prohibida la reproducción total o parcial sin autorización previa de Hepco. Aunque se ha hecho todo lo posible para garantizar la exactitud de la información de este catálogo, Hepco no puede aceptar la responsabilidad por cualquier omisión o error. Hepco se reserva el derecho a realizar modificaciones en el producto como consecuencia de los avances técnicos. Muchos productos Hepco están protegidos por: Patentes, derechos de autor, derechos de diseño o diseños registrados. La infracción está estrictamente prohibida y puede ser impugnada ante la ley. Se llama la atención del Cliente sobre la siguiente cláusula de las condiciones de venta de Hepco:

"Será responsabilidad exclusiva del Cliente asegurarse de que las mercancías suministradas por Hepco serán adecuadas o aptas para cualquier aplicación o propósito particular del Cliente, independientemente de que Hepco conozca o no dicha aplicación o propósito. El Cliente será el único responsable de cualquier error u omisión en cualquier especificación o información que el Cliente proporcione. Hepco no estará obligado a verificar si dichas especificaciones o información son correctas o suficientes para cualquier aplicación o propósito".

Las condiciones de venta completas de Hepco están disponibles bajo petición y se aplicarán a todos los presupuestos y contratos para el suministro de los artículos detallados en este catálogo.

HepcoMotion es el nombre comercial de Hepco Slide Systems Ltd.

1.6 Sistema de Husillo

- Husillo HBS1605RC7L1200

Serie HBSS - Series estándar DIN

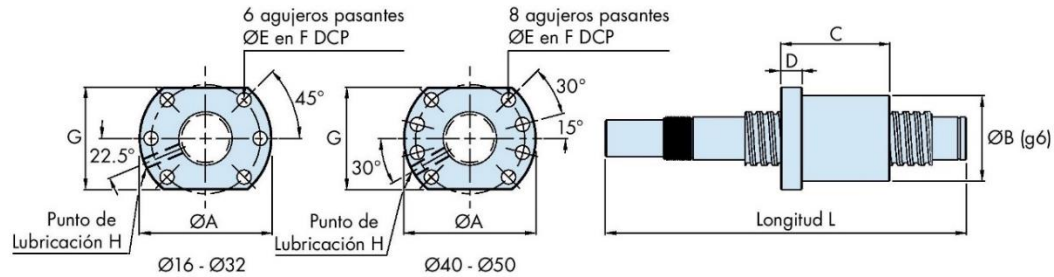


HepcoMotion.com CAD

Los husillos a bolas HBSS de HepcoMotion HBSS cumplen la norma DIN 69051 y tienen diámetros que van desde Ø16mm hasta Ø50mm.

Esta serie está disponible en los grados de precisión C5 o C7. Existe una selección de tamaños con rosca a la izquierda*1.

DIN 69051 Forma B



Número de pieza	L*2 Max	SD Tornillo Ø	Paso	BCD*3	ØA	ØB g6	C	D	ØE	F	G	H	N*4 (rpm)	Capacidad de carga (kN)	
														Ca Basico Dinámico	Coa Basico Estático
HBSS 1604 R ...	3000	16	4	16.42	48	28	45	10	5.5	38	40	M6	4260	9.4	12.5
HBSS 1605 R ...	3000	16	5	16.55	48	28	50	10	5.5	38	40	M6	4220	13.4	15.2
HBSS 1605 L ...*1	3000	16	5	16.55	48	28	50	10	5.5	38	40	M6	4220	13.4	15.2
HBSS 1610 R ...	3000	16	10	16.61	48	28	43	12	5.5	38	40	M6	4210	11.8	14.7
HBSS 2005 R ...	3000	20	5	20.59	58	36	53	10	6.6	47	44	M6	3390	15.1	19.9
HBSS 2005 L ...*1	3000	20	5	20.59	58	36	53	10	6.6	47	44	M6	3390	15.1	19.9
HBSS 2010 R ...	3000	20	10	21.03	58	36	68	10	6.6	47	44	M6	3320	16.2	19.2
HBSS 2504 R ...	3500	25	4	25.41	62	40	46	11	6.6	51	48	M6	2750	11.8	20.4
HBSS 2505 R ...	3500	25	5	25.41	62	40	53	10	6.6	51	48	M6	2750	17.0	25.8
HBSS 2505 L ...*1	3500	25	5	25.60	62	40	53	10	6.6	51	48	M6	2730	17.0	25.8
HBSS 2510 R ...	3500	25	10	25.99	62	40	85	12	6.6	51	48	M6	2690	28.8	36.9
HBSS 3205 R ...	3500	32	5	32.58	80	50	53	12	9	65	62	M6	2140	19.2	34.0
HBSS 3205 L ...*1	3500	32	5	32.58	80	50	53	12	9	65	62	M6	2140	19.2	34.0
HBSS 3210 R ...	3500	32	10	33.42	80	50	90	16	9	65	62	M6	2090	48.3	78.3
HBSS 4005 R ...	3500	40	5	40.58	93	63	56	16	9	78	70	M8	1720	21.4	43.4
HBSS 4005 L ...*1	3500	40	5	40.58	93	63	56	16	9	78	70	M8	1720	21.4	43.4
HBSS 4010 R ...	3500	40	10	41.37	93	63	93	18	9	78	70	M8	1690	54.0	100.7
HBSS 5010 R ...	3500	50	10	51.38	110	75	93	18	11	93	85	M8	1360	59.3	123.1

1.6 Sistema de Husillo

- Soporte de extremo fijo BHF16

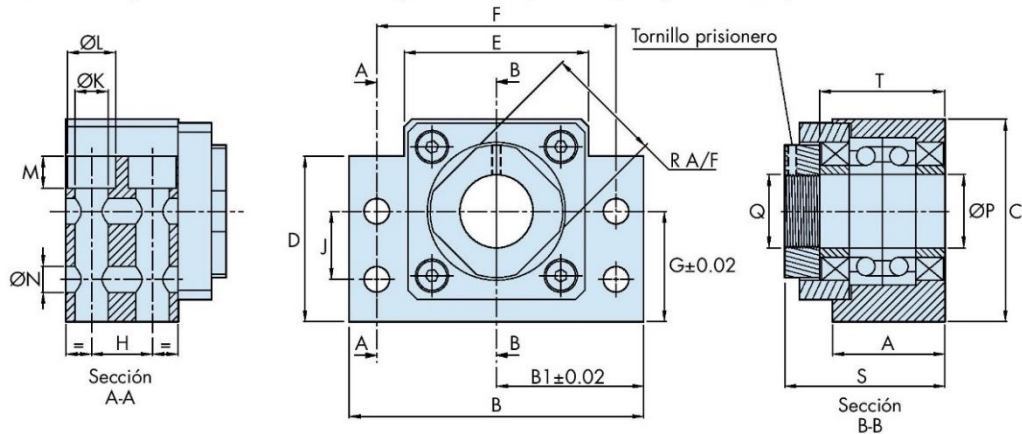
Soportes BHF - Extremo fijo

HepcoMotion.com CAD

Los soportes de rodamientos BHF de HepcoMotion son adecuados para los husillos de bolas estándar de paso largo DIN 69051. Los soportes están fabricados en acero ennegrecido químicamente y contienen un par de rodamientos de contacto angular emparejados, para proporcionar una localización radial y axial precisa para el husillo de bolas.

En el momento de la instalación, la tuerca de bloqueo debe apretarse completamente y bloquearse en su lugar utilizando el tornillo prisionero.

Los "extremos fijos" mecanizados estándar encajan en estos alojamientos (ver figura A en 9).

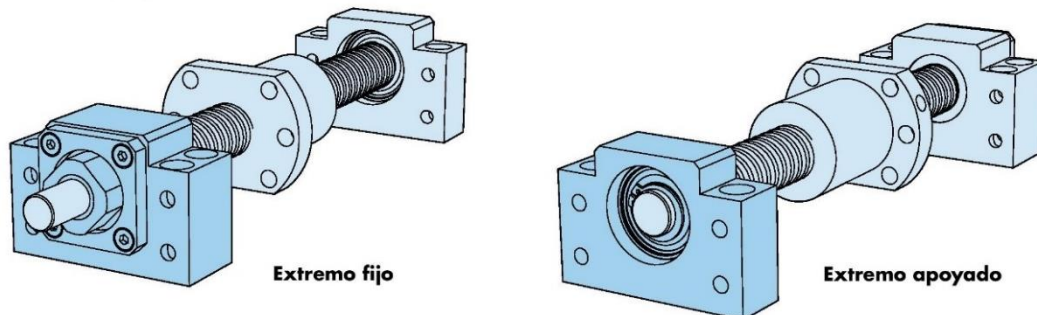


Número de pieza	Usar con Ø Husillo	A	B	B1	C	D	E	F	G	H	J	ØK	ØL	M	ØN	ØP	Q	R	S	T
BHF 16	16	25	60	30	43	35	34	46	25	13	18	6.6	10.8	6	5.5	12	M12x1	19	34	26
BHF 20	20	27	70	35	48	38	40	54	28	15	18	6.6	11	6	5.5	15	M15x1	22	38	30
BHF 25	25	35	86	43	64	55	50	68	39	19	28	9	14	8.5	6.6	17	M17x1	24	51	38
BHF 32	32	35	88	44	60	50	52	70	34	19	22	9	14	8.5	6.6	20	M20x1	30	51	40
BHF 40	40	45	128	64	89	78	76	102	51	23	33	14	20	13	11	30	M30x1.5	40	70	50
BHF 50	50	61	160	80	110	90	100	130	60	33	37	18	26	17.5	14	40	M40x1.5	50	91	66

Número de pieza	Capacidad de carga (kN)	
	Ca Básico Dinámico	Coa Básico Estático
BHF 16	7.60	9.03
BHF 20	7.99	10.5
BHF 25	14.1	18.2

Número de pieza	Capacidad de carga (kN)	
	Ca Básico Dinámico	Coa Básico Estático
BHF 32	14.1	20.0
BHF 40	29.5	44.8
BHF 50	46.5	76.1

Ilustración de un husillo de bolas Hepco equipado con alojamientos de rodamientos de extremo fijo y extremo apoyado:



1.6 Sistema de Husillo

- Soporte extremo de apoyo BHS16

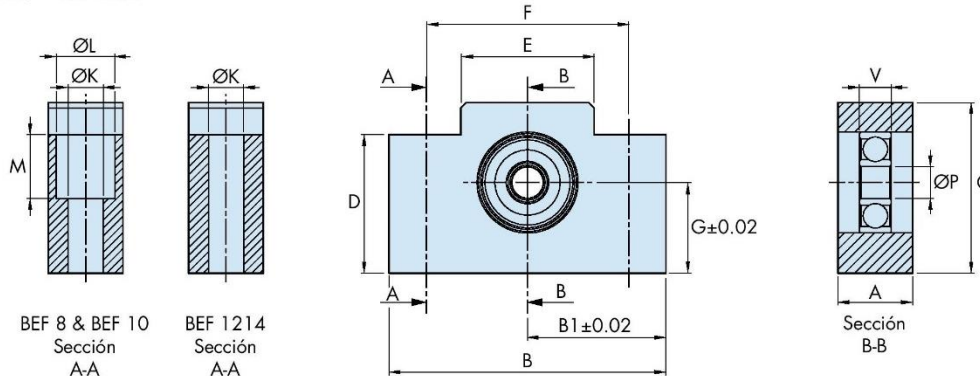
Soportes BEF y BHS - Extremo soportado

HepcoMotion.com

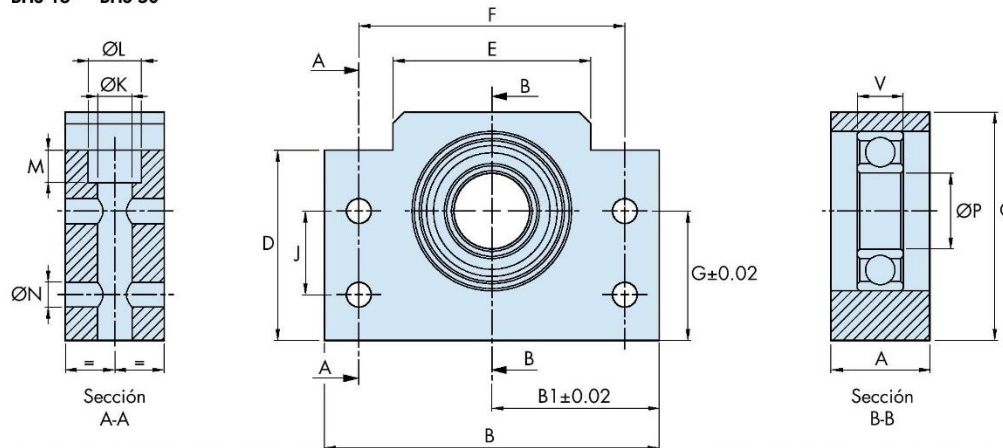
Los soportes de rodamientos HepcoMotion BEF y BHS están fabricados en acero ennegrecido químicamente y tienen un agujero mecanizado con precisión, en el que se instala un rodamiento de bolas de ranura profunda. El rodamiento tiene un ajuste deslizante en el agujero y se sitúa axialmente en el extremo del husillo de bolas mediante un circlip, que se incluye con la unidad.

Los "extremos de soporte" mecanizados estándar encajan en estos alojamientos (ver figura B en).

BEF 8 – BEF 1214



BHS 16 – BHS 50



Número de pieza	Husillo Diámetro Ø	A	B	B1	C	D	E	F	G	J	ØK	ØL	M	ØN	ØP	V
-	6	Los soportes estándar no están disponibles														
BEF 8	8	12	42	21	25	20	18	30	13	-	5.5	9.5	11	-	6	6
BEF 10	10	14	52	26	32	26	25	38	17	-	6.6	11	12	-	6	6
BEF 1214	12 & 14	20	70	35	43	26	36	52	25	-	9	-	-	-	8	7
BHS 16	16	20	60	30	43	35	34	46	25	18	6.6	10.8	6.5	5.5	10	8
BHS 20	20	20	70	35	48	38	40	54	28	18	6.6	11	6.5	5.5	15	9
BHS 25	25	23	86	43	64	55	50	68	39	28	9	14	8.5	6.6	17	12
BHS 32	32	26	88	44	60	50	52	70	34	22	9	14	8.5	6.6	20	12
BHS 40	40	32	128	64	89	78	76	102	51	33	14	20	13	11	30	16
BHS 50	50	37	160	80	110	90	100	130	60	37	18	26	17.5	14	40	18

Número de pieza	Capacidad de carga (kN)	
	Ca	Coa
BEF 8	2.26	1.67
BEF 10	2.26	1.67
BEF 1214	3.30	2.74

Número de pieza	Capacidad de carga(kN)	
	Básico Dinámico	Básico Estático
BHS 16	4.55	3.94
BHS 20	5.60	5.70
BHS 25	9.60	9.60

Número de pieza	Capacidad de carga (kN)	
	Básico Dinámico	Básico Estático
BHS 32	9.40	10.0
BHS 40	19.5	22.6
BHS 50	29.1	35.8

1.6 Sistema de Husillo

- Velocidad de rotación del husillo

Información técnica y cálculos

Velocidad de rotación

La velocidad de un husillo se especifica generalmente en términos de su velocidad lineal. La velocidad de rotación se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{v}{P} \times 10^3$$

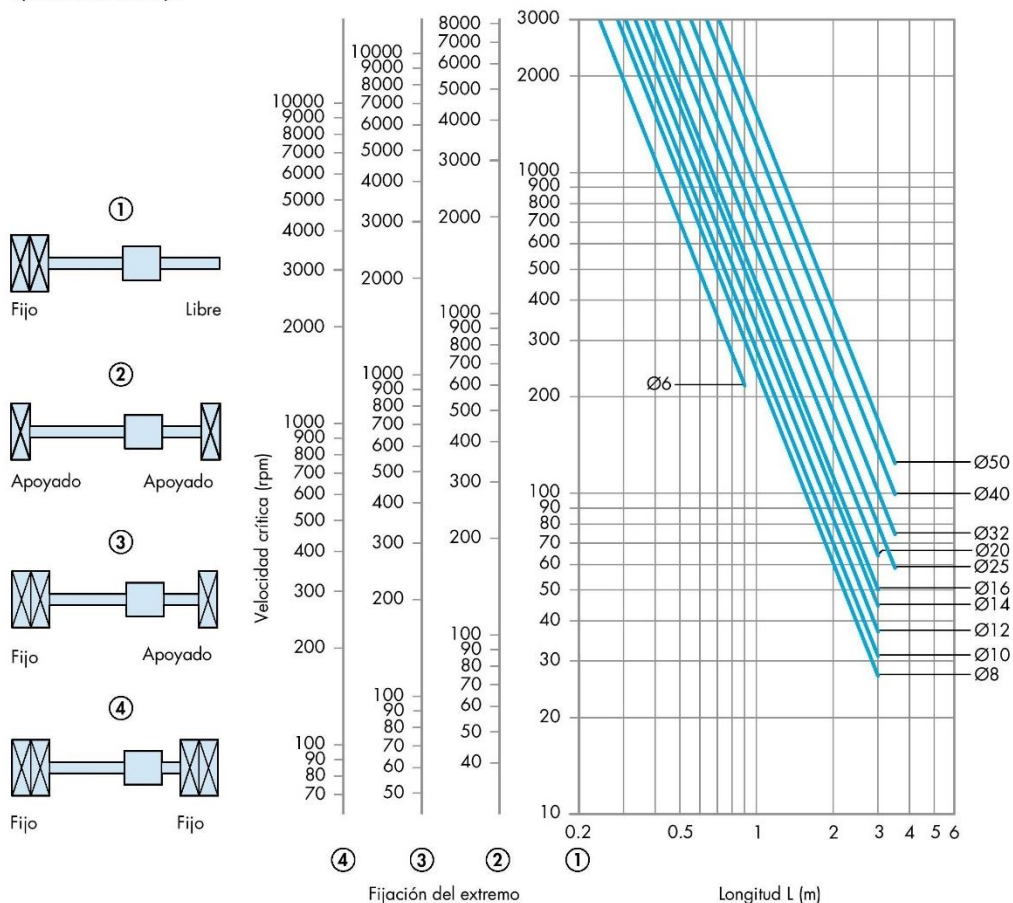
n = velocidad de rotación (rpm)
v = velocidad lineal (m/min)
P = paso (mm)

La velocidad de rotación no debe exceder las velocidades crítica y característica, como se especifica a continuación:

Velocidad crítica

La velocidad crítica es la velocidad a la que el husillo resonará a su frecuencia natural. Incluye un factor de seguridad del 20%.

La velocidad de giro máxima admisible para cualquier tamaño y longitud de husillo depende del diámetro del mismo, de la fijación del extremo y de la longitud libre L, y puede tomarse de la siguiente tabla. Las cuatro escalas corresponden a las cuatro opciones de montaje.



Velocidad característica

La velocidad característica es el límite de velocidad de rotación del sistema de recirculación en la tuerca. Superar esta velocidad puede provocar una reducción de la vida útil del mecanismo. El diámetro del círculo de la bola, DCB, se puede encontrar en las tablas de las respectivas páginas de producto.

$$\text{Velocidad característica, N (rpm)} = \frac{70,000}{\text{Diámetro del círculo de bolas, DCB (mm)}}$$

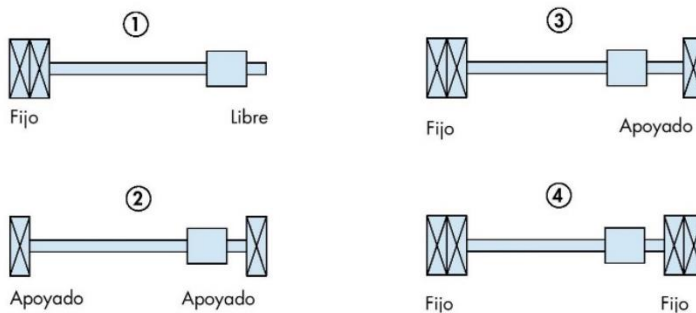
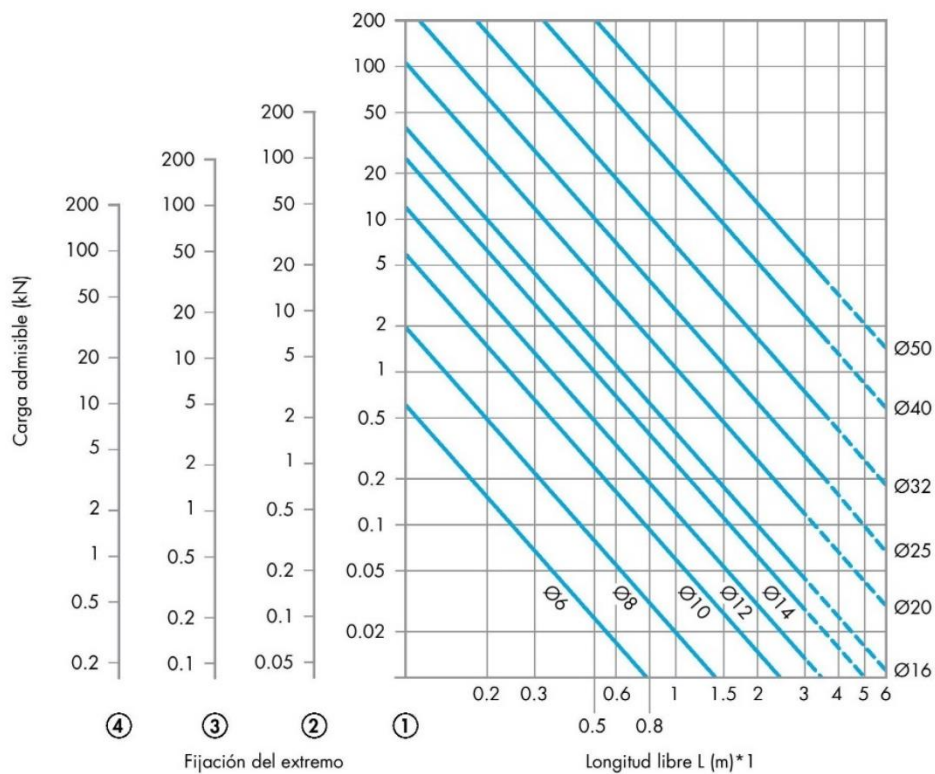
1.6 Sistema de Husillo

- Carga de pandeo soportada por el husillo



Carga de pandeo

El gráfico siguiente muestra la carga máxima de compresión axial que provocaría la flexión o el pandeo del husillo de bolas. Esta carga máxima depende del diámetro del husillo, del método de fijación del extremo y de la longitud libre L. Las cuatro escalas corresponden a las cuatro opciones de montaje. La tabla incluye un factor de seguridad de 2.



Nota:

1. La sección punteada de la línea indica dónde la longitud supera la dimensión L máx. referenciada en las respectivas páginas de productos. Hay disponibles longitudes mayores con plazos de entrega más largos. Para más información, póngase en contacto con el departamento técnico de Hepco

1.7 Sistema de guiado

- Carro AU4434L180CSDRNS

Carros Estándar

Los carros estándar de HepecoMotion están disponibles para adaptarse a todos los tamaños de las Guías de Doble Carro, en todos los grados de precisión. Las placas de carro están mecanizadas en su totalidad de una aleación de aluminio y se suministran anodizadas.

Los carros se pueden especificar como **Unidades ensambladas (tipo AU)**, ensambladas de fábrica y ajustadas a la guía escogida, o bien sin la guía, para ser ajustadas por el cliente.

Los **Carros desmontables** incorporan los **Rodamientos de doble eccentricidad**, que permite desmontar el carro directamente de la guía. Para más información y detalles de pedido, consulte la Guía Técnica GV34.

También se pueden especificar los siguientes **rodamientos y Mecanismos de Lubricación** (consulte la tabla de disponibilidad Li.23). El **tipo de Rodamiento doble**, que es la opción por defecto, comprende dos rodamientos individuales en un mismo carro. Esto ofrece cierta **concentricidad**, un funcionamiento suave, un ajuste fácil y una mayor tolerancia a la desalineación.

El **tipo de Rodamiento de doble hilera DR** incorpora un rodamiento de una pieza con dos hileras de bolas. Esto ofrece una mayor capacidad de carga, especialmente en la dirección radial y es menos susceptible a que queden atrapadas partículas de suciedad.

Carros Estándar

Los carros se pueden especificar como **Unidades ensambladas (tipo AU)**, ensambladas de fábrica y ajustadas a la guía escogida, o bien sin la guía, para ser ajustadas por el cliente.

Los **Carros desmontables** incorporan los **Rodamientos de doble eccentricidad**, que permite desmontar el carro directamente de la guía. Para más información y detalles de pedido, consulte la Guía Técnica GV34.

También se pueden especificar los siguientes **rodamientos y Mecanismos de Lubricación** (consulte la tabla de disponibilidad Li.23). El **tipo de Rodamiento doble**, que es la opción por defecto, comprende dos rodamientos individuales en un mismo carro. Esto ofrece cierta **concentricidad**, un funcionamiento suave, un ajuste fácil y una mayor tolerancia a la desalineación.

El **tipo de Rodamiento de doble hilera DR** incorpora un rodamiento de una pieza con dos hileras de bolas. Esto ofrece una mayor capacidad de carga, especialmente en la dirección radial y es menos susceptible a que queden atrapadas partículas de suciedad.

Ejemplo: Carro corto con Lubricadores en una Guía Plana

1. Lubricador
2. Rodamiento Excéntrico
3. Guía Plana
4. Rodamiento Concéntrico
5. Placa de Carro
6. Punto de referencia *6
7. Agujeros roscados para uso del cliente

Ejemplo: Carro de longitud media con Caperuzas en una Guía espaciadora

1. Agujeros roscados para uso del cliente
2. 4 x Tapones obturadores (suministrados)
3. Guía con espaciador
4. 8 x Tapones obturadores (suministrados)
5. Caperuzas
6. Agujeros roscados para acoplar el Lubricador *7
7. Agujeros roscados para acoplar la Caperuzas *7

Ver ejemplos de aplicaciones en Li.10, Li.12, Li.14, Li.16 y Li.17

Nota:

- Los carros máximos que se citan presuponen la lubricación de la superficie de contacto entre los Rodamientos y la Guía. La mejor manera de lograr esto es mediante Caperuzas o Lubricadores o la Lubricación automática. Se recomienda energéticamente determinar la carga y la dirección empleando los métodos que se muestran en la sección de Cálculos de Carga y Dirección. Las capacidades de carga estática y dinámica de los rodamientos (C y Ca) que aparecen en las tablas de especificación no son la mejor base para calcular la dirección práctica. Se incluyen C y Ca en las páginas sobre rodamientos sólo a efectos de comparación.
- Algunas versiones requieren **servicio de mantenimiento** para el engrase de los rodamientos. Dependiendo del grado de lubricación, consulte las páginas 121, 123 y 124.
- El tamaño de carro AU 28, 18 incorpora un hueco en la parte inferior para el paso libre de los tornillos de fijación cuando se utilizan con la Guía Plana V28. La dimensión P de la tabla incluye este hueco.
- Los clientes que quieren los mínimos niveles de tolerancias para los Rodamientos de alta precisión (CHK) deberán especificarlo en su pedido. Consulte la Guía Técnica CV3.4.
- El punto de referencia indica el borde de referencia utilizado en la fabricación. Los Rodamientos concéntricos se muestran siempre a este lado.
- El tamaño y las posiciones de los agujeros de fijación de los Rodamientos, Caperuzas y Lubricadores se detallan en la Guía Técnica CV3.4, dependiendo del grado de precisión de la Guía utilizada. "E" es el tamaño óptimo de tornillo y es adecuado para tornillos de tornillos generales, las posiciones actuales de los rodamientos pueden variar ligeramente al realizar el ajuste exacto.

1.7 Sistema de guiado

- Guía espaciadora doble canto NM44P3 L800 C40 D40

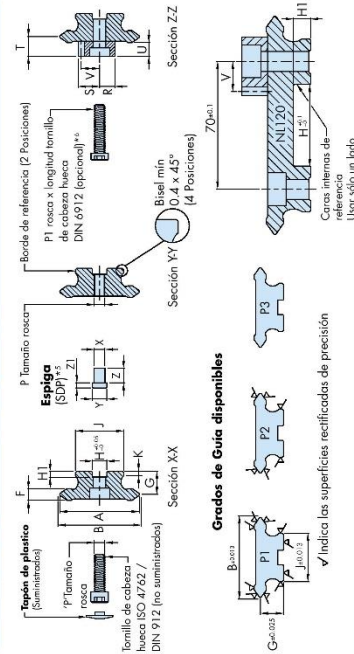
HepcoMotion.com

La rigidez de la guía con espaciador permite su uso como elemento autoportante o pieza de construcción de la máquina. Para cálculos de la flecha de la guía, consultar la Guía Técnica GV2.3.

Todas las guías con espaciador de doble canto, con excepción de la más pequeña, están disponibles con una cremallera mecanizada a precisión para proporcionar el accionamiento conjuntamente con las **Franjas, Molinos y Carros accionados por cremallera**.

Las **Cremalleras** están fijadas en la guía y son un elemento total de servicio cuando se aborilla en la superficie de montaje. Los cremalleros pueden componerse de varias longitudes, montados de forma precisa a una única guía.

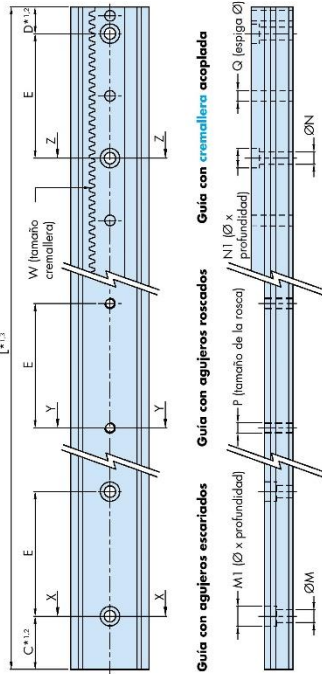
Ver ejemplos de aplicaciones en 10 - 14, 16 y 17



Las guías con espaciador de doble canto de HepcoMotion, se suministran en tres grados de precisión y están fabricadas de acero de grado 52100. Los detalles de los ejes de guiado y los detalles de los ejes de guiado se pueden personalizar.

Los grados P1 y P2 están refinados en las ilustraciones. El grado P3 viene sin refinar, pero tiene la suficiente precisión para muchas aplicaciones. Consultar en Selección del sistema (H.2.1). Los agujeros de fijación están posicionados de forma precisa, permitiendo al cliente espaciador los agujeros de montaje. También son disponibles las guías sin agujeros.

Las guías con espaciador se fijan directamente a la superficie de montaje, permitiendo una tolerancia de movimiento a los **Rodamientos y dispositivos de lubricación**. Las guías tienen un alfiler control para un sencillo posicionamiento mediante las espigas de Hepco o con el uso de un punto de referencia contra una referencia mecanizada de la bancada.



Uso con	A	B	C & D ^{1,2}	E	F	G	H	HI	J	K	L máx. ^{1,3}	M	MI	N	NI	P	PI ^{1,4}	Q	R	S	T	U	V	W	W	X	Y	Z	ZI			
NMS 12	12	12,37	13,25	20,5	4,5	3,0	3,2	6,2	6,4	1,8	9,5	8,9	1,7	1976	1976	3,5	6,2	3,1	-	-	-	-	-	-	-	SDP4	4	4	6,75	-		
NV 20	20	20,37	21,01	43	15	9,0	4,21	4,42	8,2	5	2	12	12,4	4046	4046	4,5	10	5,1	4,5	7,5	2,9	M4	M4	M4	M4	SDP5	4	5	6	1,75		
NV 28	28	28,37	29,01	43	15	9,0	4,21	4,42	8,2	5	2	12	12,4	4046	4046	4,5	10	5,1	4,5	7,5	2,9	M4	M4	M4	M4	SDP6	4	6	6	2,25		
NS 25	25	25,74	26,58	43	15	9,0	4,71	4,93	10	10,2	8	3	25	4046	4046	7	11	6,2	5,5	9,6	4	M6	M5	M5	M5	SDP6	4	6	6	1,25		
NS 30	30	30,74	31,38	43	15	9,0	4,71	4,93	10	10,2	8	3	25	4046	4046	7	11	6,2	5,5	9,6	4	M6	M5	M5	M5	SDP8	6	8	8	1,25		
NM 44	44	44,74	45,58	88	30	18,0	9,21	9,43	19,5	19,7	10	3,5	26,4	4046	4046	9	15	8,2	6,5	11	4,5	M8	M6	M6	M6	SDP8	6	8	8	2,25		
NM 60	60	60,74	61,38	43	15	9,0	6,21	6,42	12,5	12,7	10	3,5	42	42,4	2,3	4046	4046	9	15	8,2	6,5	11	4,5	M8	M6	M6	M6	SDP10	8	10	12	3,25
NM 76	76	76,74	77,38	88	30	18,0	9,21	9,43	19,5	19,7	12	4	58	58,4	4046	4046	9	15	8,2	6,5	11	4,5	M8	M6	M6	M6	SDP12	10	12	15	3,25	
NI 120	120	120,74	121,38	88	30	18,0	9,21	9,43	19,5	19,7	15	5	50	50,4	4046	4046	14	20	12	14	20	8,0	M12	M12	M12	M12	SDP15	10	15	15	4,25	
NI 120	120	120,74	121,38	88	30	18,0	9,21	9,43	19,5	19,7	15	5	50	50,4	4046	4046	11	18	10	11	18	10,5	M10	M10	M10	M10	SDP15	10	15	15	4,25	

Detalles de Pedido

Número de Pieza: NS35 L1290 P1 (R) (T) (C15) (D15)

Longitud de la guía L = 1290 mm

Grado de precisión: opciones P1, P2 y P3

R - Cremallera montada en la guía (no disponible en la guía NMS12)

Dejar en blanco si no se requiere

Ejemplo de Pedido: 1 x NM60 L480 P2 R

7 x SDP10

6 x F5630

Valor de las dimensiones C y D: Dejar en blanco si son estándar.

Tipo de agujero de fijación: I - agujero de fijación roscado, N - Sin agujeros. Dejar en blanco para los agujeros escariados (las opciones I, Y, N sólo están disponibles con la opción con cremallera por petición especial)

Dejar en blanco si no se requiere

guía con espaciador de doble canto de 480 mm de largo en grado de precisión P2 con una Cremallera montada en la guía

Espigas de Ø 10 mm (opcional)

7 x SDP10

6 x F5630

Tomillos de cabeza hueca bajos con rosca M6 x 30 mm de largo (opcional)



1.7 Sistema de guiado

- Cálculo de carga sobre el sistema.



HepcoMotion.com



Cálculos para el Factor de Carga de los Rodamientos en 'V'

Muchos sistemas no utilizan un Carro estándar de cuatro rodamientos. En estos casos es necesario ampliar las cálculos convencionales de carga estadística para determinar la carga en cada rodamiento en el sistema, descomponiendo las cargas en componentes axiales (Lx) y radiales (Ly).

Lr = (La / Lr(max)) + (Lr / Lr(max))

Table with columns: Capacidad de carga máxima de trabajo, Rodamiento tipo Doble, Rodamiento tipo Doble Hilera (DR), Rodamiento tipo Spline, Rodamiento tipo Spline

Una vez determinado Lr para cada Rodamiento, se calcula la duración de la siguiente forma:

Calcular la duración de un Carro o un Rodamiento en 'V' individual

Se puede calcular la duración en km utilizando uno de los dos ecuaciones de abajo. En estas ecuaciones, la Duración básica se ha tomado de la tabla de abajo, con respecto al tipo de rodamiento y la condición de lubricación que se aplique.

Sistema en Seco: Duración (km) = (Duración básica / (0.03 + 0.97Lr))^3
Sistema Lubricado: Duración (km) = (Duración básica / (0.03 + 0.97Lr))^3

Table with columns: Duración básica, Duración básica, Duración básica, Duración básica

Notas:

- 1. Los valores de Lx, Ly y Lr se multiplican de la duración básica del sistema para cada Tipo de Rodamiento, según indicaciones con el rodamiento de sistema completo. Los valores C y C0 se han incluido en esta tabla para facilitar el trabajo con los datos subtabulados en los correspondientes páginas de los rodamientos o efectos de la combinación con otros sistemas.

Cálculos de Carga/Duración - Carros y Rodamientos en 'V' individuales

La capacidad de carga y duración de los sistemas de guías en 'V' de HepcoMotion se determinan según varios factores. Las cuestiones principales son el tamaño y tipo de Rodamiento y Guía, la presencia o no de lubricación, la magnitud y dirección de las cargas.



Cálculos del factor de carga de los rodamientos en 'V'

A la hora de calcular la duración de un sistema de guías en 'V' con un carro de cuatro rodamientos, la carga en el sistema se debe descomponer en los componentes de carga directa Lx y Ly, y en los componentes de momentos Mx, My y Mz (ver imagen de la derecha).

Lr = (Lx / Lr(max)) + (Ly / Lr(max)) + (Mx / Mx(max)) + (My / My(max)) + (Mz / Mz(max))

Un debe ser mayor que 1 para cualquier combinación de cargas.

Las capacidades máximas de carga directa y de momento se indican en las tablas para los Carros Estándar y Spline. Las capacidades máximas de momento se indican en la tabla de abajo. Esto se debe a que el momento de torsión se aplica en el eje de la guía, y no en el eje del carro.

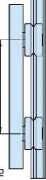


Table with columns: Capacidad de carga máxima de trabajo - Carros estándar, Sistema lubricado, Rodamiento Doble, Sistema lubricado, Rodamiento Spline

Table with columns: Capacidad de carga máxima de trabajo - Carros Spline, Sistema en seco, Rodamiento Spline, Sistema lubricado, Rodamiento Spline



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

2. Documentación de directivas

2.1 Normativas

- Normativa UNE-EN 1022



Normalización Española

Norma Española
UNE-EN 1022

Abril 2019

Mobiliario

Asientos

Determinación de la estabilidad

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico
CTN 11 *Mobiliario*, cuya secretaría desempeña
AIDIMME.



Normalización Española

Asociación Española
de Normalización
Génova, 6 - 28004 Madrid
915 294 900
info@une.org
www.une.org

Este documento ha sido adquirido por UNIVERSIDAD DE VALLADOLID - BIBLIOTECA UNIVERSITARIA a través de la suscripción a AENORMás.
Para uso en red interna se requiere de autorización previa de AENOR.



- Normativa UNE-EN 1028

norma española

UNE-EN 1728

Marzo 2013

TÍTULO	<p>Mobiliario</p> <p>Asientos</p> <p>Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia y de la durabilidad</p> <p><i>Furniture. Seating. Test methods for the determination of strength and durability.</i></p> <p><i>Ameublement. Sièges. Méthodes d'essais pour la détermination de la résistance et de la durabilité.</i></p>
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 1728:2012.
OBSERVACIONES	Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 1728:2001.
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 11 <i>Mobiliario</i> cuya Secretaría desempeña AIDIMA.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 8476:2013

© AENOR 2013
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

60 Páginas

Este documento ha sido adquirido por UNIVERSIDAD DE VALLADOLID - BIBLIOTECA UNIVERSITARIA a través de la suscripción a AENORMás.
Para uso en red interna se requiere de autorización previa de AENOR.



- Normativa UNE-EN 1029-1

norma española

UNE-EN 1729-1

Septiembre 2016

TÍTULO	<p>Mobiliario</p> <p>Sillas y mesas para centros de enseñanza</p> <p>Parte 1: Dimensiones funcionales</p> <p><i>Furniture. Chairs and tables for educational institutions. Part 1: Functional dimensions.</i></p> <p><i>Aneublement. Sièges et tables pour établissements d'enseignement. Partie 1: Dimensions fonctionnelles.</i></p>
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión oficial, en español, de las Normas Europeas EN 1729-1:2015 y EN 1729-1:2015/AC:2016.
OBSERVACIONES	Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 1729-1:2007.
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 11 <i>Mobiliario</i> cuya Secretaría desempeña AIDIMME.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 32222:2016

© AENOR 2016
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

Géneva, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

70 Páginas

Este documento ha sido adquirido por UNIVERSIDAD DE VALLADOLID -BIBLIOTECA UNIVERSITARIA a través de la suscripción a AENORMás.
Para uso en red interna se requiere de autorización previa de AENOR.



- Normativa UNE-EN 1029-2

norma española

UNE-EN 1729-2:2012+A1

Marzo 2016

TÍTULO	<p>Mobiliario</p> <p>Sillas y mesas para centros de enseñanza</p> <p>Parte 2: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo</p> <p><i>Furniture. Chairs and tables for educational institutions. Part 2: Safety requirements and test methods.</i></p> <p><i>Meubles. Chaises et tables pour les établissements d'enseignement. Partie 2: Exigences de sécurité et méthodes d'essai.</i></p>
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 1729-2:2012+A1:2015.
OBSERVACIONES	Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 1729-2:2012.
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 11 <i>Mobiliario</i> cuya Secretaría desempeña AIDIMA.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 7588:2016

© AENOR 2016
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

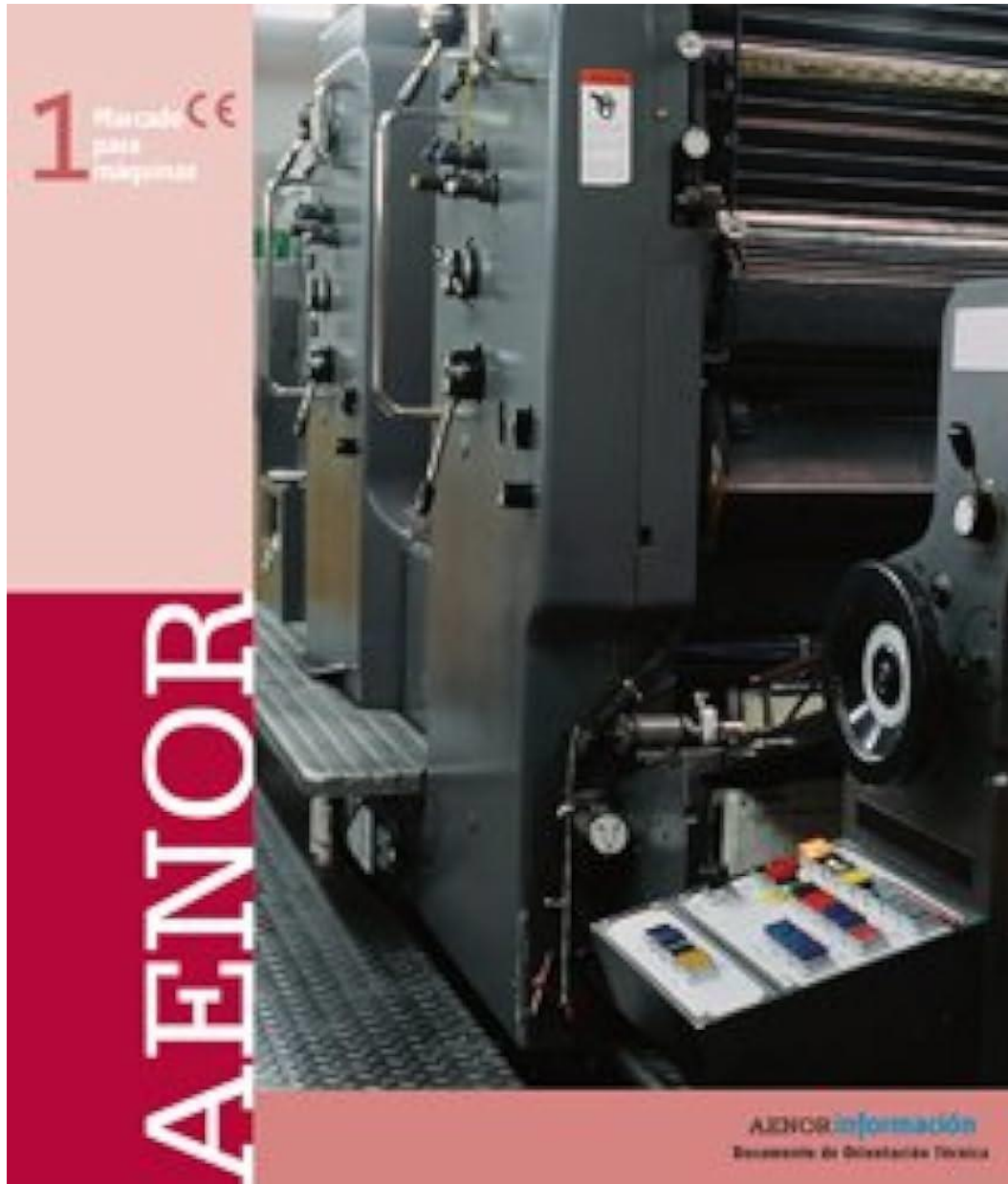
Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

25 Páginas

Este documento ha sido adquirido por UNIVERSIDAD DE VALLADOLID - BIBLIOTECA UNIVERSITARIA a través de la suscripción a AENORMás.
Para uso en red interna se requiere de autorización previa de AENOR.



2.2 Mercado CE





2.3 Directiva 2006/42/CE

L 157/24

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

9.6.2006

DIRECTIVA 2006/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

de 17 de mayo de 2006

relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición)

(Texto pertinente a efectos del EEE)

EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y, en particular, su artículo 95,

Vista la propuesta de la Comisión ⁽¹⁾,

Visto el dictamen del Comité Económico y Social Europeo ⁽²⁾,

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 251 del Tratado ⁽³⁾,

Considerando lo siguiente:

- (1) La Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas ⁽⁴⁾, constituía la codificación de la Directiva 89/392/CEE ⁽⁵⁾. Con ocasión de nuevas modificaciones sustanciales introducidas en la Directiva 98/37/CE es conveniente, para mayor claridad, proceder a la refundición de la citada Directiva.
- (2) El sector de las máquinas constituye una parte importante del sector de la mecánica y uno de los núcleos industriales de la economía de la Comunidad. El coste social debido al importante número de accidentes provocados directamente por la utilización de máquinas puede reducirse integrando la seguridad en las fases de diseño y fabricación de las máquinas y con una instalación y un mantenimiento correctos.
- (3) Corresponde a los Estados miembros garantizar en su territorio la seguridad y la salud de las personas, especialmente de los trabajadores y los consumidores, así como, en su caso, de los animales domésticos y de los bienes, en particular ante los riesgos derivados de la utilización de máquinas.

⁽¹⁾ DO C 154 E de 29.5.2001, p. 164.

⁽²⁾ DO C 311 de 7.11.2001, p. 1.

⁽³⁾ Dictamen del Parlamento Europeo de 4 de julio de 2002 (DO C 271 E de 12.11.2003, p. 491), Posición Común del Consejo de 18 de julio de 2005 (DO C 251 E de 11.10.2005, p. 1) y Posición del Parlamento Europeo de 15 de diciembre de 2005 (no publicada aún en el Diario Oficial). Decisión del Consejo de 25 de abril de 2006.

⁽⁴⁾ DO L 207 de 23.7.1998, p. 1. Directiva modificada por la Directiva 98/79/CE (DO L 331 de 7.12.1998, p. 1).

⁽⁵⁾ Directiva 89/392/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1989, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas (DO L 183 de 29.6.1989, p. 9).

(4) Con el fin de garantizar la seguridad jurídica de los usuarios, es necesario definir lo más concretamente posible el ámbito de aplicación de la presente Directiva y los conceptos relativos a su aplicación.

(5) Las disposiciones obligatorias de los Estados miembros en materia de ascensores de obras de construcción destinados a la elevación de personas o de personas y materiales, con frecuencia completadas por especificaciones técnicas obligatorias de hecho o por normas voluntarias, no dan lugar necesariamente a niveles de salud y seguridad diferentes, a pesar de lo cual constituyen, por su disparidad, obstáculos a los intercambios comerciales dentro de la Comunidad. Además, los sistemas nacionales de acreditación de conformidad y de certificación de estas máquinas divergen considerablemente. Por tanto, conviene que los ascensores de obras de construcción destinados a la elevación de personas, o de personas y materiales, no estén excluidos del ámbito de aplicación de la presente Directiva.

(6) Resulta conveniente excluir del ámbito de aplicación de la presente Directiva las armas, incluidas las armas de fuego, sujetas a la Directiva 91/477/CEE del Consejo, de 18 de junio de 1991, sobre el control de la adquisición y tenencia de armas ⁽⁶⁾; la exclusión de las armas de fuego no se aplicará a las máquinas portátiles de fijación de carga explosiva y otras máquinas portátiles de impacto diseñadas únicamente para fines industriales o técnicos. Resulta necesario establecer disposiciones transitorias que permitan a los Estados miembros autorizar la comercialización y la puesta en servicio de tales máquinas fabricadas de acuerdo con las normativas nacionales vigentes en su territorio en el momento de la adopción de la presente Directiva, incluyendo las de desarrollo del Convenio de 1 de julio de 1969 sobre el reconocimiento mutuo de las marcas de prueba en las armas de fuego portátiles. Dichas disposiciones transitorias permitirán también que los organismos europeos de normalización establezcan normas que garanticen un nivel de seguridad basado en el estado de la técnica.

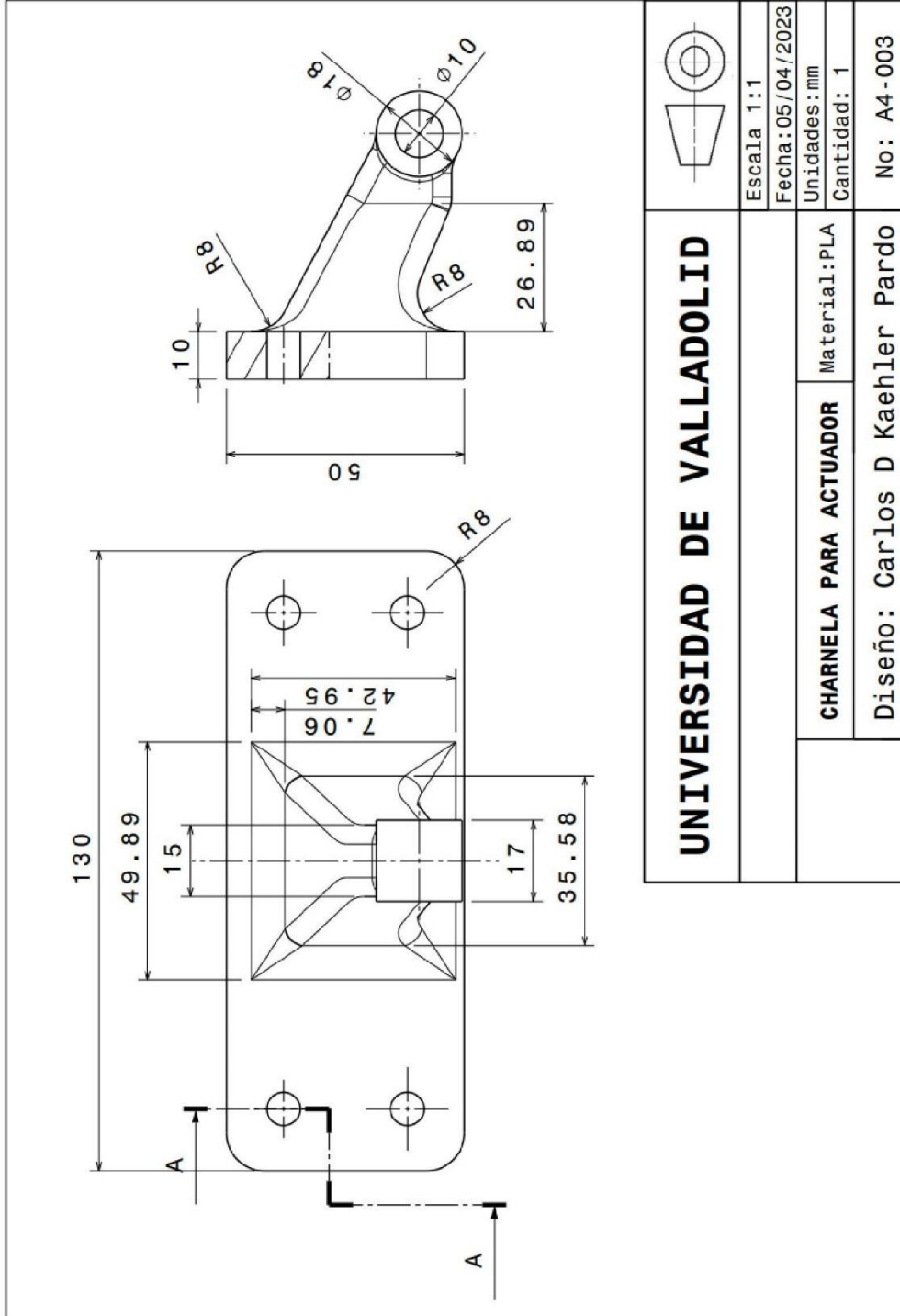
(7) La presente Directiva no debe aplicarse a la elevación de personas mediante máquinas no diseñadas para ese fin. No obstante, esto no afecta al derecho de los Estados miembros a adoptar medidas nacionales, de conformidad con el Tratado, respecto de dichas máquinas, con vistas a la aplicación de la Directiva 89/655/CEE del Consejo, de 30 de noviembre de 1989, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo (segunda Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE ⁽⁷⁾).

⁽⁶⁾ DO L 256 de 13.9.1991, p. 51.

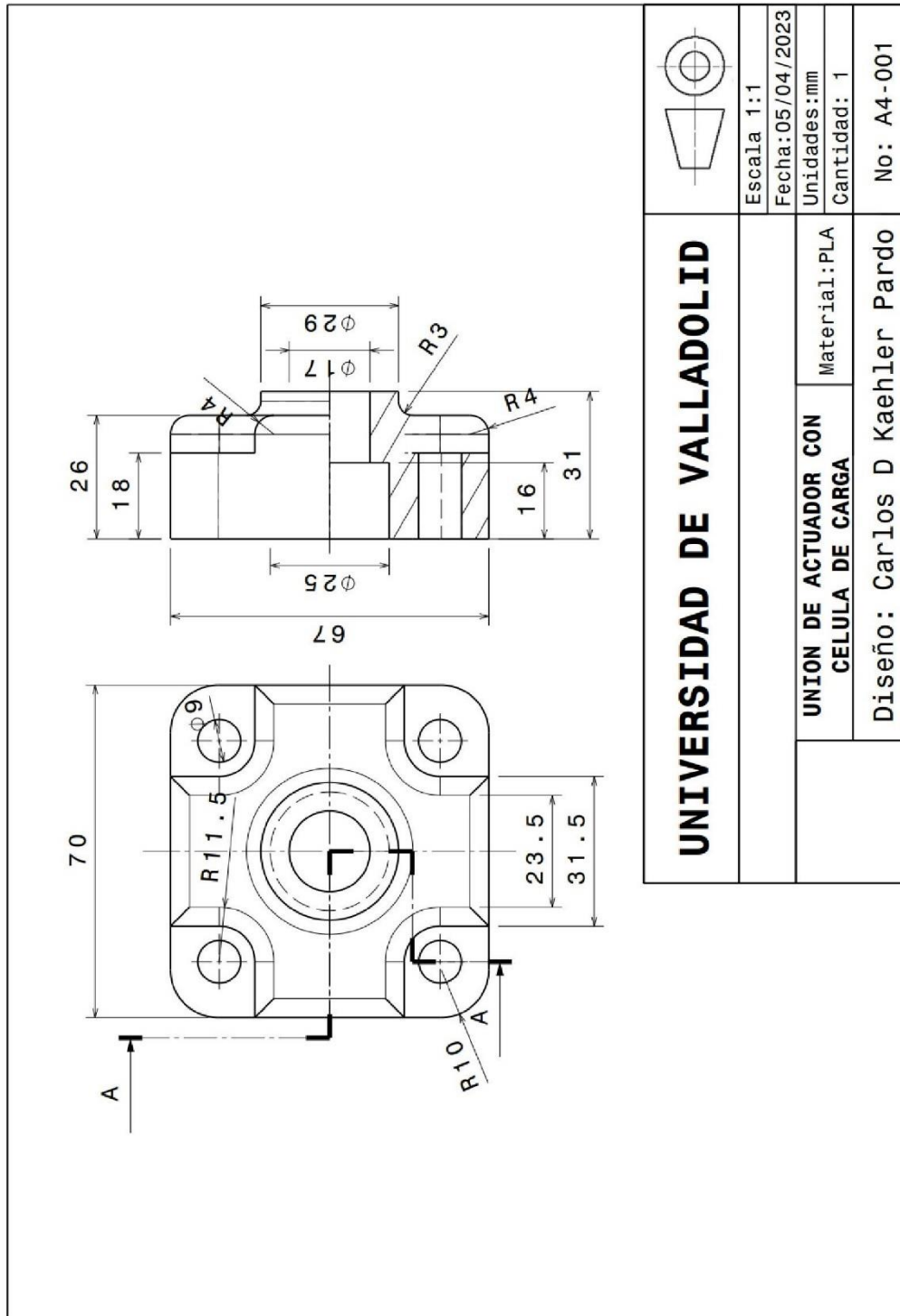
⁽⁷⁾ DO L 393 de 30.12.1989, p. 13. Directiva modificada en último lugar por la Directiva 2001/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (DO L 195 de 19.7.2001, p. 46).

3. Plano de piezas diseñadas

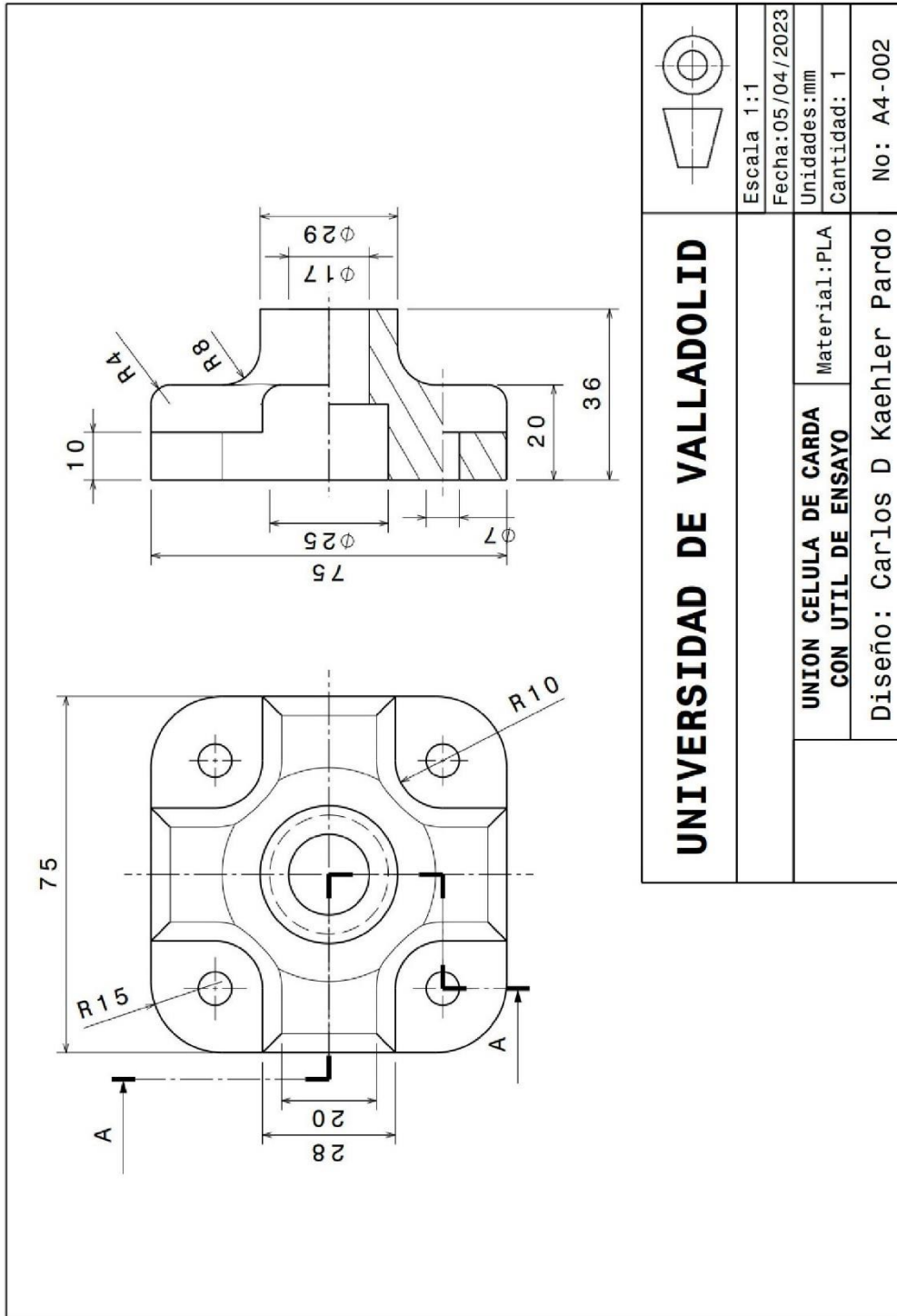
3.1 Planos de pieza impresas en 3d



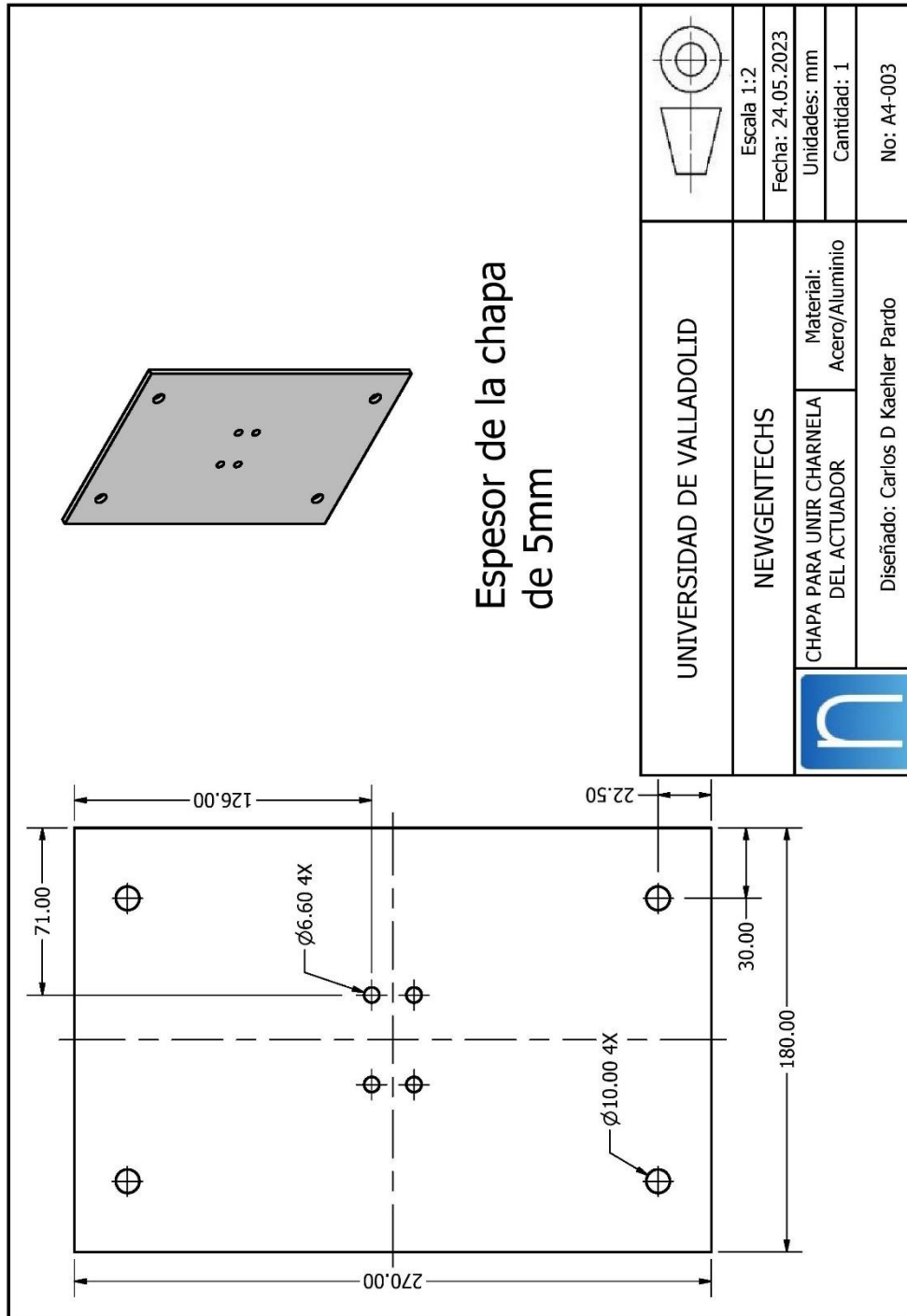
3.1 Planos de pieza impresas en 3d



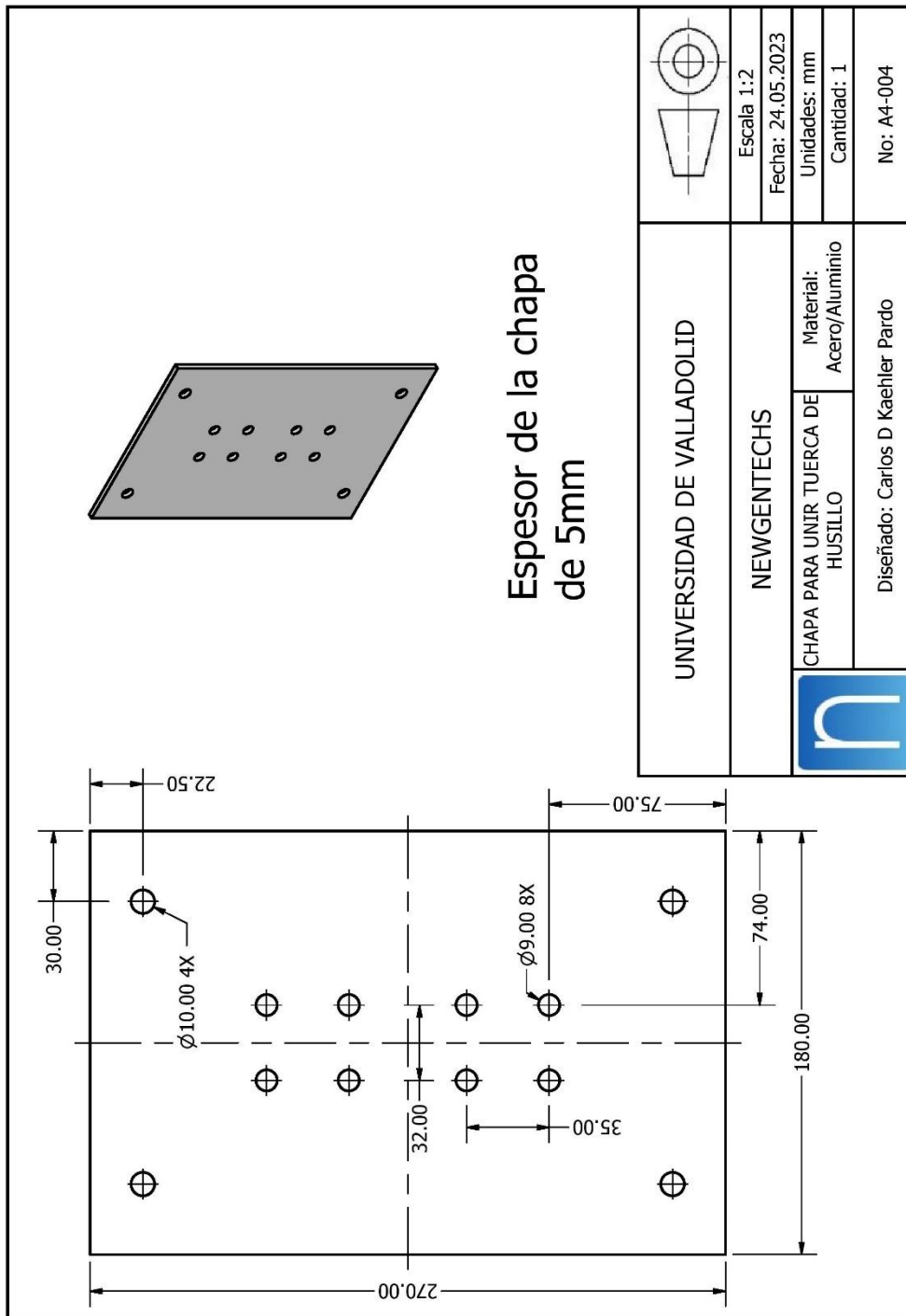
3.1 Planos de pieza impresos en 3d



3.2 Planos de piezas de aluminio fasten



3.2 Planos de piezas de aluminio fasten

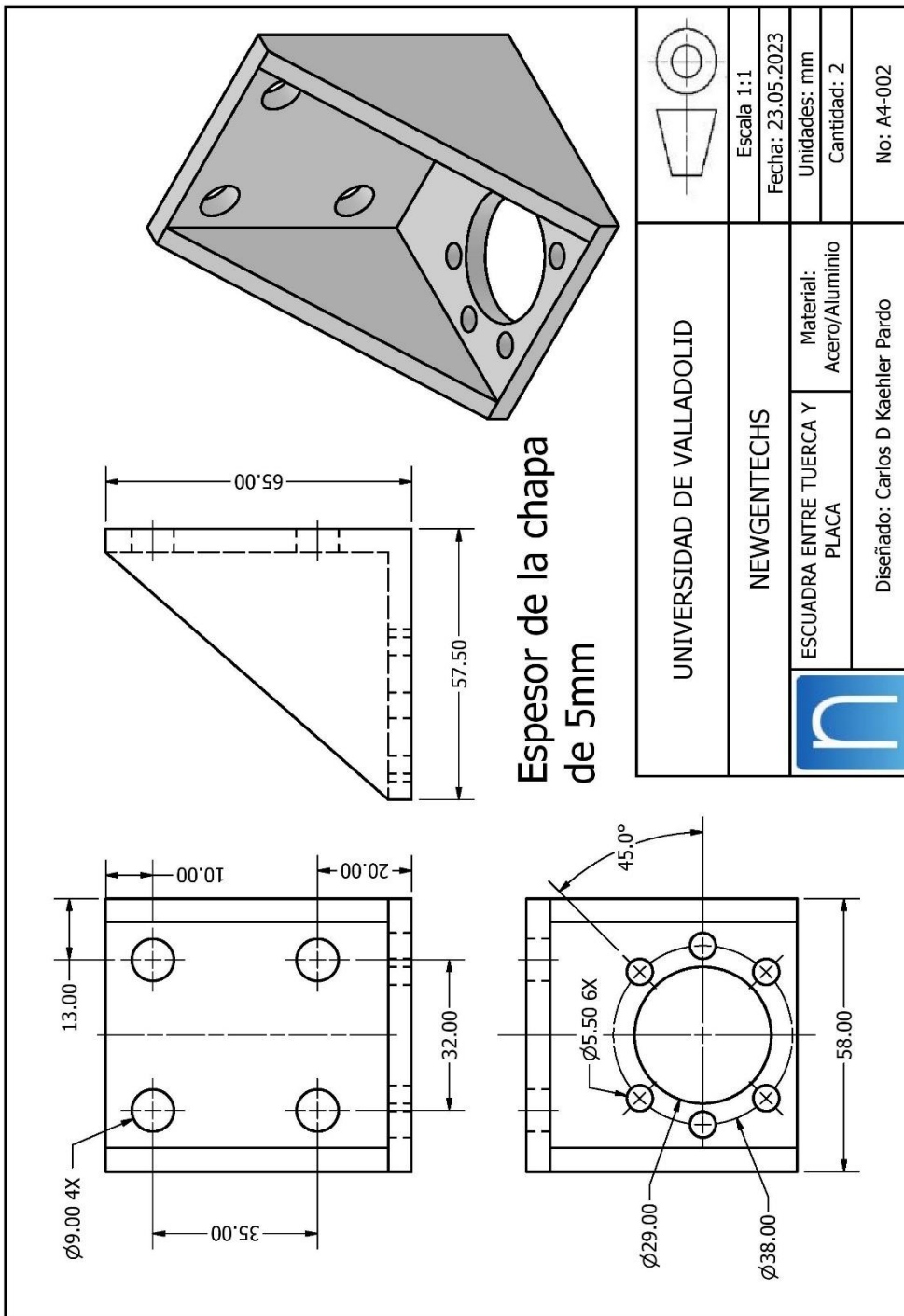


3.2 Planos de piezas de aluminio fasten

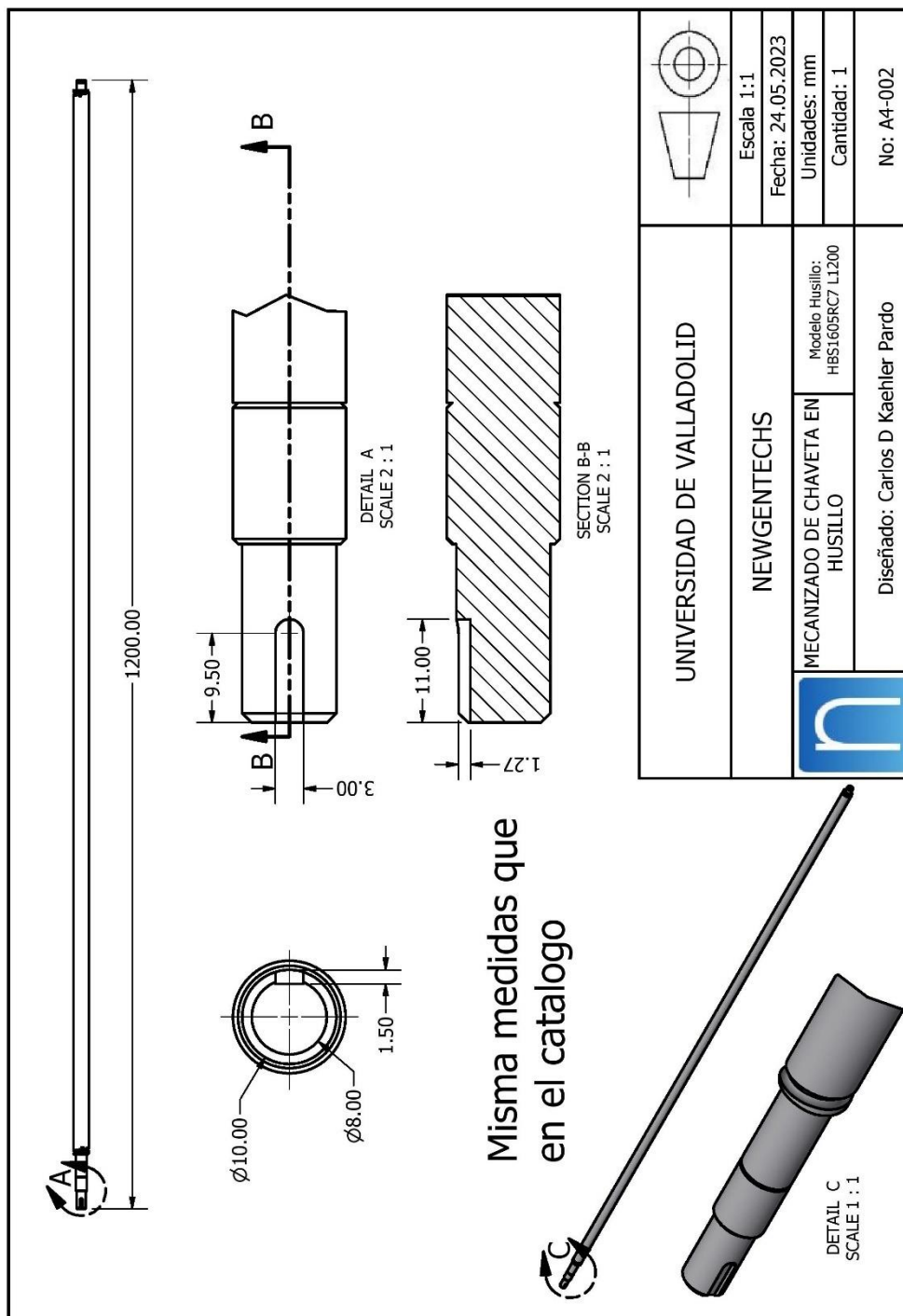
Espesor de la chapa de 5mm

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID	
NEWGENTECHS	Escala 1:2
	Fecha: 31.05.2023
ESCUADRA ENTRE CARRITO Y PERFIL LIGERO DE 45x90	Unidades: mm Cantidad: 8
Material: Acero/Aluminio	No: A4-001
Diseñado: Carlos D Kaehler Pardo	

3.2 Planos de piezas de aluminio fasten

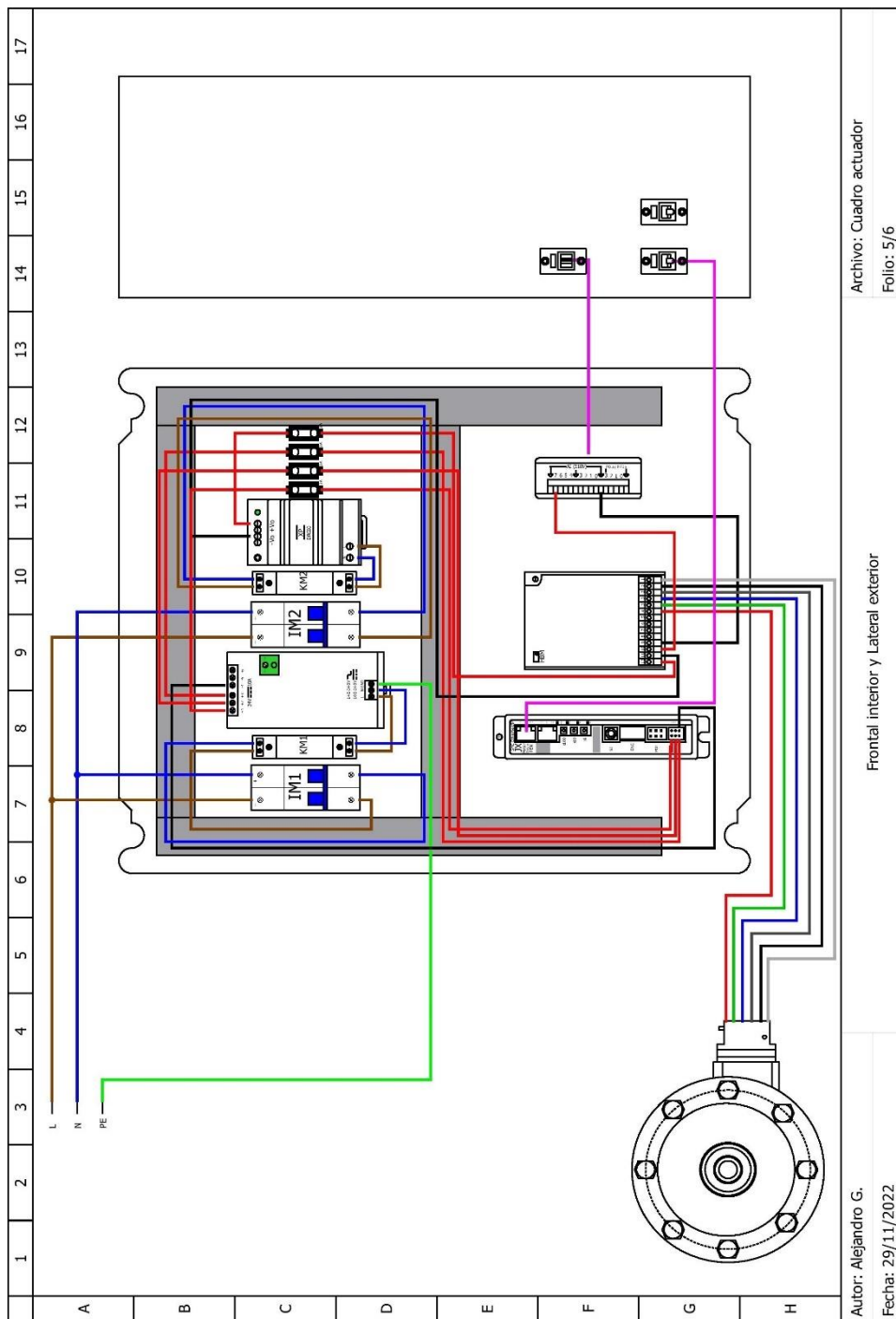


3.2 Planos de piezas de aluminio fasten

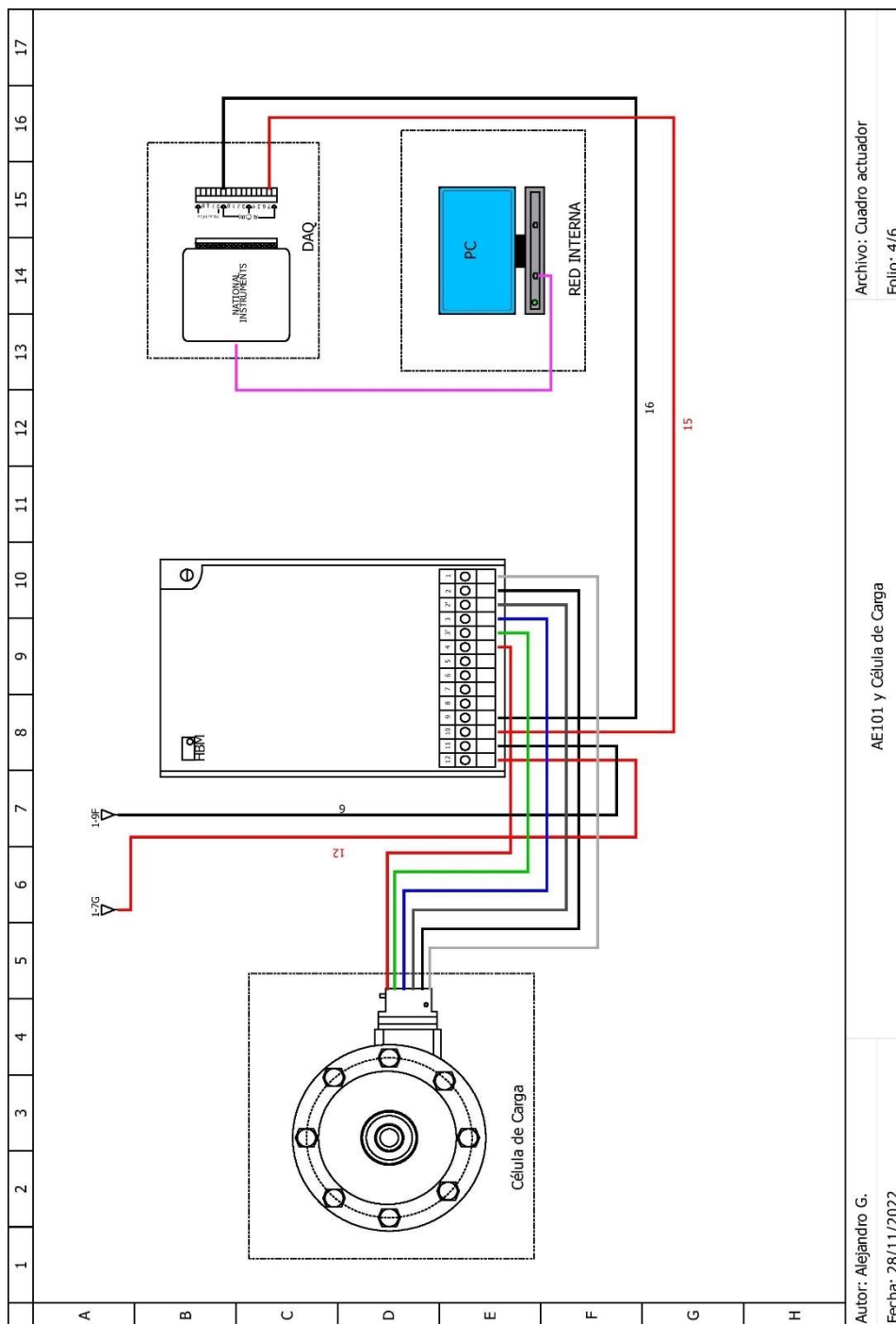


4. Planos del cuadro eléctrico.

4.1 Planos para instalar cuadro eléctrico



4.1 Planos para instalar cuadro eléctrico



Autor: Alejandro G.

Fecha: 28/11/2022

AE101 y Célula de Carga

Archivo: Cuadro actuador

Folio: 4/6



5. Tabla de resultado de ensayo (1 ciclo).

Desplazamiento (mm)	Fuerza (N)
0	3,097928
0	1,4778
0	1,4778
0	-0,142329
0,03	-0,142329
1,27	-0,142329
1,66	1,4778
2,87	-0,142329
2,93	-0,142329
3,44	-0,142329
4,29	3,097928
4,74	-0,142329
5,53	1,4778
6,43	-0,142329
6,85	1,4778
8,2	-0,142329
8,3	-0,142329
9,6	-0,142329
9,73	-0,142329
11,22	-1,762457
11,57	-3,382585
12,66	-5,002713
13,78	-9,863097
14,01	-9,863097
15,23	-11,483225
15,4	-11,483225
16,6	-14,723482
16,91	-13,103354
18,07	-16,34361
18,49	-16,34361
20,15	-19,583866
20,78	-21,203994
21,93	-24,444251
22,51	-24,444251
25,17	-32,544891
25,28	-32,544891
26,22	-35,785148
26,63	-37,405276
27,69	-39,025404
28,38	-42,26566



29,42	-45,505916
29,83	-45,505916
30,61	-48,746173
31,03	-48,746173
32,24	-53,606557
32,33	-55,226685
33,37	-58,466942
33,87	-58,466942
34,79	-61,707198
35	-61,707198
35,59	-64,947454
37,21	-69,807839
37,74	-69,807839
38,32	-73,048095
39,2	-77,908479
39,29	-77,908479
40,55	-81,148736
40,85	-81,148736
42,14	-84,388992
42,17	-87,629248
43,69	-90,869504
43,74	-90,869504
45,09	-97,350017
45,34	-97,350017
46,58	-102,210401
46,8	-102,210401
47,95	-107,070786
48,38	-107,070786
49,09	-110,311042
50	-115,171426
50,29	-116,791555
51,76	-120,031811
52,76	-123,272067
52,92	-124,892195
54,38	-128,132452
54,41	-129,75258
55,9	-134,612964
55,9	-136,233092
57,45	-139,473349
57,5	-141,093477
58,74	-144,333733
60,26	-149,194117
60,38	-150,814246



61,5	-155,67463
62,65	-158,914886
63,21	-162,155143
64,06	-165,395399
65,24	-170,255783
66,15	-171,875911
67,35	-176,736296
68,62	-179,976552
69,79	-184,836936
71,08	-188,077193
72,1	-191,317449
72,94	-192,937577
74,09	-197,797962
75,37	-201,038218
76,45	-204,278474
76,44	-205,898602
78,07	-204,278474
78,07	-207,51873
79,25	-210,758987
79,25	-210,758987
79,36	-213,999243
80,66	-215,619371
80,67	-213,999243
80,66	-217,239499
80,66	-215,619371
80,66	-215,619371
80,66	-217,239499
80,66	-217,239499
80,66	-213,999243
80,66	-215,619371
80,66	-215,619371
80,66	-215,619371
80,66	-215,619371
80,66	-215,619371
80,66	-213,999243
80,66	-215,619371
80,66	-215,619371
80,66	-215,619371
80,66	-217,239499
80,66	-213,999243
80,66	-213,999243
80,66	-215,619371
80,66	-215,619371
80,66	-213,999243
80,66	-213,999243



65,15	-158,914886
61,57	-147,573989
57,61	-134,612964
53,61	-120,031811
50	-103,830529
45,15	-87,629248
40,63	-71,427967
36,57	-58,466942
32,72	-45,505916
28,97	-34,165019
24,41	-22,824122
19,35	-14,723482
13,75	-6,622841
8,23	1,4778
3,75	3,097928
0	3,097928
0	3,097928
0	1,4778