



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática**

**Desarrollo y construcción de un banco de  
ensayos a fatiga para asientos**

**Autor: García Rodríguez, Alejandro**

**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, mayo de 2023**





## Resumen y palabras clave

En este trabajo fin de grado se ha llevado a cabo el diseño, desarrollo y construcción de un banco de ensayos a fatiga para asientos, teniendo en consideración el correspondiente marcado CE como la normativa vigente a seguir. Este se encuentra dividido en 3 partes: la mecánica, en donde se encuentra la estructura fabricada con perfilera de aluminio, la eléctrica-electrónica, en la cual se diseña y se fabrica un cuadro eléctrico y la de control, que presenta un actuador eléctrico servocontrolado para la imposición de las fuerzas, una célula de carga de alta precisión y un sistema de medida y control con su software LabVIEW. Además, se efectuaron una serie de ensayos con el sistema desarrollado obteniendo así unos resultados demostrativos.

### Palabras clave

Banco de ensayos, Marcado CE, Actuador eléctrico, Célula de carga, LabVIEW.

## Abstract and keywords

In this final degree project the design, development and construction of a fatigue test bench for seats has been carried out, taking into account the corresponding CE marking as the current regulations to follow. This is divided into 3 parts: the mechanical, where the structure made of aluminum profiles is located, the electrical-electronic, in which an electrical panel is designed and manufactured, and the control, which presents a servo-controlled electric actuator. for the imposition of forces, a high-precision load cell and a measurement and control system with its LabVIEW software. In addition, a series of tests were carried out with the developed system, thus obtaining demonstrative results.

### Keywords

Test bench, CE marking, Electric actuator, Load cell, LabVIEW.



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## Índice de contenidos

<b>Capítulo 1: Introducción</b> .....	9
1.1. Introducción.....	9
1.2. Objetivos .....	10
1.3. Contenidos .....	11
<b>Capítulo 2: Equipos y normativa para ensayos a asientos y cuadros eléctricos</b> .....	13
2.1. Equipo de ensayos a asientos.....	13
2.2. Normativa para ensayos en asientos .....	17
2.3. Normativa para cuadros eléctricos [11].....	22
<b>Capítulo 3: Mercado CE</b> .....	23
3.1. Introducción.....	23
3.2. Directiva 2006/42/CE [16].....	26
3.3. RD 1215/97.....	30
3.4. Directiva 2014/35/UE [45] .....	31
<b>Capítulo 4: Desarrollo de los sistemas del banco de ensayos</b> .....	33
4.1. Componentes mecánicos .....	33
4.1.1. Bancada.....	33
4.1.2. Conjunto de perfiles.....	34
4.2. Componentes eléctricos-electrónicos.....	42
4.2.1. Actuador.....	42
4.2.2. Controlador [23].....	48
4.2.3. Célula de carga .....	51
4.2.4. Amplificador de medida.....	55
4.2.5. Componentes del cuadro eléctrico .....	58
<b>Capítulo 5: Adquisición de datos, software de control y realización del ensayo a fatiga</b> .....	59
5.1. Adquisición de datos.....	59
5.2. Software de control.....	60
5.3. Ensayo de fatiga.....	69
<b>Capítulo 6: Costes económicos del proyecto</b> .....	73
<b>Capítulo 7: Conclusiones e ideas futuras</b> .....	75



<b>Capítulo 8: Bibliografía .....</b>	<b>77</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>83</b>
1. Especificaciones técnicas de los elementos.....	83
2. Documentación de directivas.....	104
3. Planos de la estructura del banco de ensayos .....	108
4. Planos de las piezas en 3D .....	111
5. Planos del circuito eléctrico .....	114



## Índice de figuras

Figura 1: Modelo HD-F780 [26] .....	13
Figura 2: Modelo GT-LB13 [22].....	15
Figura 3: Modelo de la serie Calmar one [42] .....	17
Figura 4: Plantilla de puntos de carga [12].....	19
Figura 5: Asiento flexible con respaldo [12].....	20
Figura 6: Ejemplo para asientos [9].....	21
Figura 7: Puntos de carga del asiento y del respaldo [10] .....	21
Figura 8: Medidas del marcado CE [35].....	24
Figura 9: Diferencia entre Marcado CE y China Export [31] .....	25
Figura 10: Estructura del banco de ensayos parte 1 [Fuente propia] .....	33
Figura 11: Perfiles de 45x90mm y 45x135mm [Fuente propia].....	34
Figura 12: Estructura del banco de ensayos parte 2 [Fuente propia] .....	35
Figura 13: Estructura completa del banco de ensayos [Fuente propia] .....	35
Figura 14: Pieza en 3D para la unión de la chapa con el actuador [Fuente propia].....	36
Figura 15: Unión pasador con charnela hembra estrecha [Fuente propia].....	37
Figura 16: Unión de la zona trasera del actuador [Fuente propia] .....	37
Figura 17: Posición de la guía GUM [44].....	38
Figura 18: Montaje guía GUM con actuador [44] .....	39
Figura 19: Pieza en 3D para la unión entre la guía y la célula [Fuente propia] .....	39
Figura 20: Montaje entre la zona delantera del actuador y la trasera de la célula [Fuente propia].....	40
Figura 21: Pieza en 3D entre la unión de la célula y la pieza de contacto con el asiento [Fuente propia] .....	40
Figura 22: Pieza en 3D que hace el contacto con el asiento [Fuente propia].	41
Figura 23: Ejemplo de la estructura de las respectivas conexiones [Fuente propia].....	49
Figura 24: Etiqueta con el modelo del actuador [Fuente propia].....	50
Figura 25: Etiqueta del tipo de actuador al que el controlador puede conectarse [Fuente propia] .....	50
Figura 26: Célula de carga U10M5KN de HBM [Fuente propia] .....	51
Figura 27: Galgas extensiométricas en puente de Wheatstone [24].....	52
Figura 28: Cable 1-KAB157-3 [Fuente propia] .....	53
Figura 29: Puente de Wheatstone [20] .....	54
Figura 30: Interior de una célula de carga [Fuente propia] .....	55
Figura 31: Amplificador de medida AE101 de HBM [Fuente propia] .....	56
Figura 32: Cuadro eléctrico [Fuente propia] .....	58
Figura 33: Etapas del sistema de la adquisición de datos [Fuente propia] ....	59



Figura 34: Componentes de la cadena de medida para la adquisición de datos [Fuente propia].....	59
Figura 35: Interfaz de usuario de LabVIEW [Fuente propia].....	61
Figura 36: Función para contar el número de ciclos parte 1 [Fuente propia].	64
Figura 37: Función para contar el número de ciclos parte 2 [Fuente propia].	65
Figura 38: Función de tarado para la célula de carga [Fuente propia].....	67
Figura 39: Función de adquisición de datos parte 1 [Fuente propia].....	67
Figura 40: Función de adquisición de datos parte 2 [Fuente propia].....	68
Figura 41: Elementos para las respectivas funciones [Fuente propia].....	69
Figura 42: Desarrollo del banco de ensayos parte 1 [Fuente propia].....	70
Figura 43: Desarrollo del banco de ensayos parte 2 [Fuente propia].....	70



## Índice de gráficas

Gráfica 1: Gráfica Longitud (mm) vs Carga máxima admisible F1 (Kgf) [44]..	38
Gráfica 2: Carga de trabajo en la posición horizontal del LEY 40EC [19].....	43
Gráfica 3: Carga de trabajo en la posición vertical del LEY 40EC [19] .....	43
Gráfica 4: Partición de la aceleración/deceleración y velocidad [19] .....	44
Gráfica 5: Fuerza aplicada en un ciclo [19] .....	45
Gráfica 6: Conversión entre la fuerza de empuje y la fuerza [19].....	46
Gráfica 7: Carga lateral soportada por el actuador LEY 40 [19] .....	47
Gráfica 8: Representación Fuerza vs Tensión de la Curva de calibración [Fuente propia] .....	66
Gráfica 9: Representación Fuerza vs Desplazamiento del ensayo de fatiga [Fuente propia] .....	71



## Índice de tablas

Tabla 1: Características del modelo HD-F780 [Fuente propia] .....	14
Tabla 2: Características del modelo GT-LB13 [Fuente propia] .....	16
Tabla 3: Determinación de las fuerzas del asiento y del respaldo [Fuente propia] .....	20
Tabla 4: Durabilidad del asiento y el respaldo de las sillas [Fuente propia] ...	22
Tabla 5: Relación entre fuerza de empuje y duty ratio [19] .....	46
Tabla 6: Rango de ganancias en función de la tensión de excitación del puente [6] .....	57
Tabla 7: Elementos del cuadro eléctrico [Fuente propia] .....	58
Tabla 8: Costes del proyecto [Fuente propia] .....	73



## Capítulo 1: Introducción

### 1.1. Introducción

Actualmente el modelo económico es el lineal (tomar-fabricar-consumir-eliminar), el cual es considerado bastante agresivo para el medio ambiente, ya que agotará los recursos del planeta tierra tarde o temprano. Por consiguiente, es necesario realizar cuanto antes un cambio de modelo, es decir, modificar la economía lineal por la economía circular. Esta valora los productos, los materiales y los recursos para que se mantengan el máximo tiempo posible y también para disminuir la cantidad de residuos, por lo tanto, a diferencia de la economía lineal sigue un modelo para reciclar, reducir, reutilizar, recuperar y reparar. [17] [18]

De tal forma que la mayoría de las empresas se están adentrando en la dinámica de la economía circular, no sólo para generar beneficios como el de reducir la presión sobre el medioambiente, la reutilización y el eco-diseño, sino también para ahorrarse una cierta cantidad de dinero y proporcionar unos puestos de trabajo mientras se contribuye a cuidar al mundo. [17]

Una manera conveniente de introducirse en la economía circular es mediante el empleo de la impresión 3D, puesto que se trata de la elaboración de objetos tridimensionales a través de la adición de material de manera sucesiva, es decir, por capas y de abajo a arriba [4].

El diseño y el empleo de estos proporciona una gran variedad de posibilidades y beneficios, siendo capaces de crear prototipados de baja densidad reduciendo notablemente el coste de los productos a ensayar. Además, cuando se pretende elaborar una pieza de alta complejidad o varios prototipos se emplea dicha técnica (impresión 3D) porque el material utilizado para su fabricación puede ser reusado, de tal manera, que no se produce ningún tipo de residuo disminuyendo así la contaminación y siguiendo el modelo de la economía circular.

Normalmente, el material más utilizado es el plástico por su versatilidad y por la diversidad de aplicaciones que puede llegar a tener en diferentes proyectos, aunque hoy en día se puede emplear cualquier material, por ejemplo: metal, hormigón y tejido vivo [36]. Por lo tanto, en un futuro se pretenderá realizar ensayos sobre mobiliario impreso en 3D, debido a que es una manera óptima de ahorrar recursos materiales y proteger al planeta tierra disminuyendo los niveles de contaminación.



Por consiguiente, el diseño, el desarrollo y la construcción del banco de ensayos en cuestión permite hacer ensayos sobre mobiliario, enfocados a los asientos; también se podrán efectuar sobre otros objetos siempre y cuando cumplan con la normativa y se puedan ensayar en él. Cuando se procede a realizar los ensayos se tendrán que satisfacer unas elevadas exigencias atendiendo a la estabilidad, a la durabilidad y a la seguridad. Por lo tanto, para poder garantizar dichas prestaciones y cumplir las especificaciones se tendrán que seguir las siguientes normas: UNE-EN 1022:2019, UNE-EN 1728:2013 y UNE-EN 1729-2:2012+A1:2015, referenciadas al mobiliario (asientos).

Otro factor que añadir sobre el banco de ensayos es que a los estudiantes de la escuela de ingenierías industriales les servirá de apoyo tanto a las prácticas como a las asignaturas a la hora de la validación de simulaciones de elementos finitos, ya que serán capaces de hacer pruebas y de esta manera enfrentarse a problemas presentes en el mundo real

## 1.2. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo fin de grado es el diseño, desarrollo y construcción de un banco de ensayos a fatiga para asientos que incluye el correspondiente marcado CE, en el cual se recoge la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las máquinas y el Real Decreto 1215/97 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo; también se tuvieron en consideración las siguientes normas: UNE-EN 1022:2019 “Mobiliario. Asientos. Determinación de la estabilidad”, UNE-EN 1728:2013 “Mobiliario. Asientos. Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia y de la durabilidad” y UNE-EN 1729-2:2012+A1:2015 “Mobiliario. Sillas y mesas para centros de enseñanza. Parte 2: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo”.

Además, este banco de ensayos consta de una parte mecánica, de una eléctrica-electrónica y de una de control, por lo tanto, con los prototipos de asientos adquiridos en impresión 3D haciendo hincapié en la importancia del modelo de la economía circular para cuidar al planeta tierra, se hicieron unos ensayos siguiendo la normativa previamente citada.



A parte de este objetivo primordial, también habrá otros objetivos, los cuales son los siguientes:

- La validación de simulaciones de elementos finitos presentes en prácticas o asignaturas cursadas por estudiantes de la escuela de ingenierías industriales.
- El procedimiento de efectuar un ensayo sobre cualquier producto cumpliendo con la normativa y con las prestaciones ofrecidas por el banco de ensayos.

### 1.3. Contenidos

De forma preliminar, se comenta a modo de resumen el contenido de cada uno de los capítulos que forman parte de este trabajo fin de grado, los cuales son los siguientes:

- **Capítulo 1: Introducción**
  - Este capítulo sirve para contextualizar la información que más adelante se explicará con un mayor detenimiento y para establecer que objetivos se deben de conseguir.
- **Capítulo 2: Equipos y normativa para ensayos a asientos y cuadros eléctricos**
  - El capítulo en cuestión consiste en enseñar una serie de modelos de bancos de ensayos a fatiga para asientos de algunas empresas del sector y que normativa se debe aplicar durante su ensaño, también la que hay que llevar a cabo para construir de manera segura el cuadro eléctrico.
- **Capítulo 3: Mercado CE**
  - Se explican las directivas y reales decretos que se tienen que cumplir para que las máquinas sean seguras para los humanos y se puedan comercializar sin ningún tipo de problema por la Unión Europea.



- **Capítulo 4: Desarrollo de los sistemas del banco de ensayos**
  - El capítulo consta de la explicación, justificación y configuración tanto de los componentes mecánicos como de los elementos eléctricos-electrónicos.
  
- **Capítulo 5: Adquisición de datos, software de control y realización del ensayo de fatiga**
  - Este capítulo trata de cómo se obtienen los datos y la explicación del software de control para efectuar un ensayo, así como su elaboración y representación.
  
- **Capítulo 6: Costes económicos del proyecto**
  - En el capítulo se refleja los costes de la estructura y de los componentes para desarrollar el banco de ensayos.
  
- **Capítulo 7: Conclusión**
  - Se hace una comparativa y una evaluación con los objetivos iniciales, dando lugar a la conclusión. Además, se incorporan ideas para un desarrollo futuro y que mejoren el presente modelo.
  
- **Capítulo 8: Bibliografía**
  - Se recogen tanto los títulos como referencias empleados que hayan sido de especial interés para la elaboración del trabajo fin de grado.

## Capítulo 2: Equipos y normativa para ensayos a asientos y cuadros eléctricos

### 2.1. Equipo de ensayos a asientos

Para hacerse una idea genérica del tema en cuestión, se procede a hablar de algunas empresas del sector que desarrollan banco de ensayos destinados a la realización de pruebas de fatiga a asientos. De cada una de las empresas se hablará de un modelo determinado, debido a la gran cantidad que presentan por su parte.

En primer lugar, hablaremos de la empresa Haida International Equipment Co. Ltd., la cual en el año 2007 fue fundada y se consagró como una de las principales empresas, ya que poseía una gigantesca variedad de equipos de pruebas. Esta presenta un gran abanico de productos capaces de ser utilizados en varios ámbitos, por ejemplo, en productos de mobiliario más concretamente en asientos. También, integra un exorbitado número de máquinas capaces de realizar todo tipo de ensayos, en nuestro caso el de especial interés será el de fatiga. [43]

A continuación, se puede apreciar el modelo de la máquina de pruebas de durabilidad representada en la Figura 1.



Figura 1: Modelo HD-F780 [26]

Este banco de ensayos trata de simular el uso que le daría una persona de manera normal tanto en el respaldo como en el asiento para así determinar la resistencia que tienen ambos. Empleando para ello una serie de elementos especiales que se asemejan lo máximo posible al ser humano y también en cada punto en donde se aplica la fuerza está presente un sensor para poder observar la presión que se está ejerciendo. [26]

Cuando se realiza un ensayo combinado, es decir, en el momento en el que se efectúa una fuerza tanto en el asiento como en el respaldo se sigue la norma UNE-EN 1728, apartado 6.17, la cual se verá más adelante. Por el contrario, si el asiento a experimentar no tiene las características que permita realizar fuerza a la vez en el asiento ni en el respaldo se deberá de hacer por separado, es decir, aplicando primero una fuerza en el asiento y una vez terminada la prueba, se pasa a ejecutar la siguiente que será aplicar una fuerza en el respaldo con la condición de tener una carga estática en el asiento. [26]

Acto seguido, se comentarán algunas especificaciones que presenta la máquina de ensayos, las cuales se reúnen en la Tabla 1:

		Unidades
Dimensionado de la estructura (WxDxH)	2180x1240x2120	mm
Peso bruto	560	Kg
Fuente de alimentación (Monofásica)	220 ± 10%	Vac
Frecuencia	50/60	Hz
Altura del actuador (Dependiendo del tipo de asiento)	500-1200	mm
Fuerza del actuador	Regulable	-
Carga del asiento	0-200	Kg
Carga del respaldo	0-100	Kg
Aire comprimido	6	Kg/cm <sup>2</sup>
Modelo de control	PLC	-

Tabla 1: Características del modelo HD-F780 [Fuente propia]

En segundo lugar, comentaremos a cerca de la compañía GESTER Instruments Co. Ltd. que comenzó en el año 1997 en la ciudad de Taiwán y en sus comienzos se dedicó en la venta de equipos para hacer comprobaciones a juguetes y textiles. A medida que fueron pasando los años fue creciendo y ampliando sus equipos de pruebas, en los cuales se puede encontrar la realización de experimentos a muebles. Esta empresa con más de 20 años de antigüedad lidera ahora el sector industrial y gracias a ella los sectores en los que intervienen sus máquinas de pruebas de ensayos han mejorado en cuanto a la calidad. [30]

El modelo de esta compañía será el GT-LB13 que se puede ver en la Figura 2, el cual tiene las dos siguientes funciones de prueba: [22]

- La primera de las funciones a considerar es que presenta la capacidad de estimación sobre el asiento, tras someterle a tensiones de fatiga y desgaste provocados por la fuerza aplicada por medio del actuador en el respaldo.
- La segunda de las funciones para tener en cuenta consiste en evaluar el mecanismo de inclinación a la hora de aguantar tensiones de fatiga y desgaste que vienen provocados por la inclinación de repetitividad.



Figura 2: Modelo GT-LB13 [22]

Una vez que se ha hablado de las funciones que presenta la máquina de ensayos, lo siguiente a comentar serán las características pertinentes que se recogen en la Tabla 2.



		Unidades
Dimensiones de la estructura (WxDxH)	1360x660x1400	
Fuente de alimentación	220	
Frecuencia	50/60	
Carga del asiento	Acumulación de pesas	
Carga del respaldo	Ajustable	
Posición de carga del respaldo	Altura del respaldo > 452 mm	406
	Altura del respaldo < 452 mm	En el superior del respaldo
Dirección de fuerza de carga del respaldo	90° ± 10°	
Método de ajuste de fuerza	Servoválvula + sensor de fuerza	
Fuente de aire	Fuente de aire estable > 6	
Modo de control	Control por pantalla táctil PLC	

Tabla 2: Características del modelo GT-LB13 [Fuente propia]

En tercer y último lugar, tenemos la empresa Hegewald & Peschke que fue fundada en el año 1990 en la ciudad de Freiberg (Sajonia). Se considera una compañía que se fomenta en la producción y desarrollo de maquinaria de alta calidad con el objetivo de realizar ensayos de destrucción a materiales como pueden ser muebles y componentes. Por el año 1995 fabricaron el primer banco de ensayos para proceder a realizar pruebas a mobiliario y con el transcurso del tiempo la empresa fue creciendo. [28]

A parte de la elaboración de máquinas de pruebas para muebles, también se especializan en ofrecer servicios para realizar ensayos de materiales mecánicos de metales, construir banco de ensayos especiales para comprobar componentes un tanto especiales que no se pueden estudiar con la máquina universal y dispositivos capaces de medir la longitud 1D. [32]

El ejemplo tomado de esta empresa del cual se va a hablar se encuentra en la serie Calmar one (Figura 3).



Figura 3: Modelo de la serie Calmar one [42]

El funcionamiento de este banco de ensayos consiste en que el actuador se posiciona a una altura deseada y con un cierto ángulo ajustable, el cual se encuentra situado en una plataforma fija. El dispositivo PLC cuenta ciclos y realiza el preajuste de la fuerza que se quiere aplicar sobre el asiento a la hora de simular el ensayo de fatiga. [42]

Las condiciones de prueba se aproximan a la caída libre, por lo tanto, poseerá un sensor de altura para determinar la caída libre y tendrá un set de fijación para los apoyos del asiento para que cuando se realice el ensayo sobre el respaldo, este no se mueva o se desplace produciéndose así un ensayo erróneo. Hay que añadir que tiene unas dimensiones de 1600x1100x1300mm (LxWxH) y con un peso de 170 Kg. [42]

## 2.2. Normativa para ensayos en asientos

El CEN (Comité Europeo de Normalización) es una organización que se fundó en el año 1961 y trabaja a un cierto nivel europeo para establecer las normas técnicas y los procedimientos con un grado de concordia. Este organismo en el año 2015 está formado por 33 miembros nacionales, los cuales 28 son países miembros, 3 son miembros del EFTA (European Free Trade Association) que se trata de Islandia, Noruega y Suiza, a estos 31 miembros a mayores hay que sumarles Turquía y Macedonia. Actualmente, son 34 miembros nacionales, puesto que en los últimos años se ha introducido Serbia en el Comité Europeo de Normalización. [5] [13]



La organización tiene como objetivo conseguir una mejora en las condiciones económicas, sociales y laborales para todos los ciudadanos europeos por medio de igualar los estándares y conocimientos técnicos [5], pero para que esto se pueda conseguir tiene que cooperar tanto con institutos nacionales como con el resto de las instituciones europeas para así alcanzar una uniformidad y estandarización en diferentes campos y sectores, como puede ser el económico y el técnico-científico.

En consideración con la Directiva Europea 34/1998 CE, el CEN es considerado como el único organismo capaz de realizar las siguientes actividades, de acuerdo con las normas normalizadas comunes referidas a todo el territorio europeo, por lo tanto, dichas actividades son las siguientes: [5]

- Planificación
- Escritura
- Revisión
- Adopción

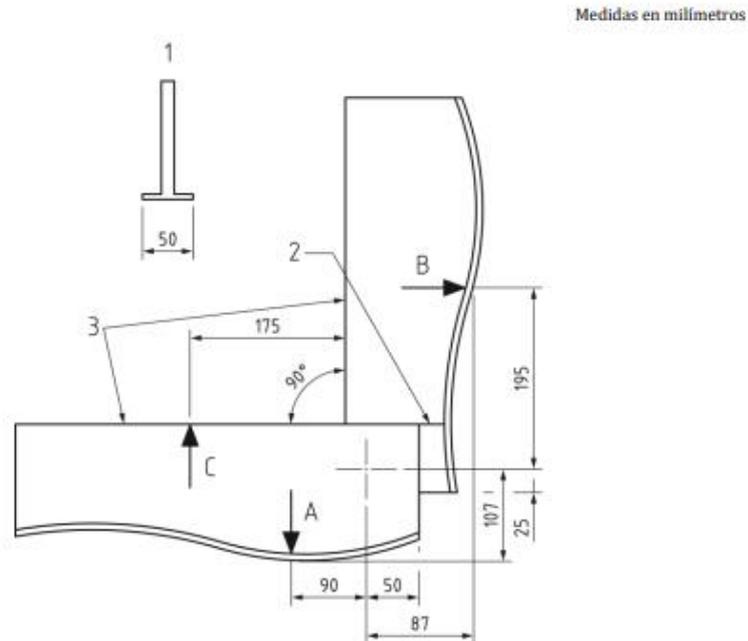
Las normas aprobadas existen en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés), si se desea una norma que esté escrita en otro dialecto, la cual presenta el mismo nivel que las normas redactadas en versiones oficiales, esta tendrá que ser elaborada por un miembro del CEN en su idioma nacional y comunicada al Centro de Gestión de CEN. [9] [10] [12]

De tal forma, que en nuestro país (España) se establecen las normas UNE siglas de Una Norma Española, las cuales se determinan como un organismo nacional de normalización debido al Real Decreto 2200/1995. [8]

Realizando una búsqueda exhaustiva entre todas las normas UNE se han encontrado tres normas a considerar para poder realizar el ensayo, estas son la norma UNE-EN 1022:2019, la norma UNE-EN 1728:2013 y la norma UNE-EN 1729-2:2012+A1:2015, las cuales se hablarán a continuación.

En primer lugar, se comentará la norma UNE-EN 1022:2019 para establecer en que puntos hay que aplicar la carga correspondiente ya sea la del asiento o bien la del respaldo.

El asiento para ensayar no es giratorio, por lo tanto, la plantilla de puntos de carga para tener en cuenta se indica en la Figura 4.



**Leyenda**

- 1 Sección típica
- 2 Marca para señalar 90°
- 3 Borde recto para determinar la inclinación del asiento o del respaldo
- A Punto de carga del asiento (todos los asientos excepto los taburetes)
- B Punto de carga del respaldo (todos los asientos excepto los taburetes)
- C Punto de carga del asiento (taburetes)

Figura 4: Plantilla de puntos de carga [12]

En determinados casos, a lo mejor no es posible utilizar la plantilla de puntos de la Figura 4; si por algún casual sucede habría que establecer el punto de carga del asiento (A) a 175 mm por delante de la línea de unión del asiento con el respaldo o en el punto más cercano en donde se pueda aplicar la fuerza sobre el asiento, mientras que el punto de carga del respaldo (B) se posiciona a 300 mm por arriba de la línea que junta el asiento con el respaldo. Además, si por geometría del respaldo no permite aplicar carga sobre él desde el punto comentado anteriormente, lo que se debe hacer es buscar el punto más próximo del respaldo ya sea hacia arriba o hacia abajo y someterle a una fuerza. [12]

Nuestro asiento del ensayo tendrá el respaldo flexible, por lo tanto, la plantilla de la Figura 4 se sitúa de tal manera que el asiento y el respaldo formen un ángulo de 90° entre sí. Después, se señala el punto de carga del asiento (A) y el punto de carga del respaldo (B) como puede observarse en la Figura 5.

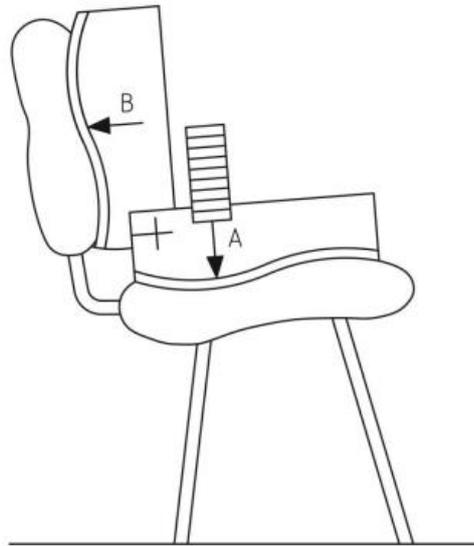


Figura 5: Asiento flexible con respaldo [12]

En segundo lugar, se hablará de la norma UNE-EN 1728:2013 para ver cómo se lleva a cabo un ensayo combinado de durabilidad del asiento y del respaldo, así como que fuerzas habrá que aplicar dependiendo de la inclinación de este.

Como el asiento a ensayar en el banco de ensayos presenta un mecanismo de inclinación el cual no se puede bloquear en una posición fija, este será sometido a un número de ciclos particulares que se podrán ver más adelante en la norma UNE-EN 1729-2:2010+A1:2015.

Cuando aplicamos una fuerza en el punto del respaldo correspondiente es probable que el asiento se mueva hacia atrás, para evitar que se produzca este fenómeno se colocarán unos topes (escuadras) en las patas de sujeción traseras de él, como puede verse en la Figura 6. A continuación, en la Tabla 3 se recogen las fuerzas que se tienen que aplicar en el asiento y en el respaldo dependiendo del ángulo de inclinación de este.

Ángulo de inclinación del respaldo $\varnothing$	Fuerza del asiento F3 (N)	Fuerza del respaldo F4 (N)
Respaldo inclinado con un ángulo de 70° o más respecto a la horizontal	Fuerza especifica	Fuerza especifica
Respaldo inclinado con un ángulo comprendido entre 55° y 70° respecto a la horizontal	Fuerza especificada x $\sin(\varnothing)$	$((\varnothing/60^\circ)-0,1666) \times$ Fuerza especificada x $\cos \varnothing$
Respaldo inclinado con un ángulo menor de 55° respecto a la horizontal	0,75 x Fuerza especificada	0,75 x Fuerza especificada x $\cos \varnothing$

Tabla 3: Determinación de las fuerzas del asiento y del respaldo [Fuente propia]

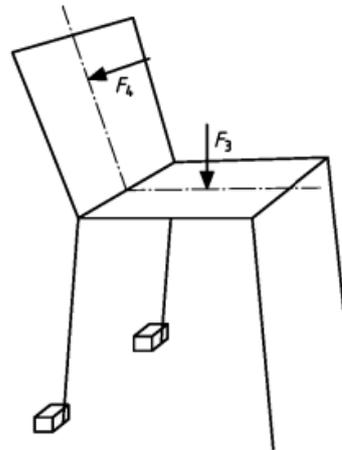
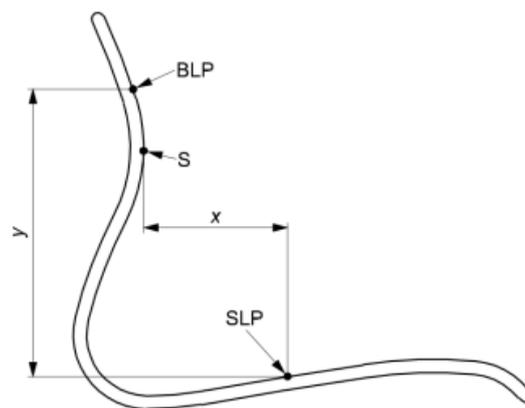


Figura 6: Ejemplo para asientos [9]

En último lugar, se tendrá la norma UNE-EN 1729-2:2010+A1:2015 que como se ha mencionado con anterioridad se emplea para determinar el número de ciclos que hay que someter a un asiento dependiendo de si este es de categoría infantil o de adulto. Lo primero que hay que mencionar ante todo en esta norma es que cuando se hacen referencias a las anteriores normas citadas los puntos de carga del asiento y del respaldo no son siempre aplicables, por lo que se tendrá que aplicar otro criterio, el cual consiste en que donde se aplica la fuerza se medirá por delante del punto S en el caso del asiento y en el caso del respaldo el punto de carga estará en la vertical por arriba del punto S como puede apreciarse en la Figura 7. [10]



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 7: Puntos de carga del asiento y del respaldo [10]



A continuación, para estudiar tanto la resistencia como la durabilidad que presentan los asientos habrá que tener en consideración la norma UNE-EN 1728:2013 explicada anteriormente para establecer las cargas y los ciclos que se recogen en la Tabla 4.

Distintivo de tamaño de la silla	Carga del asiento (SL) N	Carga del respaldo (F) N	Ciclos
0 y 1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	1250	300	100000
5	1250	300	100000
6	1250	300	100000
7	1250	300	100000

Tabla 4: Durabilidad del asiento y el respaldo de las sillas [Fuente propia]

### 2.3. Normativa para cuadros eléctricos [11]

Las normativas para realizar un correcto diseño y montaje de un cuadro eléctrico serán las normas UNE-EN IEC 61439-1 y 2 que es la encargada de reglamentar los equipos de distribución y control en baja tensión, también tiene el deber de garantizar su seguridad. Estas fueron aceptadas en el año 2014 sustituyendo así a la norma anterior UNE-EN IEC 60439-1 y establecen una gran precisión a la hora de la fabricación de equipos en baja tensión y diferenciando que funciones tiene el empresario y el fabricante del cuadro.

El contenido de esta norma está distribuido en 5 partes que son: construcción de conjuntos, certificación de conjuntos, límites de calentamiento para conjuntos, anexos y documentación adicional. En el primer apartado (construcción de conjuntos) se puede encontrar una serie de reglas en función del montaje a seguir, el cableado de los aparatos, pulsadores e indicadores, etc. El segundo (certificación de conjuntos) recopila que modificaciones han sufrido las normas antiguas, que ensayos debe llevar a cabo el fabricante del cuadro, el certificado de ensayo... El tercer apartado (límites de calentamiento) trata de que métodos hacer para el ensayo, como puede ser los ensayos de calentamiento a realizar en función de la norma IEC 61439-1... Finalmente, en los dos últimos apartados se agrega información de especial interés para completar los anteriores capítulos.



## Capítulo 3: Mercado CE

### 3.1. Introducción

El mercado CE es de gran importancia para la Unión Europea, ya que no sólo consiste en una simple pegatina, sino que se trata de un símbolo que brinda al producto fabricado de una cierta certificación en materia de seguridad y salud, que a su vez se recoge en el reglamento correspondiente a él. De esta manera, los fabricantes y consumidores tendrán las siguientes ventajas: [29] [31]

- En primer lugar, los fabricantes se benefician pudiendo vender el producto fabricado por toda la Unión Europea. Además, se establecen una serie de condiciones de igualdad y son puestas a todos los fabricantes de los países sin ningún tipo de distinción, para que así haya igualdad y no se produzca una discriminación por el país de origen.
- En segundo lugar, los consumidores aprovechan el mercado CE para asegurarse de que los productos que compran son totalmente fiables, ya que como llevan el instintivo pueden fiarse de que cumplan con los requisitos legales.

Hay que tener en consideración que esta herramienta no se emplea en todos los productos que se fabrican, sino que se establece a aquellos que se encuentran delimitados dentro de las Directivas de Nuevo Enfoque cuyo principio se rige por el Reglamento 765/2008 y la Decisión 768/2008, en ambos se agrupan los procedimientos de evaluación.

En el año 1957 se fundó la Comunidad Económica Europea (CEE), la cual hoy en día se la conoce con el nombre de Unión Europea (UE). La comunidad política presentaba una gran mayoría de objetivos principales, de los cuales cabe señalar la supresión de las barreras arancelarias al comercio entre países europeos, pero por otra parte todavía estaban presentes las barreras no arancelarias, con las cuales los países establecían una serie de requisitos para así que el producto elaborado sólo se distribuyera en su territorio y si se quería importar a otro país europeo, éste debería de pagar un precio mayor por las restricciones puestas por el país que había fabricado dicho producto. [29]

Este inconveniente de establecer condiciones por el país que fabricaba el producto era todo lo contrario que quería conseguir la CEE, por lo tanto, a medida que fueron pasando los años se iba solventando el problema.

Primero, como se ha mencionado con anterioridad cada país presentaba su propia legislación, de tal forma, que los productos tenían que cumplir con unos requisitos establecidos por el país proveedor, esto hacía problemático el comercio. Después, puede encontrarse el Antiguo Enfoque, el cual consistía en realizar una constitución europea al detalle, pero era muy difícil por su elaboración. Luego, apareció en el año 1985 el Nuevo Enfoque y el Enfoque Global, limitando así el volumen de la legislación sólo a los requisitos esenciales y los detalles técnicos los recogían las normas EN. Finalmente, en el año 2008 brotó el Nuevo Marco Legislativo que completaba al Nuevo Enfoque y también hacía más eficaz al marco legislativo. [29]

Por ejemplo, el mercado CE es aplicado a un producto, el cual si no posee la Directiva del Nuevo Enfoque se considera de engaño al cliente con el producto que se le está vendiendo, porque puede imaginar que cumpla con las condiciones legales y en realidad no es así. Por consiguiente, cualquier producto que adquiera el consumidor en la UE deberá de cumplir con la Directiva 2001/95/CE, la cual se relaciona con la seguridad general de los productos. [31]

A continuación, se muestra en la Figura 8 el marcado de conformidad, que consiste en determinar las medidas de las iniciales del propio marcado.

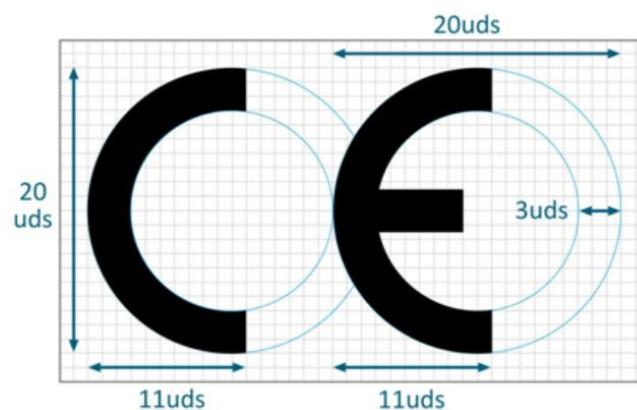


Figura 8: Medidas del marcado CE [35]

Este tipo de símbolo puede confundirse en ocasiones con otros tipos, como es el caso del marcado China Export, que como puede verse en la Figura 9 de la siguiente página, la diferencia que presentan es que la letra E se encuentra más próxima a la C.

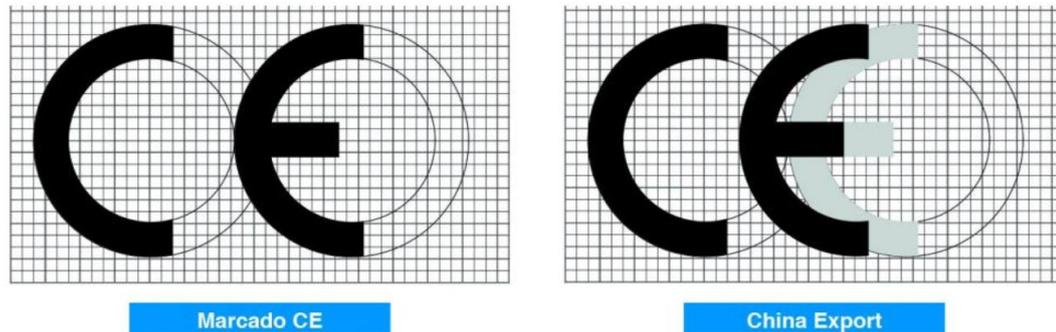


Figura 9: Diferencia entre Marcado CE y China Export [31]

Seguidamente, se recopilarán algunas de sus características para tener en cuenta sobre la simbología del mercado CE y de esta forma poder identificarlo correctamente. [35]

- Conservación de las dimensiones.
- Disposición sobre el producto o en una placa informativa.
- Posición clara, fácil e imborrable.
- Singular marcado indicativo de que el producto en cuestión satisface las Directivas de aplicación.
- Se coloca después de la etapa de control de producción.
- El número o los número de identidad del Organismo Notificado involucrados en cuestión van después de él.
- Fijación por el fabricante que se encuentra en la propia UE.
- Prohibido colocar símbolos que produzcan al error con el mercado CE.



### 3.2. Directiva 2006/42/CE [16]

La Directiva 2006/42/CE fue aprobada el 17 de mayo de 2006, la cual era una modificación de la Directiva 95/16/CE, ahora ha sido un tanto rectificada por la Directiva 2009/127/CE que se aprobó el 21 de octubre del año 2009.

Esta directiva de la que se hablará más adelante en profundidad es la encargada de fijar las condiciones de seguridad y salud pertinentes a las máquinas, para que así se puedan distribuir y comercializar libremente por la UE y por el Espacio Económico Europeo.

A continuación, hablaremos de algunos artículos de interés dentro de dicha directiva como también de algunos de los anexos presentes en ella, ya que estos proporcionan una cierta información adicional sobre ellos.

El artículo 1 recoge a que productos y cuales no es aplicable la Directiva 2006/42/CE, dentro de los que sí que la aceptan se encuentran las máquinas, de las que se hablará un poco después, más concretamente en el artículo 2, por otro lado, los que no la aceptan encontramos: equipos específicos para parques y ferias de atracciones, armas (incluidas las de fuego), buques de navegación marítima...

El artículo 2 en cuestión consiste en describir aquellos productos que admiten la directiva, pero el de especial interés es la máquina, la cual como puede verse se define como un conjunto de elementos que se asocian unos con otros, como mínimo debe de haber uno móvil y todos ellos tienen el objetivo de realizar una determinada aplicación por medio de una energía que no sea la humana o la animal. Entonces, para nuestro caso se determina de la presencia de una máquina de ensayos teniendo en cuenta las siguientes pautas:

- El actuador se considerará como elemento móvil.
- La aplicación determinada en cuestión será para realizar ensayos de fatiga a respaldos de asientos.
- La energía de accionamiento que se emplea es la eléctrica.

A continuación, se hablará del artículo 5 que es de gran importancia para llevar a cabo por un lado la correcta comercialización como por otro la puesta en servicio, para ello se fragmenta en los siguientes apartados:



- a) Observar que el banco de ensayos cumpla con los requisitos primordiales de seguridad y salud establecidos en el anexo I de la directiva y estos son los siguientes:
- a. Establecer que límites tiene la máquina, es decir, los malos usos que se la puede dar a simple vista.
  - b. Prever las posibles amenazas ocasionadas por la máquina al igual que los oportunos escenarios peligrosos.
  - c. Evaluar los peligros acorde con el nivel de las lesiones o perjudiciales para la salud y la posibilidad de que se efectúen.
  - d. Estimación de los riesgos para ver de la necesidad de una reducción de ellos.
  - e. Suprimir los peligros o disminuir los riesgos derivados de ellos empleando las medidas preventivas.
- b) Manifestar la disponibilidad del expediente técnico de la máquina, este se encuentra en el anexo VII en la correspondiente parte A y se comentará un poco al respecto.

El expediente técnico comprobará si la máquina aprueba prestando atención a los requisitos de la presente directiva, por lo tanto, se tendrá que llevar a cabo una evaluación del diseño, fabricación y funcionamiento de ella. Además, este expediente tendrá que ser escrito en varios idiomas, excluyendo el manual de instrucciones que este ya presenta sus propias condiciones.

En el anexo 2 “Documentación de directivas” se pueden ver que elementos son imprescindibles para tener un completo expediente técnico.

Además, el fabricante para poder comercializar su máquina tendrá que realizar una serie de ensayos para asegurarse de que es segura y dicho expediente tendrá que estar disponible un plazo de 10 años de las autoridades competentes de los Estados miembros.



- c) Accesibilidad factible para acceder a informaciones imprescindibles como es el propio manual de instrucciones.

De forma habitual es encontrarse en cada máquina su correspondiente manual de instrucciones escrito en su idioma original y en otros idiomas que forman parte de los Estados miembro en donde se distribuye la máquina. Además, este manual puede ser original (país donde se fabricó la máquina) o bien será uno traducido del original, de ser así tendrá que haber a mayores el manual original.

El manual de instrucciones de la máquina sigue una serie de principios generales para su correcta elaboración recogidos en el anexo 2 “Documentación de directivas”.

- d) Realizar los pertinentes procedimientos de evaluación de la aprobación, apoyándose en el artículo 12 del cual se enumerarán los puntos que hay que llevar a cabo para su realización.
- a. El fabricante deberá emplear alguno de los métodos de evaluación que se describirán en los siguientes apartados con el objetivo de que la máquina cumpla con los requisitos establecidos en la Directiva.
  - b. Si la máquina no se encuentra nombrada en la lista del anexo IV, habrá que dirigirse al anexo VIII que determina una evaluación de la conformidad por medio de un control interno de la fabricación de ella.
  - c. Si la máquina figura en el listado del anexo IV y se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la normativa recopilada en el artículo 7, apartado 2, pero además las normas deben cumplir con las condiciones establecidas de seguridad y salud, para que el fabricante pueda aplicar los siguientes procedimientos:





### 3.3. RD 1215/97

El Real Decreto 1215 se fundó el 18 de julio del año 1997, en el cual se pueden encontrar las órdenes mínimas de seguridad y salud aplicadas por el empresario a sus empleados para que trabajen con los equipos especializados, este tuvo la última modificación el 13 de noviembre de 2004 que a su vez esta codificada por la Directiva 2009/104/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (16 de septiembre) que constituye la preventiva de los riesgos originados por el trabajo con respecto a las condiciones exigidas por la Ley 31/1995 del 8 de noviembre. Este Real Decreto puede llegar a pensarse como una norma marco, debido a su inmenso ratio de aplicación sobre una gran cantidad de equipos, aunque luego el procedimiento empleado para cada uno de ellos no se considera igual para todos. [25]

Como bien se ha mencionado con anterioridad será el empresario quien tenga el deber o mejor dicho la obligación de tomar las medidas preventivas de seguridad y salud sobre los equipos de trabajo, para que así los trabajadores desempeñen las tareas bajo un cierto grado de confianza. Por lo tanto, el empresario tendrá que emplear el principio de que los equipos sean seguros para el uso de los trabajadores teniendo en consideración una cantidad de factores, por ejemplo: materias primas a utilizar, espacio disponible, características de los trabajadores, etc. Además, si el propietario por un casual no puede cumplir plenamente con la seguridad y salud de los trabajadores tendrá que hacer lo posible para que los riesgos hacia ellos sean los más bajos. [40]

El BOE (Boletín Oficial del Estado) recoge este decreto que se encuentra dividido en dos partes, por un lado, se encuentra la parte jurídica que consta de los artículos como puede ser el de objeto (artículo 1), el de definiciones (artículo 2), entre otros; también en esta se establecen las disposiciones transitorias, derogatorias y finales. Por otro lado, será la parte técnica incluyendo los anexos para determinar las órdenes mínimas que se deben cumplir. [39]



### 3.4. Directiva 2014/35/UE [45]

El principal objetivo de esta directiva es prestar especial atención a los límites de tensión que utiliza el producto para la ejecución de su tarea con la consideración de preservar la salud de las personas. Esta consiste en una unión de los países que forman parte del Estado miembro compartiendo principios y con el requisito de brindar una mayor atención a productos venideros de países del tercer mundo como aclarar los límites de tensión de los componentes eléctricos a emplear.

Como bien se ha mencionado antes esta directiva se destina a elementos eléctricos que van a distribuirse por el mercado de la Unión Europea con unos límites definidos de tensión y su origen es indiferente, es decir, da igual que sea de elaboración comunitaria (fabricado en la UE) o bien que provengan de un tercer país en donde se comercialice. Con todo esto se pretende que se cumplan unos ciertos niveles de protección tanto para la seguridad como para la salud de las personas, de los animales y de los bienes, de tal forma, que se asegure un correcto funcionamiento del mercado interior de la UE.

El mercado CE es indispensable para poder realizar su comercialización, si no se aplicase no habría certeza de que el dispositivo cumpliera con los requisitos de seguridad y salud. El elemento en donde se aplica dicha directiva presenta las siguientes tensiones nominales:

- Corriente alterna entre los 50 y 1000V
- Corriente continua entre 75 y 1500V

Cuando se proceda a emplear dicha directiva sobre el producto a marcar con la simbología CE, no se necesitará de un control por parte de un Organismo Notificado, pero lo que hará falta es la realización de una serie de pruebas en el laboratorio para satisfacer la seguridad de los trabajadores que lo usen y así cumplir con los objetivos de seguridad. Seguidamente, se comentan algunas condiciones y protecciones para tener en cuenta, pero si se precisa de una mayor información se pueden ver todas ellas en el anexo 2 “Documentación de directivas”.



- a) Condiciones generales
  - a. Características esenciales para corroborar que el material se está empleando de manera segura y según su funcionalidad.
  - b. Diseñar y fabricar adecuadamente el elemento eléctrico para garantizar la protección contra los peligros derivados del propio material eléctrico o que estén afectados por el entorno externo, estos peligros se encuentran en los dos siguientes apartados haciendo un poco más de hincapié en ellos.
- b) Protección contra los riesgos provenientes del propio material eléctrico
  - a. Protección a las personas y animales domésticos contra los contactos directos e indirectos.
  - b. Evitar temperaturas, arcos o radiaciones peligrosas.
- c) Protección contra los peligros provocados por efecto de influencias externas sobre el material eléctrico
  - a. Tolerar las influencias no mecánicas en las condiciones medioambientales esperadas con el objetivo de proteger a los humanos, animales domésticos y bienes.
  - b. Evitar riesgos de sobrecargas que pueden peligrar la vida de las personas, animales domésticos y bienes.

## Capítulo 4: Desarrollo de los sistemas del banco de ensayos

### 4.1. Componentes mecánicos

Se procura realizar un diseño del banco de ensayos lo más versátil posible y teniendo en consideración los asientos que se pretendan ensañar en él, por lo tanto, la estructura diseñada por la compañera del laboratorio Cristina Saavedra Sanz tendrá diversas partes que se comentarán en profundidad más adelante y finalmente se mostrarán todas ellas en conjunto, dando lugar a la estructura completa del banco de ensayos.

El orden explicativo de las partes que forman la estructura será primero la bancada y luego el conjunto de perfiles con la chapa de fijación y la de sujeción.

El software utilizado será Autodesk Inventor tanto para diseñar las partes que componen la estructura como también crear sus respectivos planos.

A continuación, se irán comentando cada una de las piezas, las cuales están formadas por perfiles de aluminio de la marca Fasten.

#### 4.1.1. Bancada

Consiste en la base del banco de ensayos en donde se colocará el asiento a ensayar. Sus dimensiones son de 1090x1530x1335mm (WxDxH), a parte está formada por 30 perfiles, los cuales cada uno mide 45x90mm y esto con lleva a situar el asiento en cualquier parte de la bancada. Además, consta de 3 perfiles a mayores de dimensiones 45x135mm, los cuales dos de ellos se colocan en cada lateral y por medio de una chapa de fijación se juntan con otros perfiles; el otro perfil restante se sitúa en el medio de la bancada con la funcionalidad de que se reduzca el efecto flector a la hora de realizar un ensayo sobre el respaldo del asiento con una elevada carga (Figura 10).

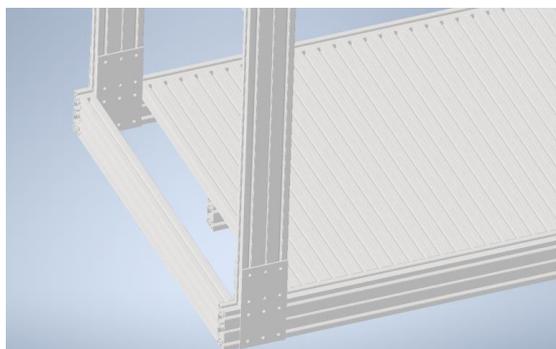


Figura 10: Estructura del banco de ensayos parte 1 [Fuente propia]

### 4.1.2. Conjunto de perfiles con las chapas

Se basa en dos perfiles, teniendo en consideración dos posibilidades: perfil de 45x90mm o bien perfil de 45x135mm que se pueden apreciar en la Figura 11.

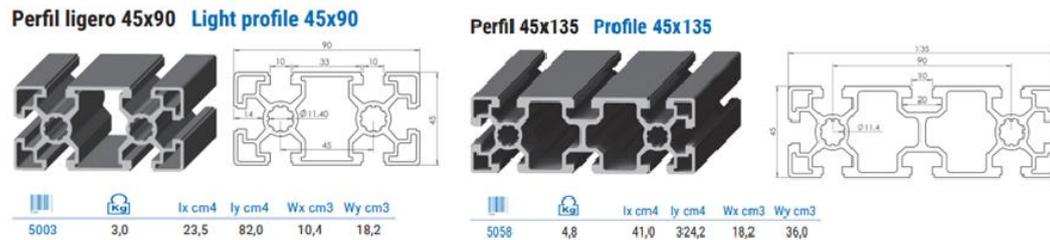


Figura 11: Perfiles de 45x90mm y 45x135mm [Fuente propia]

La opción elegida entre ambos se realizará teniendo en cuenta una serie de datos y los resultados al emplear la Ecuación 1.

Datos:

- $P(\text{Peso}) = 100 \text{ kg} \cdot 9,807 \text{ m/s}^2 = 980,7 \text{ N}$
- $L(\text{Longitud}) = 1065 \text{ mm} = 1,065 \text{ m}$
- $E_{AL}(\text{Módulo de elasticidad del aluminio}) = 7 \cdot 10^8 \text{ N/dm}^2$
- $I = \text{Momento de inercia}$

$$f_{\max} = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E_{AL} \cdot I} \quad (\text{Ecuación 1})$$

- Perfil de 45x90mm

$$f_{\max} = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E_{AL} \cdot I_y} = \frac{980,7 \text{ N} \cdot 1,065^3 \text{ m}^3}{3 \cdot 7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \cdot 82 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4} = 6,88 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 6,88 \text{ mm}$$

- Perfil de 45x135mm

$$f_{\max} = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E_{AL} \cdot I_y} = \frac{980,7 \text{ N} \cdot 1,065^3 \text{ m}^3}{3 \cdot 7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \cdot 324,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4} = 1,74 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,74 \text{ mm}$$

Como puede observarse se han obtenido dos resultados diferentes de flexión máxima en función del perfil a utilizar. Por lo tanto, interesa que el momento de inercia en el eje y, en donde se produce la flexión, sea lo más grande posible para que flechte menos, de tal manera, que el perfil elegido será el de 45x135mm por lo comentado anteriormente.

Luego, se utilizan otros dos perfiles de 45x90mm, los cuales se podrán mover de manera vertical por los perfiles de 45x135mm en función de la altura del asiento para que así al efectuar el ensayo en fatiga se realice de la manera más perpendicular posible para no dañar ningún elemento; también, estos dos perfiles constan en su mitad de una chapa de sujeción de dimensiones de 90x90mm donde irá colocado el actuador eléctrico (Figura 12).

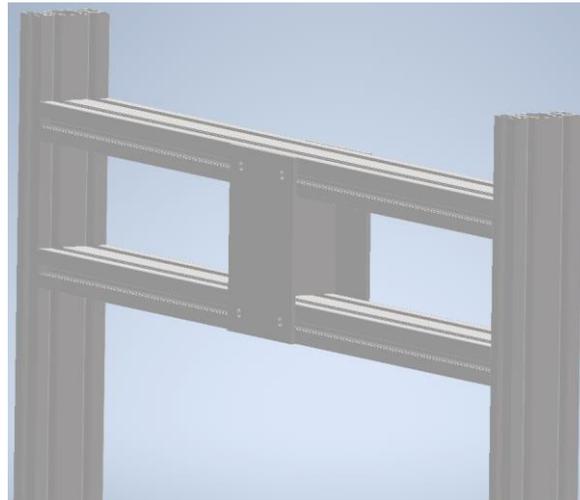


Figura 12: Estructura del banco de ensayos parte 2 [Fuente propia]

Una vez que se ha hablado de las partes que constituyen la estructura del banco de ensayos, se puede apreciar en la Figura 13 como ha quedado construida realmente.

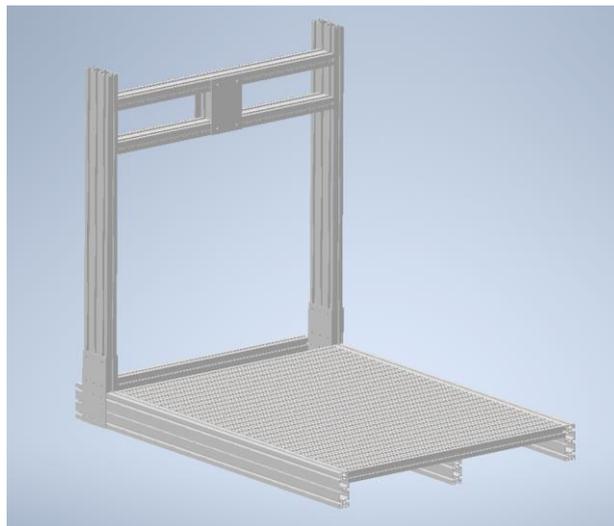


Figura 13: Estructura completa del banco de ensayos [Fuente propia]

Dentro de este orden de ideas se pasa a comentar los 8 elementos de sujeción y guiado empleados en el banco de ensayos. Dentro de estos se pueden diferenciar en que 4 están diseñados por el compañero de laboratorio Carlos Kaehler Pardo por medio de impresión 3D utilizando para ello el software de Catia y los restantes son comerciales.

Se empezará a nombrar los elementos desde la zona trasera del actuador hasta la zona delantera de la célula de carga, por lo que la primera pieza consiste en una realizada en impresión 3D, cuya finalidad es la de unir la chapa de sujeción de la estructura con el actuador. De tal manera, que consta de 4 agujeros de M6 para poder atornillarla a la chapa y también se ha diseñado con un saliente en el medio para un pasador de 9mm que es una de las piezas comerciales al igual que la charnela hembra estrecha, las cuales sirven para juntar la estructura de la placa con el actuador. A continuación, en la Figura 14 se puede observar la pieza en 3D comentada y sus dimensiones correspondientes se encuentran en el anexo 4 “Planos de las piezas en 3D”.

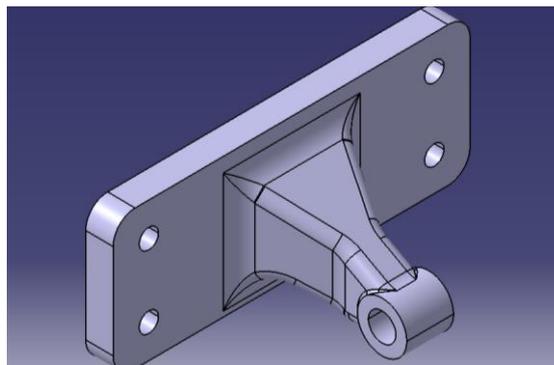


Figura 14: Pieza en 3D para la unión de la chapa con el actuador [Fuente propia]

Las siguientes piezas por comentar serán el pasador y la charnela hembra estrecha ambas de la marca SMC, este consiste en un elemento fijo cilíndrico que se introduce en los orificios de la charnela y para su fijación se emplea una arandela partida en ambos extremos. Además, la charnela a su vez presenta unos tornillos, los cuales se enroscan en la parte trasera del actuador. Ahora bien, en la Figura 15 se puede apreciar la unión entre el pasador y la charnela hembra estrecha, mientras que en la Figura 16 se observa en la zona trasera del actuador la agregación de las 3 piezas citadas anteriormente.



Figura 15: Unión pasador con charnela hembra estrecha [Fuente propia]



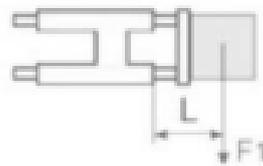
Figura 16: Unión de la zona trasera del actuador [Fuente propia]

El siguiente elemento del que se hablará será la guía GUM, cuyo objetivo es el de absorber las cargas transversales (eje y) que le llegan al actuador eléctrico, ya que éste sólo trabaja con cargas axiales (eje x). Por lo tanto, la función que presenta este elemento es la de proteger al actuador eléctrico frente a cargas transversales y esfuerzos cortantes.

El modelo seleccionado para asegurar al actuador eléctrico será GUM(F)50-300-LEY40, se eligió GUM debido a que el tipo de guía que presenta es de casquillo de fricción y es recomendable para ejes lineales, los demás parámetros que presenta se escogerán en función del tipo de actuador eléctrico elegido.

Se puede encontrar más información sobre ella en el anexo 1 “Especificaciones técnicas de los elementos” y añadir que no ofrece un bloque de sujeción, debido a que sólo es adecuado si se tiene una carrera superior o igual que los 500mm.

A continuación, se muestra en la Figura 17 como la guía puede adoptar dos posiciones y dependiendo de cual se elija, se emplean unas ecuaciones u otras para determinar cuanta carga transversal es capaz de soportar.



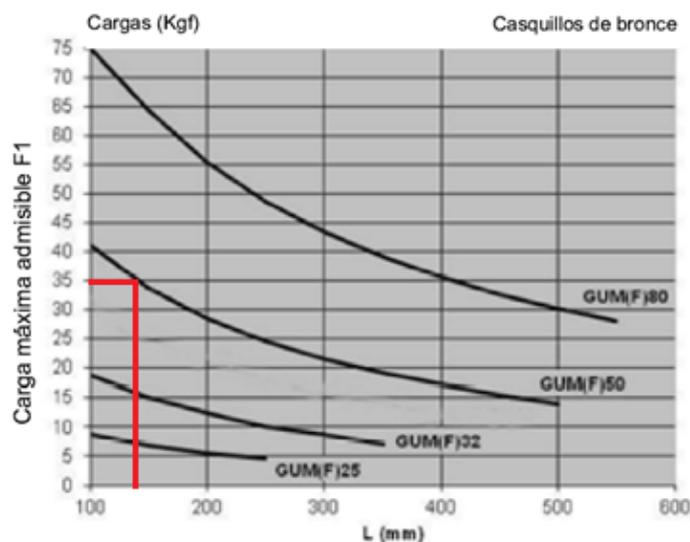
En dinámico:  $F1$  ver gráficos  
En estático:  $F3 = F1 \times 2$



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

Figura 17: Posición de la guía GUM [44]

El posicionamiento elegido será el correspondiente al de la derecha en la Figura 17, por lo tanto, habrá que regirse por dichas ecuaciones, pero la que interesa es la dinámica ya que es la relacionada con el ensayo de fatiga. También a parte de la ecuación hay que tener en consideración la Gráfica 1, la cual se emplea para decretar que carga es la máxima admisible en función de la longitud a la que se lleva al actuador.



Gráfica 1: Gráfica Longitud (mm) vs Carga máxima admisible F1 (Kgf) [44]

Por ejemplo, si se mueve el actuador hasta una longitud ( $L$ ) de 140mm se tendrá una carga máxima admisible ( $F1$ ) de 35Kgf, por lo tanto, empleando la ecuación anterior se obtiene un valor ( $F2$ ) de 31,5Kgf que es capaz de aguantar la guía GUM.

Cuando se realice el montaje de la guía con el actuador eléctrico no será necesario emplear el conector roscado entre el acoplamiento y el vástago, puesto que el actuador en cuestión presenta una rosca macho y se podrá realizar la unión directamente, para hacerse una mejor idea de lo comentado se ilustra en la Figura 18.

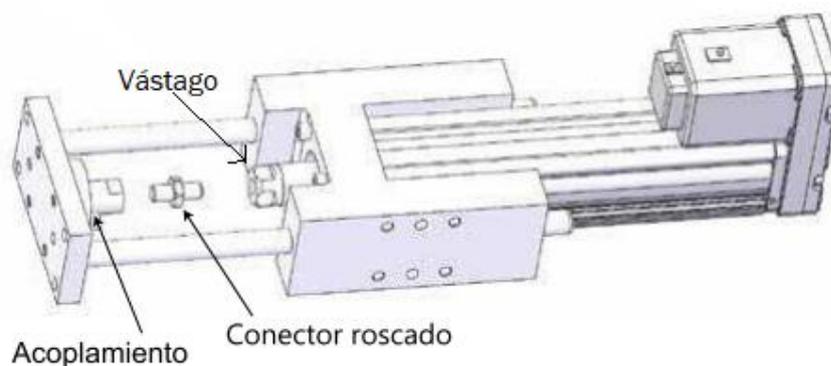


Figura 18: Montaje guía GUM con actuador [44]

La siguiente de la que se hablará será una pieza fabricada en impresión 3D, cuyo propósito es la de vincular la guía GUM con la célula de carga, para ello dispone de unos agujeros de M8 que se atornillan en la guía y a parte presenta un orificio de M16 para enroscarlo con la célula, el cual se encuentra delimitado para que cuando se produzca la unión entre ambos no se llegue al final de la célula de carga y no la ocasione algún tipo de daño. Por un lado, en la Figura 19 se puede ver el diseño de la pieza en 3D y por otro lado, se enseña en la Figura 20 el montaje de ambos componentes.

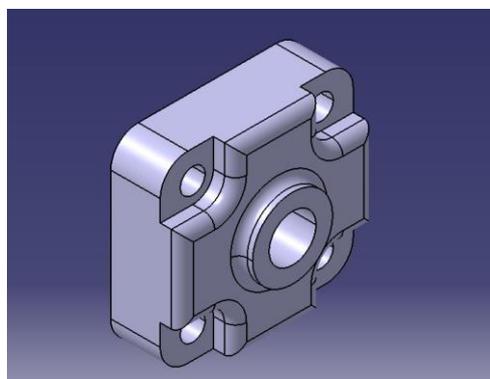


Figura 19: Pieza en 3D para la unión entre la guía y la célula [Fuente propia]



Figura 20: Montaje entre la zona delantera del actuador y la trasera de la célula [Fuente propia]

Para concluir se comentarán las 3 piezas restantes, 2 de ellas diseñadas en impresión 3D y otra de tipo comercial. Una de las piezas en 3D sirve para realizar la unión entre la célula de carga y la pieza que hace contacto con el respaldo. Por un lado, esta primera presenta 4 orificios de M8 para atornillarla con la otra y también tiene un agujero de M16 para enroscarlo a la célula como puede verse en la Figura 21.

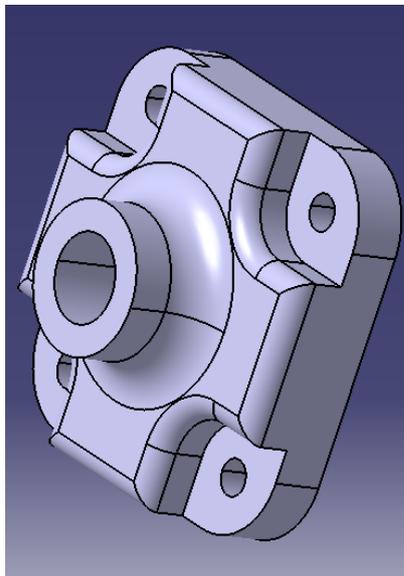
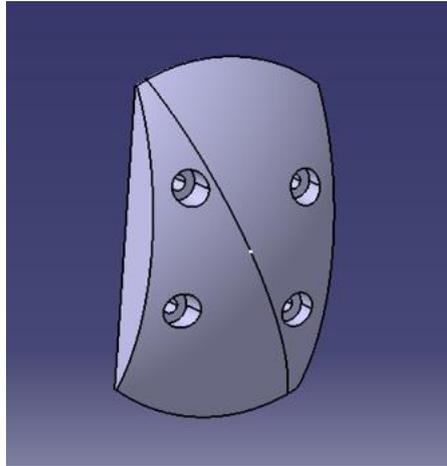


Figura 21: Pieza en 3D entre la unión de la célula y la pieza de contacto con el asiento [Fuente propia]

Por otro lado, se encuentra la pieza en 3D que efectúa el contacto con el asiento, la cual se ilustra en la Figura 22 y tiene unos taladros de M8 como bien se ha dicho antes para unirla con la otra pieza en cuestión.



*Figura 22: Pieza en 3D que hace el contacto con el asiento [Fuente propia]*

Finalmente, este montaje no se llevó a cabo por la longitud del conjunto, debido a que puede ocasionar unos momentos flectores superiores a 125 Nm y causar daños a la célula, por lo que se optó por colocar una rótula con una rosca en la parte delantera de la célula, de tal manera que así se reduce la longitud al igual que los momentos flectores y si se visualiza nuevamente la Figura 20 se puede apreciar que es el montaje llevado a cabo.



## 4.2. Componentes eléctricos-electrónicos

En este apartado, se citarán y se explicarán los componentes necesarios para realizar el ensayo de fatiga, ya sean los que se encuentran en la estructura como los que están en el cuadro eléctrico.

### 4.2.1. Actuador [19]

Elemento principal del banco de ensayos y antes de mencionar el modelo elegido, se presentan una serie de características que han sido determinantes para la selección de él.

- El actuador seleccionado será del tipo eléctrico, aunque su precio es un poco más elevado que el resto, no necesita de mucho mantenimiento, presenta una vida útil duradera y es sencillo operarle.
- La carrera del actuador deberá ser lo suficientemente amplia para que se pueda realizar correctamente la prueba de fatiga al asiento, por lo tanto, estará comprendida entre los 300 y 500mm.
- Los actuadores pueden presentar dos configuraciones, las cuales son con o sin vástago y la diferencia es que si no tienen vástago es que no es necesario la presencia de una guía, ya que están diseñados para soportar cargas en todas las direcciones eso sí de pequeño valor, por consiguiente, se ha elegido la opción con vástago como puede comprobarse en el anterior apartado al hablar de la guía GUM elegida.

Una vez establecidas las características para su selección, se ha tenido también en cuenta la de elegir un producto estandarizado y normalizado, ya que a la hora de requerir recambios o cualquier accesorio adicional será más fácil de conseguir que si por ejemplo se mandara fabricar uno desde cero.

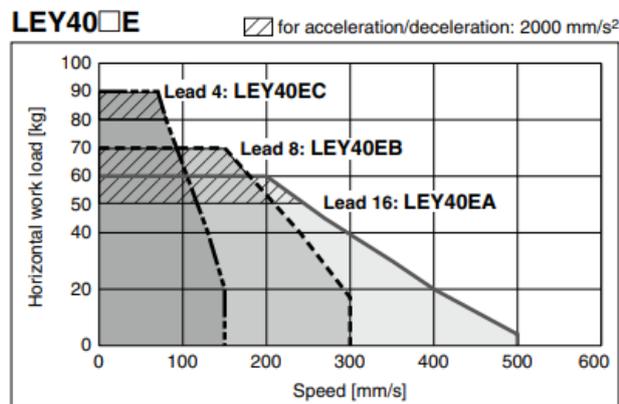
En conclusión, el actuador eléctrico elegido será de la marca SMC, ya que es una empresa en el sector especializada en la automatización y que presenta un gran abanico de posibilidades, por lo tanto, se ha optado para el banco de ensayos el actuador eléctrico LEY40-EC-300WMD-R5 C6181 debido al cumplimiento de todas las características mencionadas antes.

Este actuador es capaz de trabajar en 2 procedimientos diferentes de funcionamiento, el primero será el de control de posicionamiento y el segundo se trata del control por fuerza. A continuación, se procederá a la realización de un ejemplo para ver cómo se determina cada modo, pero habrá que dirigirse al anexo 1 “Especificaciones técnicas de los componentes” para conocer más información del actuador.

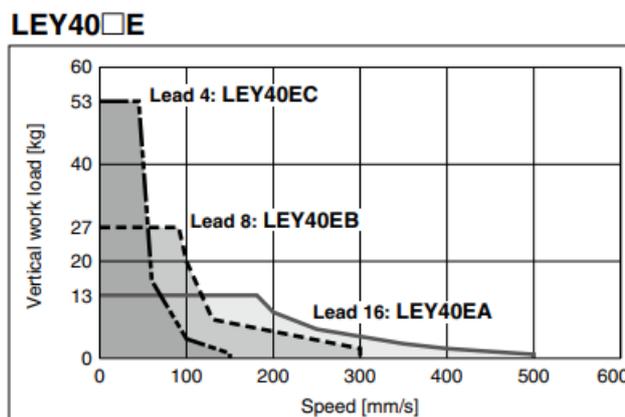
- Control de posicionamiento

Este método consiste en llevar el vástago del actuador a una posición determinada, por lo tanto, si se pretende desplazar un objeto a una distancia habrá que seguir los siguientes pasos:

- Paso 1: Comprobar la relación existente entre la carga de trabajo (Kg) y la velocidad (mm/s). También hay que tener en cuenta la posición del actuador, ya que la carga de trabajo que se puede aplicar no es la misma como pueden verse en las Gráficas 2 y 3.



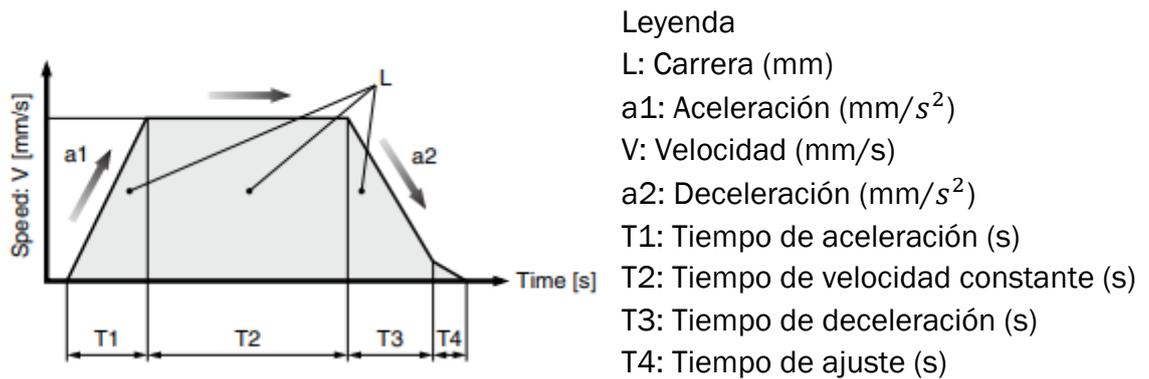
Gráfica 2: Carga de trabajo en la posición horizontal del LEY 40EC [19]



Gráfica 3: Carga de trabajo en la posición vertical del LEY 40EC [19]

Como puede verse en la Gráfica 2, para una máxima aceleración/deceleración de 3000 mm/s<sup>2</sup> la carga de trabajo será de 80Kg, mientras que si se pretende alcanzar una carga de trabajo de 90Kg (máxima) habrá que reducir la aceleración/deceleración a 2000 mm/s<sup>2</sup>.

- Paso 2: Verificar el tiempo de ciclo, puesto que el vástago no alcanza la posición de manera inmediata, sino que durante un ciclo presentará una aceleración, un mantenimiento de la velocidad y una deceleración. De tal forma, que esto se puede visualizar en la Gráfica 4 con su leyenda indicada y con las Ecuaciones 2, 3, 4 y 5 se puede calcular el tiempo total del ciclo.



Gráfica 4: Partición de la aceleración/deceleración y velocidad [19]

$$T1 = \frac{V}{a_1} [s] \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$T2 = \frac{L - 0.5 \cdot V \cdot (T1 + T3)}{V} [s] \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$T3 = \frac{V}{a_2} [s] \quad (\text{Ecuación 4})$$

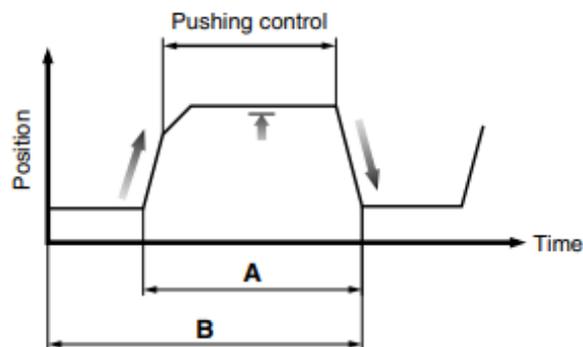
$$T4 = 0.2 [s] \quad (\text{Ecuación 5})$$

El tiempo de ajuste (T4) dependerá de varios factores como puede ser el tipo del motor, el posicionamiento y la carga, por lo tanto, se decreta un valor de 0.2s para este tipo de actuadores sin importar el tamaño de ellos.

- Control por fuerza

Este procedimiento se llevará a cabo siguiendo los 3 pasos siguientes:

- Paso 1: Comprobar el “Duty ratio”, que consiste en cuanta fuerza se está ejerciendo durante un ciclo y sucede igual que el tiempo de ciclo, es decir, que la fuerza que debe realizarse no se alcanza al instante, sino que tiene un tiempo inicial de respuesta hasta lograr la posición deseada en donde se aplica dicho valor de fuerza. Por un lado, para una mejor comprensión de lo hablado se puede observar la Gráfica 5 con su leyenda correspondiente y por otro lado para calcularlo se emplea la Ecuación 6.



Gráfica 5: Fuerza aplicada en un ciclo [19]

Leyenda

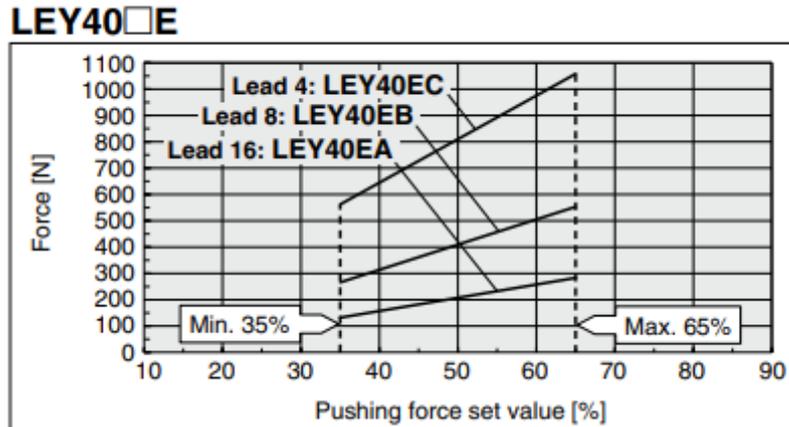
A: Tiempo de aplicación de la fuerza (s)

B: Tiempo de ciclo (s)

$$\text{Duty ratio} = \frac{A}{B} \cdot 100[\%]$$

(Ecuación 6)

- Paso 2: Verificar la fuerza de empuje, para ello habrá que apoyarse en la Gráfica 6, la cual determina la relación entre la fuerza de empuje (%) con el valor de la fuerza (N). Luego, con dicho porcentaje seleccionado se observa la Tabla 5, de tal forma, que se podrá conocer el duty ratio y por cuanto tiempo el actuador es capaz de aplicar dicha fuerza.



Gráfica 6: Conversión entre la fuerza de empuje y la fuerza [19]

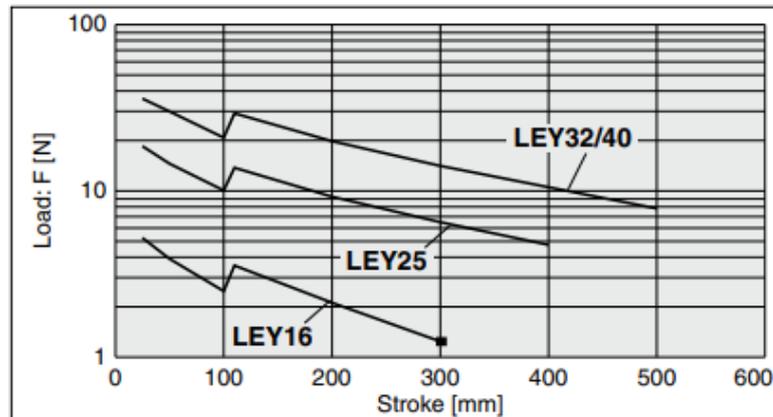
Ambient temperature	Pushing force set value [%]	Duty ratio [%]	Continuous pushing time [min]
40°C or less	65 or less	100	No restriction

Tabla 5: Relación entre fuerza de empuje y duty ratio [19]

Una vez recopiladas la Gráfica 6 y la Tabla 5 se puede comprobar que para un 35% (mínimo) del valor de fuerza de empuje equivale a unos 562N y para el 65% (máximo) corresponde con 1058N; entre ese intervalo se tendrá un duty ratio del 100% y se podrá aplicar sin ningún tipo de restricción.

Se señala el duty ratio para no llevar el motor del actuador hasta su límite más extremo, es decir, que no alcance una elevada temperatura el motor porque puede ocasionar daños en él. También, presenta un limitador de intensidad capaz de adquirir un valor de la fuerza de manera indirecta, aunque se empleará una célula de carga que es la encargada de medir la fuerza directamente, pero se hablará de ella más tarde.

- Paso 3: Cerciorarse de que la carga lateral esté situada en el extremo del vástago, ya que se podría dañar al actuador en cuestión. Por lo tanto, con la Gráfica 7 se determina cuanta carga lateral puede aguantar el extremo del vástago en función de la carrera del actuador, pero como bien se ha mencionado con anterioridad se acopla una guía GUM para protegerle de ellas.



Gráfica 7: Carga lateral soportada por el actuador LEY 40 [19]

Este actuador presenta un motor paso a paso de 24VDC, el cual se caracteriza por su alta precisión y es capaz de situar al eje en cualquier posición debido a que presenta varios pasos o ángulos, es decir, un mayor número de pasos equivale a una mayor exactitud. [33]

Además, posee un encoder absoluto sin batería con el cual el eje alcanza la posición deseada con una elevada precisión debido a unos ciertos datos de posición y a diferencia del encoder absoluto tradicional, estos tienen la ventaja de continuar con la última posición en donde se ha detenido sin tener que regresar al origen, es decir, guarda la posición actual si se produce un corte en el suministro de energía o bien se presiona la seta de emergencia. Asimismo, con el no empleo de las baterías no requiere ningún tipo de mantenimiento como bien se ha comentado con anterioridad. [19]

Este actuador también tiene a mayores como sistema de transmisión el conjunto formado por el husillo de bolas más la correa y para ver más detalles acerca de él dirigirse al anexo 1 “Especificaciones técnicas de los componentes”.

En primer lugar, se habla del husillo de bolas, el cual es capaz de transformar un movimiento rotacional en uno lineal teniendo unas escasas pérdidas por la fricción. Está constituido por un eje roscado y por una tuerca que presenta una serie de diminutos rodamientos de bolas en su parte interna, de tal forma, que cuando se requiere mover al vástago del émbolo se hace con una elevada precisión debido a la colocación entre el eje y las tuercas. [38]



En segundo lugar, se comenta la correa dentada que presenta una cantidad de dientes con unos espacios uniformes y orientados perpendicularmente al eje de la correa situados en su perfil para acoplarse tanto a la polea del motor como a la polea del eje del tornillo. No van a depender de la fricción para transmitir torsión, sino del acoplamiento positivo de los dientes con los de las respectivas poleas. [34]

En conclusión, con el empleo del husillo de bolas aparte de lograr una mayor precisión y poder realizar movimientos verticales, se obtiene una elevada capacidad de carga, una importante fuerza de empuje y un mejor manejo del par, mientras que con el uso de la correa dentada se consigue una disminución del ruido.

#### 4.2.2. Controlador [23]

Este dispositivo consiste en el intermediario para establecer la comunicación entre el actuador y el NUC, este último elemento consiste en un PC reducido desempeñando a la perfección su función, aunque no permita realizar almacenamiento debido a que no posee una tarjeta de RAM.

El modelo que se elegirá será de la serie JXC puesto que es compatible con el motor paso a paso de 24 VDC del propio actuador. Dentro de la familia de los JXC se elegirá concretamente el modelo JXC91 porque tiene como red de bus de campo Ethernet/IP, de tal manera que con este protocolo se realiza la comunicación con el software de LabVIEW, dicho proceso de conexión se desarrollará en el siguiente capítulo.

A parte de los puertos de ethernet que presenta y otros a mayores, los cuales se podrán ver en el anexo 1 “Especificaciones técnicas de los componentes”, tiene uno de 8 polos de Entradas/Salidas llamado SI en donde se acopla el cable JXC-W2 y a través del software de configuración ACT Controller 2 que permite efectuar la configuración de parámetros y movimientos, la eliminación de alarmas, la monitorización del estado de las señales... Este software es de gran utilidad en un primer paso para mover el actuador y ver que todo funciona correctamente, pero al fin y al cabo como se debe usar el protocolo Ethernet/IP se utilizará un programa en LabVIEW, en el cual se implementen las mismas o similares funciones que se puedan hacer en el ACT Controller 2.

En resumidas cuentas, el controlador estará conectado al actuador tanto por el cable del motor como por el cable de bloqueo, que se podrá observar en el esquema eléctrico mostrado en el anexo 5 “Planos del circuito eléctrico” y comunicado con el NUC (mini PC) punto a punto con un cable de ethernet.

Luego, mediante el programa de LabVIEW se le enviarán al controlador los correspondientes comandos, por ejemplo: posición, velocidad, fuerza de empuje... Finalmente, este los interpreta y se los comunica al actuador por medio de los dos cables mencionados antes para ejecutar el movimiento que se desea hacer sobre él.

Para hacerse una idea de lo comentado, se muestra un ejemplo en la Figura 23 de un esquema de la estructura de las conexiones entre el actuador, el controlador y el NUC (mini PC).

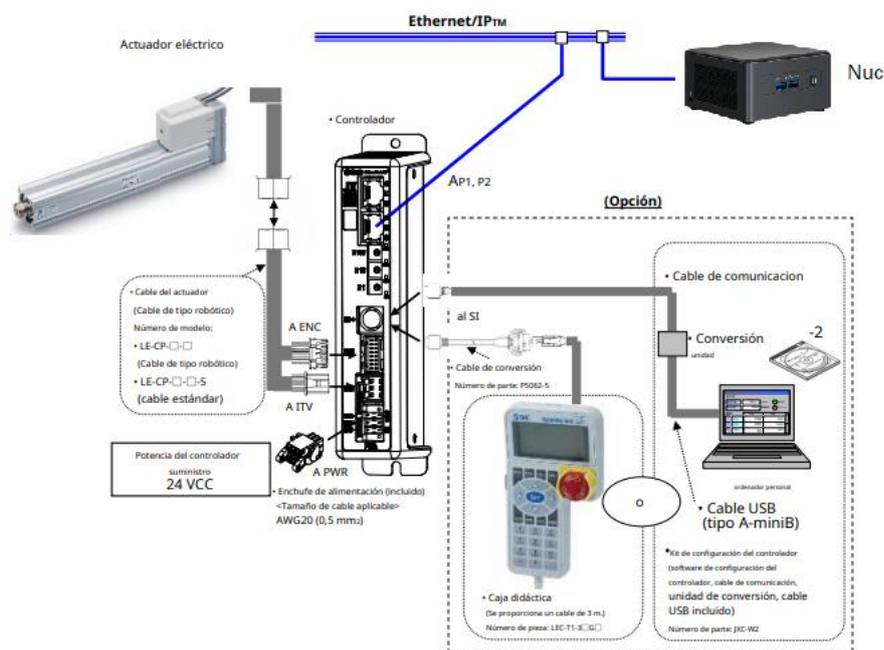


Figura 23: Ejemplo de la estructura de las respectivas conexiones [Fuente propia]

Normalmente, el actuador y el controlador se venden juntos, aunque también puede darse el caso de que se vendan separados. De todas formas, la combinación entre ambos debe ser la correcta, es decir, que sus respectivas referencias deben coincidir entre sí. Por consiguiente, se refleja en la Figura 24 la etiqueta con el modelo del actuador y en la Figura 25 se ilustra otra etiqueta en donde viene el tipo de actuador que se puede conectar al respectivo controlador.

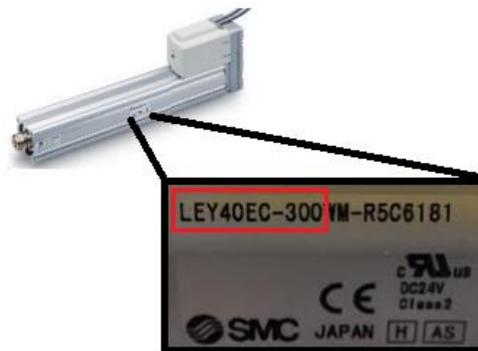


Figura 24: Etiqueta con el modelo del actuador [Fuente propia]



Figura 25: Etiqueta del tipo de actuador al que el controlador puede conectarse [Fuente propia]

Acto seguido se recopilarán algunas características de interés del controlador, aunque para más información acerca de él habrá que irse al anexo 1 “Especificaciones técnicas de los componentes”.

- Posibilidad de controlar la fuerza de empuje que tiene el actuador.
- La compatibilidad con el motor paso a paso de 24 VDC permite realizar tanto la operación de posicionamiento como la de velocidad y fuerzas específicas.
- El suministro energético se encuentra dividido en dos, por lo tanto, alimenta por separado tanto a la fuente de alimentación del motor como a la fuente de alimentación de control. De tal manera, si por algún casual se desconecta la fuente del motor y no se apaga la fuente de control, los datos de la posición del codificador no se extravían y además la comunicación Ethernet/IP seguirá estando operativa.
- La aparición de algún tipo de anomalía se detecta inmediatamente, es decir, las alarmas se guardan en la memoria del controlador y éstas se envían por medio del protocolo de Ethernet/IP.

### 4.2.3. Célula de carga

Este elemento presenta un papel importante en el banco de ensayos, ya que sin ella no se podría conocer la cantidad de carga que se estaría ejerciendo sobre el respaldo del asiento durante el ensayo.

Está compuesta por 4 galgas extensiométricas situadas en posición de puente de Wheatstone, por lo tanto, esta colocación es adecuada para la medición de fuerzas ya sean a tracción o a compresión, debido a que al efectuar una fuerza independientemente del tipo que sea su resistencia se ve alterada convirtiendo esa medida de fuerza en una medida eléctrica, todo esto se explicará con cierto grado de detalle más adelante.

Sin embargo, hay que mencionar que la señal de salida que proporciona la célula no es muy apropiada para realizar las mediciones oportunas, ya que es de un nivel bajo y presenta un cierto ruido. Para ello, se emplea un amplificador de medida, el cual será el siguiente elemento que comentar después de hablar primero de la célula de carga; este en cuestión tendrá la función de aumentar la señal de salida para así utilizar correctamente como bien se ha dicho los valores de salida provenientes de ella.

El modelo elegido de la célula de carga para el banco de ensayos es el U10M de la marca HBM, la cual tiene una capacidad máxima para medir fuerzas de 5KN y es adecuada además para realizar mediciones a altas velocidades, pero tampoco admite cargas transversales como el actuador, por lo tanto, se la protege entre dos rótulas como recomienda el fabricante.

A continuación, en la Figura 26 se puede observar el modelo seleccionado y en el anexo 1 “Especificaciones técnicas de los componentes” se encuentra más información sobre ella, por ejemplo: especificaciones, dimensiones y conexiones.



Figura 26: Célula de carga U10M5KN de HBM [Fuente propia]

Antes de argumentar en qué consiste el puente de Wheatstone, se deberán explicar las galgas extensiométricas presentes en él, las cuales son consideradas sensores de tipo resistivo y están fabricadas con hilo metálico o bien de un material semiconductor.

Cuando se deforman, ya sea por esfuerzos de tracción o de compresión, el valor de su resistencia se ve alterado, de tal manera, que se encuentran bajo el principio de funcionamiento piezorresistivo de metales y semiconductores, es decir, serán capaces de transformar la deformación que sufren en un cambio de resistencia eléctrica, el cual será el valor que habrá que medir y su resistividad se ve alterada en función de cuanto se hayan deformado, del tipo de material y el diseño que se haya adoptado. Para hacerse una idea de lo que es una galga extensiométrica se puede ver la Figura 27, en donde el eje principal será el que sufra la correspondiente deformación al esfuerzo de tracción o al de compresión. [24]

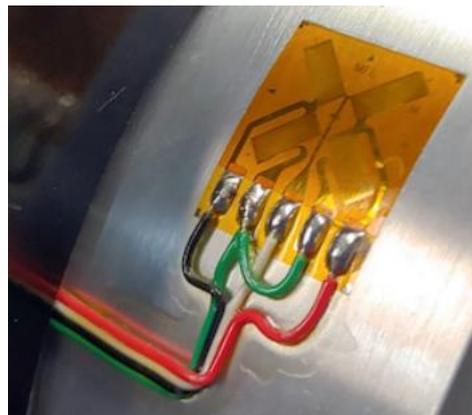


Figura 27: Galgas extensiométricas en puente de Wheatstone [24]

Teniendo en cuenta un hilo metálico de una longitud  $l$ , con una sección transversal  $A$  y una resistividad  $\rho$ , la resistencia eléctrica  $R$  que se obtiene se rige por la Ecuación 7.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Como se puede apreciar en la Ecuación 7, si se modifica el valor de la longitud ( $l$ ) se verá afectada tanto la sección ( $A$ ) como la resistencia eléctrica ( $R$ ). Por consiguiente, si el material no se cambia la resistividad ( $\rho$ ) quedará constante por lo que la resistencia quedará pendiente en función de la longitud ( $l$ ) y de la sección ( $A$ ). Entonces, cuanto mayor longitud ( $l$ ) quedará una sección ( $A$ ) menor, pero una mayor resistencia eléctrica ( $R$ ), en cambio, si se disminuye la longitud ( $l$ ) aumentará la sección ( $A$ ) y a su vez se reducirá la resistencia eléctrica ( $R$ ). [2]

La galga extensiométrica es considerada un elemento pasivo, por lo que necesitará ser alimentada por una fuente de alimentación para así obtener voltaje, ya que este será el correspondiente valor que medir. Este proceso se realiza con el cable 1-KAB157-3 (Figura 28) que se conecta a la célula de carga y también irá conexionado con respecto a la correspondiente serigrafía de colores del amplificador de medida previamente mencionado, el cual será el siguiente elemento por explicar.



Figura 28: Cable 1-KAB157-3 [Fuente propia]

Las deformaciones que sufren las galgas extensiométricas son muy pequeñas, al igual que sucede tanto con su resistencia como con su señal de salida. Entonces, será necesario emplear un sistema de medida, el cual está dividido en 3 partes: adquisición de datos, procesamiento de datos y distribución de datos.

El puente de Wheatstone consiste en un circuito eléctrico encargado de obtener el valor de la resistencia eléctrica en función de la deformación de las galgas extensiométricas. Este presenta las dos siguientes configuraciones para medir la resistencia eléctrica: [20]

- Establecer el valor absoluto de una resistencia realizando comparaciones con otra resistencia de valor conocido.
- Decretar modificaciones relativas en la resistencia.

El utilizado para las galgas extensiométricas es el segundo, debido a que presenta una elevada exactitud ante cambios relativos en las resistencias de las galgas extensiométricas, en torno a los  $10^{-4}$  y  $10^{-2}$   $\Omega/\Omega$ . [20]

A continuación, en la Figura 29 se ilustra un puente de Wheatstone con una configuración de las galgas extensiométricas para hacer mediciones de deformación ante esfuerzos a tracción y a compresión.

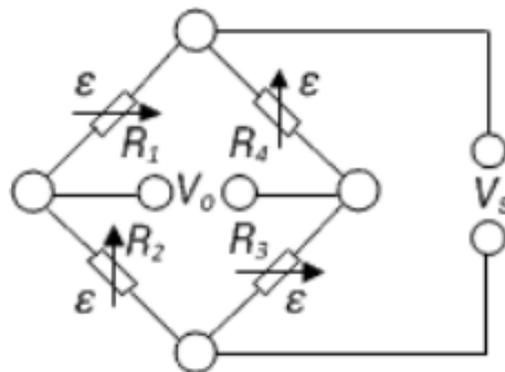


Figura 29: Puente de Wheatstone [20]

En definitiva, las galgas extensiométricas que forman el puente de Wheatstone deben ir colocadas en unos apoyos de la célula de carga (Figura 30), los cuales tendrán que poseer de una gran resistencia porque tendrán que poder aguantar con la máxima carga que se pueda aplicar, por lo tanto, cuanto mayor sea la resistencia se requerirá de una fuerza mayor para deformarlo.



*Figura 30: Interior de una célula de carga [Fuente propia]*

#### 4.2.4. Amplificador de medida

Este instrumento en concreto está destinado a tratar señales eléctricas de un bajo nivel por lo que es fundamental en la parte de acondicionamiento en la etapa de adquisición de datos que se desarrollará en el siguiente capítulo, debido a la amplificación de la señal proveniente del sensor que en este caso serán las galgas extensiométricas situadas en la célula de carga. [3]

La función que presenta es la de aumentar la señal de salida eléctrica del sensor y como sus entradas son muy débiles tendrá que poseer una alta ganancia, la cual pueda ser regulable de manera simple por medio de un control. [37]

El modelo seleccionado para formar parte en la etapa de adquisición de datos será el AE101 de la marca HBM, el cual es idóneo para medir magnitudes mecánicas como pueden ser: la fuerza, la presión, la deformación, entre otras. Este tipo de amplificador es adecuado para puentes completos de galgas extensiométricas (Figura 31), tiene una precisión del 0.1 y el ajuste de la ganancia se realiza por medio de potenciómetros e interruptores DIP (Dual In-line Package). [6]

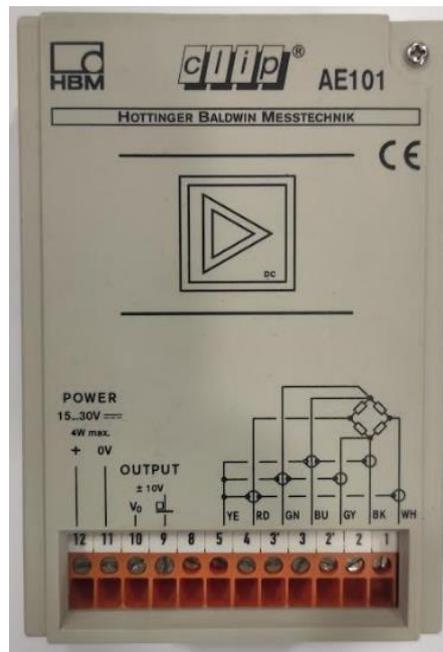


Figura 31: Amplificador de medida AE101 de HBM [Fuente propia]

Como se puede observar en la Figura 31, el amplificador de medida presenta un total de 12 pines, de tal manera que los pines del 1 al 5 son para conectar con el cable 1-KAB157-3 siguiendo la serigrafía de colores. Después, los pines 9 y 10 serán los que se conectan al DAQ para que este pueda adquirir los datos y finalmente, los pines 11 y 12 son los que se les suministra energía a través de una fuente de alimentación de 24V.

En el anexo 1 “Especificaciones técnicas de los componentes” se puede encontrar información acerca de las conexiones pertinentes del amplificador como otra información adicional.

Previamente se mencionó que para establecer el valor de la ganancia había que usar interruptores DIP (Dual In-line Package) y potenciómetros, de tal forma, que este amplificador de medida tiene una serie de rangos de ganancia en función de la tensión de excitación del puente fijada que podrán ser modificados con los elementos anteriores y recogidos en la Tabla 6.

AE101										
$V_E = 2.5 \text{ V}$	$V_E = 5 \text{ V}$	$V_E = 10 \text{ V}$	switch position S21							
mV/V	mV/V	mV/V	1	2	3	4	5	6	7	8
0.34-0.48	0.17-0.24	0.09-0.12	X						X	
0.44-0.64	0.22-0.32	0.11-0.16	X							X
0.60-0.84	0.30-0.42	0.15-0.21		X					X	
0.78-1.1	0.39-0.55	0.20-0.28		X						X
1.04-1.46	0.52-0.73	0.26-0.37			X				X	
1.36-1.94	0.68-0.97	0.34-0.49			X					X
1.80-2.56	0.90-1.28	0.45-0.64				X			X	
2.36-3.38	1.18-1.69	0.59-0.85				X				X
3.12-4.46	1.56-2.23	0.78-1.12					X		X	
4.14-5.88	2.07-2.94	1.04-1.47					X			X
5.46-7.76	2.73-3.88	1.37-1.94						X	X	
7.22-10.26	3.61-5.13	1.81-2.57						X		X

Tabla 6: Rango de ganancias en función de la tensión de excitación del puente [6]

Teniendo en consideración el valor de la sensibilidad de la célula de carga de 1.2131 mV/V y la tensión de excitación del puente de 5V se determinará con ambos valores el rango comprendido, el cual estará entre el 1.18-1.69 mV/V y con la ayuda tanto de las teclas del interruptor DIP (S21) como con la regulación del potenciómetro (P22) se conseguirá la sensibilidad correspondiente a la de la célula de carga.

### 4.2.5. Componentes del cuadro eléctrico

Los elementos utilizados para la elaboración del cuadro eléctrico para el banco de ensayos se pueden apreciar en la Figura 32. Además, si se desea ver la conexión entre los diferentes dispositivos dirigirse al anexo 5 “Planos del circuito eléctrico”.

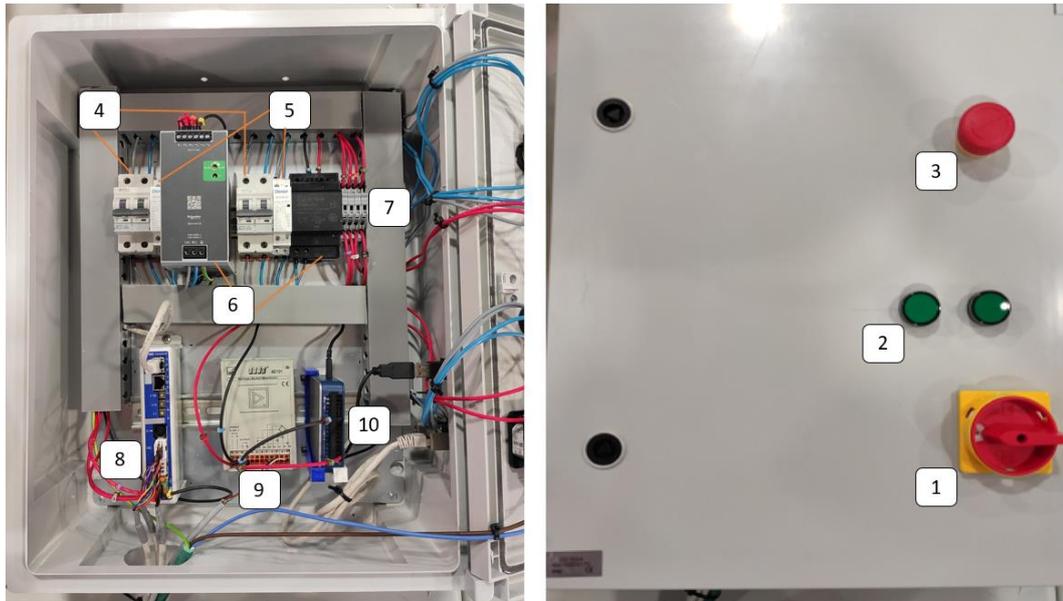


Figura 32: Cuadro eléctrico [Fuente propia]

A continuación, se recogen en la Tabla 7 los componentes que constituyen dicho cuadro eléctrico.

1	Interruptor general
2	Pilotos LEDs
3	Seta de emergencia
4	Interruptores magnetotérmicos
5	Contactores
6	Fuentes de alimentación
7	Fusibles
8	Controlador
9	Amplificador de medida
10	DAQ

Tabla 7: Elementos del cuadro eléctrico [Fuente propia]

## Capítulo 5: Adquisición de datos, software de control y realización del ensayo a fatiga

### 5.1. Adquisición de datos

Cuando se habla acerca de la adquisición de datos o también conocido con la abreviatura DAQ, se entiende que este elemento desempeña la función de recoger datos procedentes de fenómenos del mundo real y luego son almacenados y analizados por medio de un PC, el cual puede contener por ejemplo el entorno de programación NI LabVIEW. [1]

El sistema de adquisición de datos se encuentra dividido en 3 etapas (Figura 33) y compuesto por 4 componentes (Figura 34), los cuales se distribuyen en las diferentes etapas y establecen la correspondiente cadena de medida.



Figura 33: Etapas del sistema de la adquisición de datos [Fuente propia]



Figura 34: Componentes de la cadena de medida para la adquisición de datos [Fuente propia]

El modelo por el que se ha optado para realizar la adquisición de datos oportuna en la respectiva cadena de medida es el NI USB-6001, ya que permite el cambio de analógico a digital y presenta un acondicionamiento de señal. Además, se considera un dispositivo bastante flexible y con una gran variedad de aplicaciones, pero si se precisa de su funcionamiento deberá estar conectado a un PC por medio de un cable USB. [15]



## 5.2. Software de control

El software de control usado como bien se ha dicho en el anterior apartado es el NI LabVIEW, el cual contiene una serie de funciones que permiten desempeñar la adquisición de datos, análisis de medida y presentación de datos. Además, tiene la capacidad de establecer la comunicación pertinente entre el PC y todo tipo de dispositivo, en este caso será con el DAQ. [41]

Seguidamente, se recogen algunas de las características de interés del entorno de programación de LabVIEW. [27]

- Especializado en tareas de instrumentación electrónica
- Diseño de circuitos electrónicos
- Disminución de los costes de implementación por su método de trabajo
- Gran diversidad de bibliotecas integradas y específicas

El programa de LabVIEW consta de dos ventanas denominadas Panel Frontal y Diagrama de bloques. La primera consiste en reflejar una serie de indicadores, controles, terminales... en donde se podrá tanto manipular como visualizar datos (posición, velocidad, fuerza de empuje...), mientras que la segunda se basa en establecer funciones, subprogramas (subVIs) y otros tantos objetos presentes en LabVIEW que luego se representan en la primera ventana (Panel Frontal).

Por consiguiente, se puede apreciar una interfaz de usuario proporcionada por la compañía SMC (Figura 35) para el control del actuador, la cual sus elementos (indicadores, controladores, pulsadores...) serán explicados posteriormente y además se la ha tenido que añadir un par de funciones a mayores que se verán más adelante. [14]

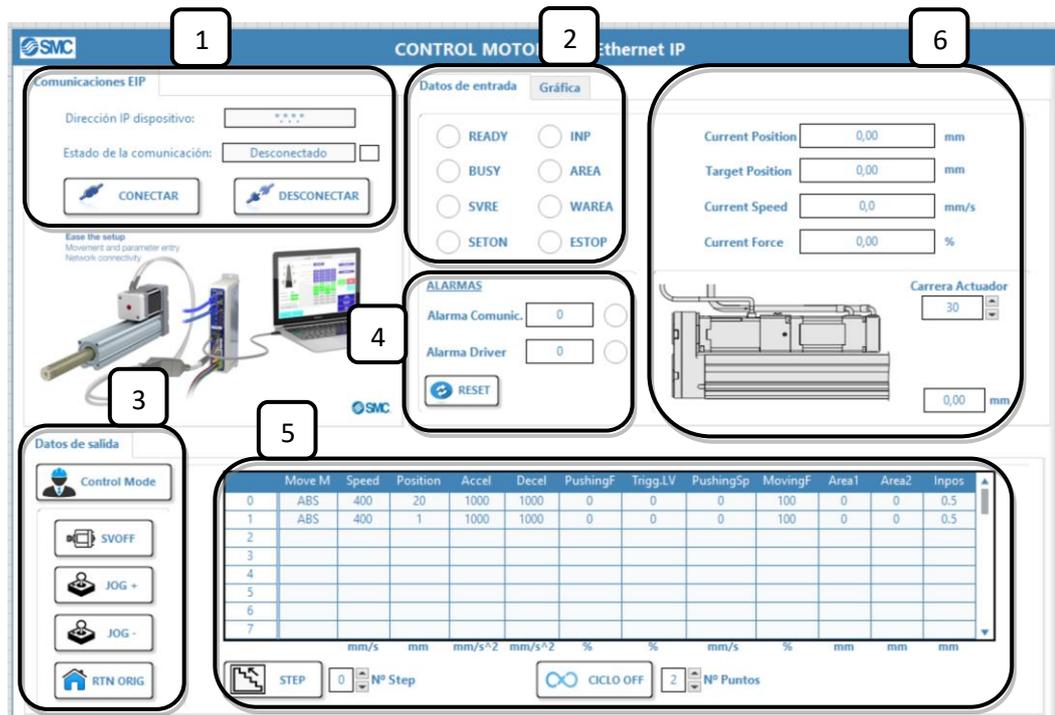


Figura 35: Interfaz de usuario de LabVIEW [Fuente propia]

## 1. Comunicaciones Ethernet/IP

### a. Dirección IP dispositivo

Indica el número de identificación establecida en el controlador JXC91.

### b. Estado de la comunicación

Muestra la conectividad entre el actuador y el controlador. Por un lado, se realiza la conexión entre ambos haciendo clic en el pulsador “Conectar”, mientras que por otro lado para la desconexión se hace en el botón “Desconectar”.



## 2. Datos de entrada

Se iluminan cada una de las entradas en color azul cuando se produce su respectiva activación.

### a. READY

Representa que se ha implantado la conexión entre el actuador y el controlador.

### b. BUSY

Se activa en el momento que el motor está en funcionamiento, es decir, cuando se encuentra girando.

### c. SVRE

Indica cuando el servomotor se ha encendido.

### d. SETON

Muestra que se ha regresado al origen.

### e. INP

Simboliza el movimiento completado por parte del actuador.

### f. AREA

Interpreta que el actuador se encuentra entre ambas áreas establecidas en la tabla de datos de paso.

### g. WAREA

Significa el área comprendida alcanzada por el actuador.

### h. ESTOP

Representa la indicación de la aparición de una alarma.



### 3. Datos de salida

Los modos serán Monitor mode y Control mode que se podrán elegir por medio del pulsador, el cual no es recomendable pulsar si el actuador se está activando.

#### a. Monitor mode

Forma para conocer el estado del controlador verificando la posición y la condición de alarma. Además, se encuentran deshabilitados: el botón de activación del servomotor, los botones jog+ y jog- para mover de forma manual al actuador y el pulsador de regreso al origen.

#### b. Control mode

Habilita la disposición para efectuar pruebas, de tal forma, que se activan los botones comentados en el anterior modo.

### 4. Alarmas

Se sitúan tanto la alarma de comunicación como la alarma del controlador, las cuales advierten de un fallo iluminándose en color rojo. Con respecto a la primera nos advierte de alguna conexión inexistente o mal realizada, mientras que la alarma del controlador informa de que se está excediendo la velocidad o que es imposible alcanzar cierta longitud.

Cuando se produce cualquier tipo de alarma se detiene el ensayo y para volver a ejecutar desde el principio todo se debe pulsar el botón de reset para eliminar la alarma.

### 5. Tabla con los datos de paso

Se pueden establecer varios puntos con diferentes datos de paso (movimiento, velocidad, posición...), los cuales el controlador interpreta y se los envía al actuador. Luego, con el botón step (escalón) se puede ejecutar cualquiera de esos puntos, mientras que con el botón de ciclos se recorren todos ellos de manera indefinida a no ser que ocurra una alarma.

## 6. Visualizador de valores

Se observa la posición actual en la que se encuentra el actuador. Luego, se muestra la posición destino a donde se pretende llevar al actuador y la velocidad con la que se desplaza para alcanzarla. Después, la fuerza de empuje que está realizando durante la operación. Finalmente, se puede especificar la distancia con la que realiza un paso y representar continuamente la posición en la que se encuentra.

Una vez comentada la interfaz de usuario, el siguiente paso será explicar algunas implementaciones necesarias en el diagrama de bloques. Por lo tanto, un aspecto para tener en cuenta a la hora de realizar un ensayo a fatiga es que se pretende hacer durante un número determinado de veces, de tal manera que se ha desarrollado la correspondiente función representada en la Figura 36 y en la Figura 37.

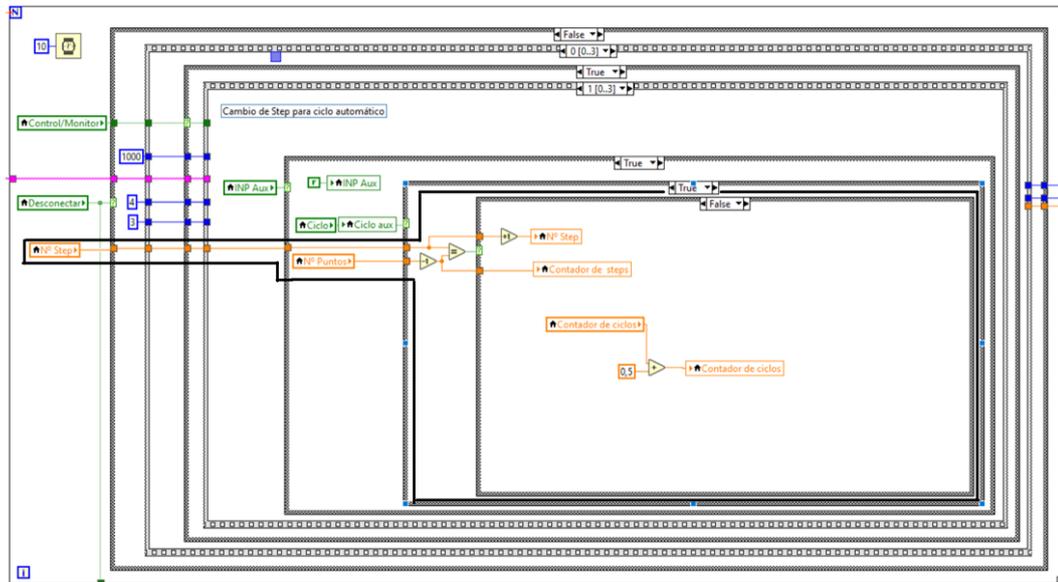


Figura 36: Función para contar el número de ciclos parte 1 [Fuente propia]

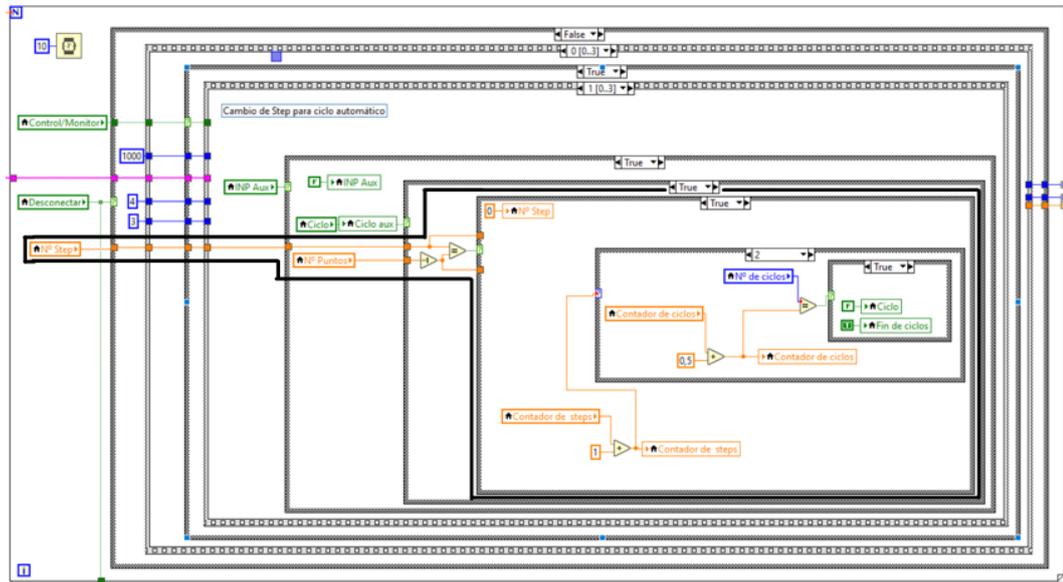


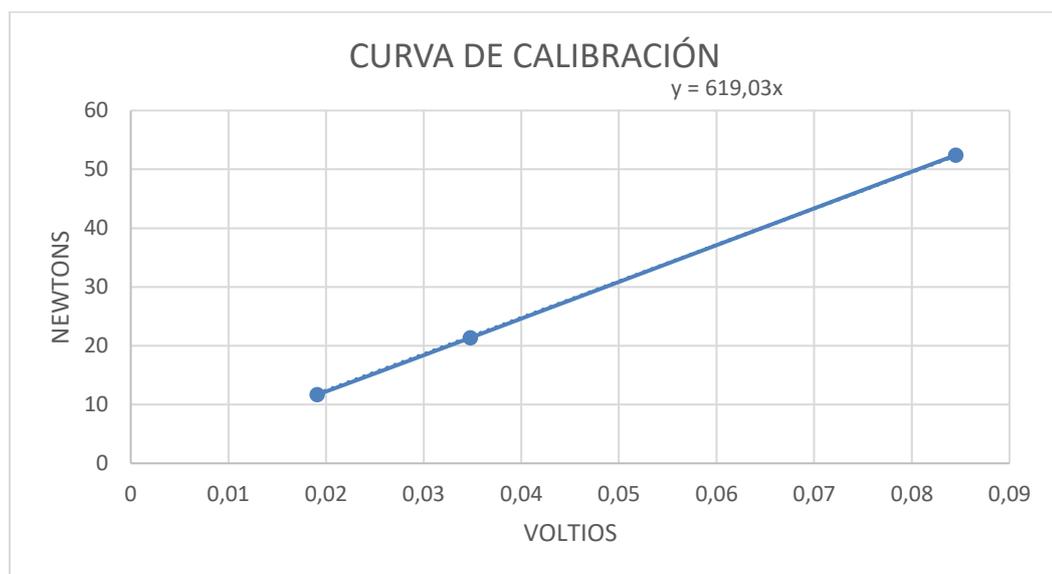
Figura 37: Función para contar el número de ciclos parte 2 [Fuente propia]

Esta función se encuentra recuadrada en la Figura 36 y en la Figura 37, cuya finalidad es la de contar el número de ciclos que se efectúan al ejecutar un ensayo de fatiga para que así finalice adecuadamente. Para ello coge el número de steps (escalones) y el número de puntos (restándole 1) haciendo una comparativa entre ambos.

A continuación, se explica un ejemplo para comprender mejor su funcionamiento. Como se ha mencionado antes primero se realiza una comparación entre el número de steps y el número de puntos, al cual se le resta uno. Luego, si los dos no coinciden estaremos en el caso falso (Figura 36), en donde se suma uno al número de steps y el contador de steps es igualado al número de puntos, ya habiéndole restado 1; también, en el mismo caso se le sumará medio ciclo para indicar que se ha llegado a una de las posiciones predeterminadas. Después, se vuelve a realizar la operación, pero esta vez tras sumarle 1 al número de steps coincide con el número de puntos, por lo tanto, estaremos en el caso verdadero (Figura 37), en el cual incrementamos en uno el contador de steps y en el momento que tenga valor 2 se introduce en el bloque sumándole medio ciclo y comparando con la cantidad de ciclos introducidos para ese ensayo. Finalmente, cuando se alcance dicho valor se detendrá el actuador y se iluminará el indicador de fin de ciclo.

Otra función importante que introducir será la de adquirir datos, pero para que sean fiables, lo primero que se tendrá que hacer es calibrar la célula de carga y para ello nos ayudaremos de los elementos que forman la cadena de medida; además, de un dinamómetro y unas pesas de laboratorio de 1Kg, 2Kg y 5Kg.

Cuando ya han sido conectados todos los elementos entre sí y configurados de manera correcta, se enrosca una rótula en la célula de carga por su cara más sensible sin llegar al final para así no ocasionar ningún tipo de daño en ella. Luego, se acopla un gancho en la rótula y en ese mismo el dinamómetro, en el cual en su otro extremo se coloca otro gancho para ir colocando individualmente las respectivas pesas y realizar la correspondiente tracción haciendo que sea perpendicular a la célula y al suelo. Cuando se vayan colocando las pesas se adquieren los milivoltios provenientes de la célula y se obtiene la curva de calibración (Gráfica 8) representada en Fuerza (N) vs Tensión (V).



Gráfica 8: Representación Fuerza vs Tensión de la Curva de calibración [Fuente propia]

La curva de calibración proporciona la Ecuación 8, la cual se utiliza en la función del diagrama de bloques de LabVIEW, que se verá y se explicará más adelante.

$$y = 619,03x$$

(Ecuación 8)

Antes de proceder a explicar cómo se realiza la adquisición de datos en el diagrama de bloques se tendrá que elaborar una función para hacer el conveniente tarado a la célula de carga, para que así los valores recogidos empiecen a contar desde los cero newtons. Por lo tanto, se puede ver en la Figura 38 que ambos valores de la célula al iniciar el programa se encuentran inicializados a cero dentro de una estructura de secuencia (flat sequence) y en otra estructura diferente (event structure) se sitúa el botón de tarar, el cual cuando se pulse cambiará su valor produciéndose así el correspondiente tarado y ya se puede efectuar el ensayo de fatiga.

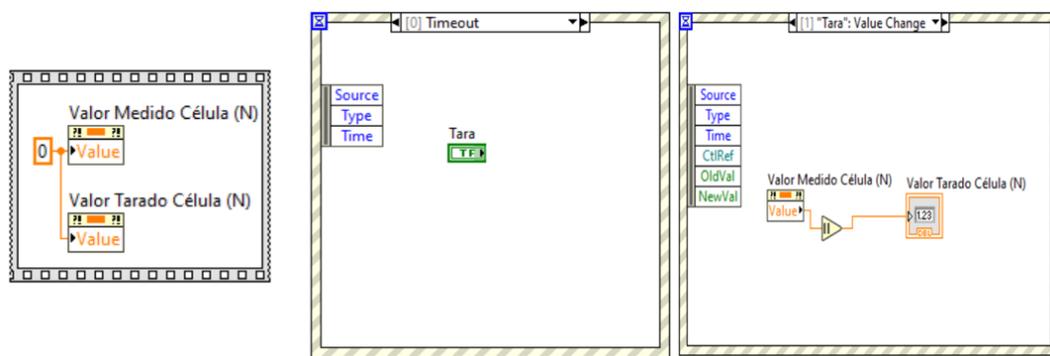


Figura 38: Función de tarado para la célula de carga [Fuente propia]

Una vez descrito el proceso de calibración de la célula de carga y la función de tarar, lo siguiente a abordar será explicar la adquisición de datos mediante la Figura 39 y la Figura 40.

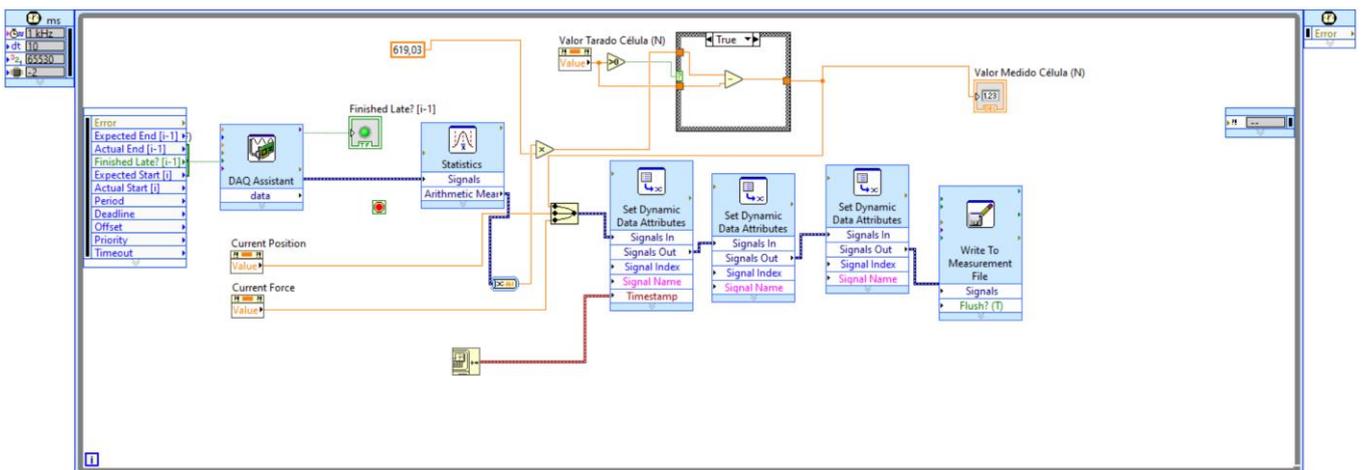


Figura 39: Función de adquisición de datos parte 1 [Fuente propia]

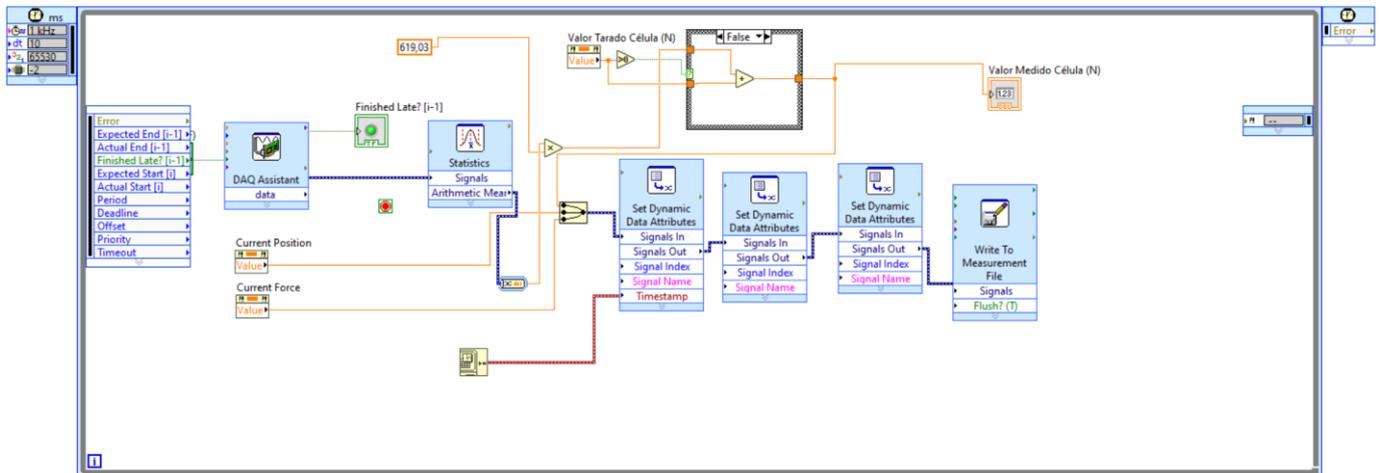


Figura 40: Función de adquisición de datos parte 2 [Fuente propia]

La función para la toma de valores se encuentra dentro de un bucle temporizado (timed loop) con el objetivo de que se repita con un tiempo determinado por iteración establecido con cierta precisión, por tanto, estará configurado con una fuente de temporización de 1 kHz, un periodo de 10 s, una prioridad elevada de valor 65530 y dos procesadores asignados.

El bloque “DAQ Assistant” será el encargado de adquirir los datos del ensayo de fatiga y para verificar que no presenta ningún tipo de retraso se le introduce como entrada “Finished Late”, la cual si se ilumina hay una demora en la obtención los datos. Después, son enviados como entrada a un bloque “Statistics”, en donde se realiza la media aritmética con ellos para así tener un único valor y a la salida de este bloque son convertidos a formato de doble precisión. Luego, los datos están en voltios por lo que tendrán que ser multiplicados por el valor 619,03, el cual proviene de la Ecuación 8 de la curva de calibración anteriormente comentada y será restado (Figura 39) o sumado (Figura 40) el valor tarado de la célula, dependiendo de si este es mayor que 0; el resultado se llevará por un lado a un indicador (Valor medido célula) y, por otro lado, se une con la posición y la intensidad. Cuando se juntan son llevados a un bloque “Set Dynamic Data Attributes” para especificar cada uno de los atributos que estamos obteniendo y a mayores en el primero de ellos se le conecta a la entrada una marca de tiempo para conocer el día y la hora actual en la que se está realizando el ensayo. Finalmente, la salida del último bloque es llevada como entrada a otro denominado “Write to Measurement File”, el cual escribe los datos que le llegan en un archivo que en este caso será un excel.

Todas las funciones anteriores llevadas a cabo en el diagrama de bloques se representan con una serie de elementos en la interfaz de usuario (Figura 41) para que puedan ser manejadas y visualizadas.

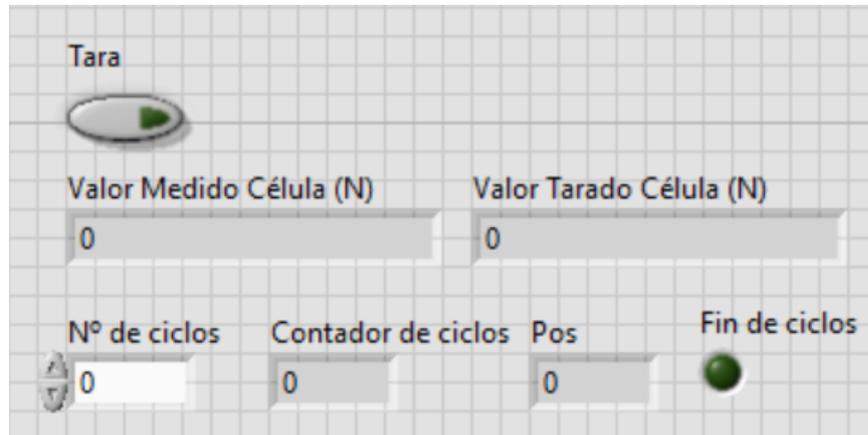


Figura 41: Elementos para las respectivas funciones [Fuente propia]

### 5.3. Ensayo de fatiga

August Wöhler (Soltau, 22 de junio de 1819 – Hannover, 21 de marzo de 1914) fue un ingeniero de ferrocarriles, pero por lo que realmente se le conoce es por la elaboración de un ensayo, el cual permitía conocer las propiedades de fatiga de los materiales que se querían estudiar. [7]

El material es sometido a una carga cíclica y una frecuencia definida hasta que se produzca el fallo o el deterioro de este. Por lo tanto, este tipo de ensayos se emplean tanto para determinar la vida útil como para comprobar las características de ellos. [21]

De tal forma, el banco de ensayos desarrollado para efectuar el ensayo de fatiga se puede apreciar en la Figura 42 y en la Figura 43, en donde para asemejar que se está sentando una persona en el asiento se ha colocado un perfil con dos sargentos para inducir una cantidad de fuerza sobre él como indica el apartado 2.2 “Normativa para ensayos en asientos”.

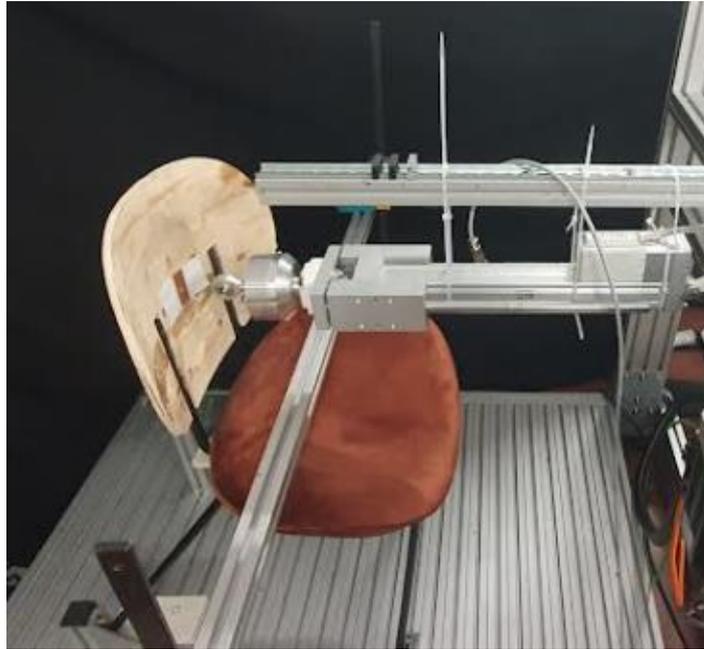


Figura 42: Desarrollo del banco de ensayos parte 1 [Fuente propia]

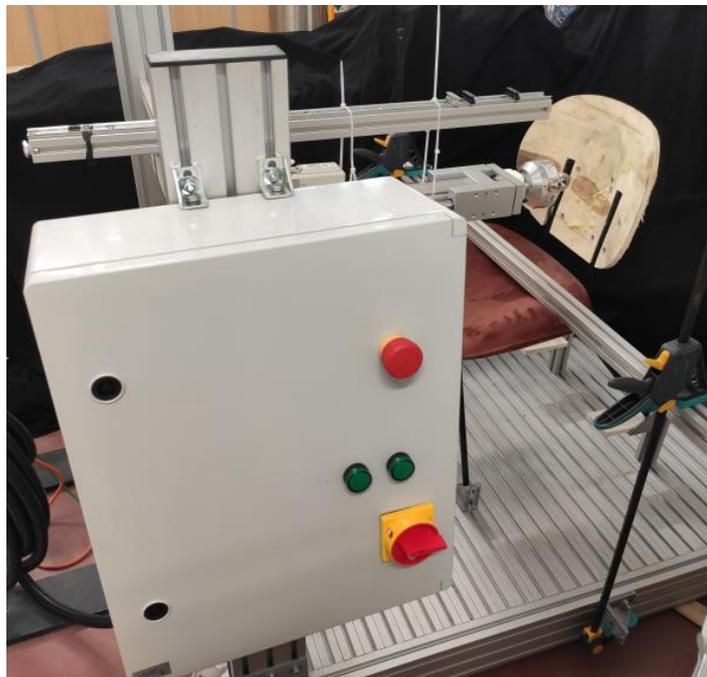
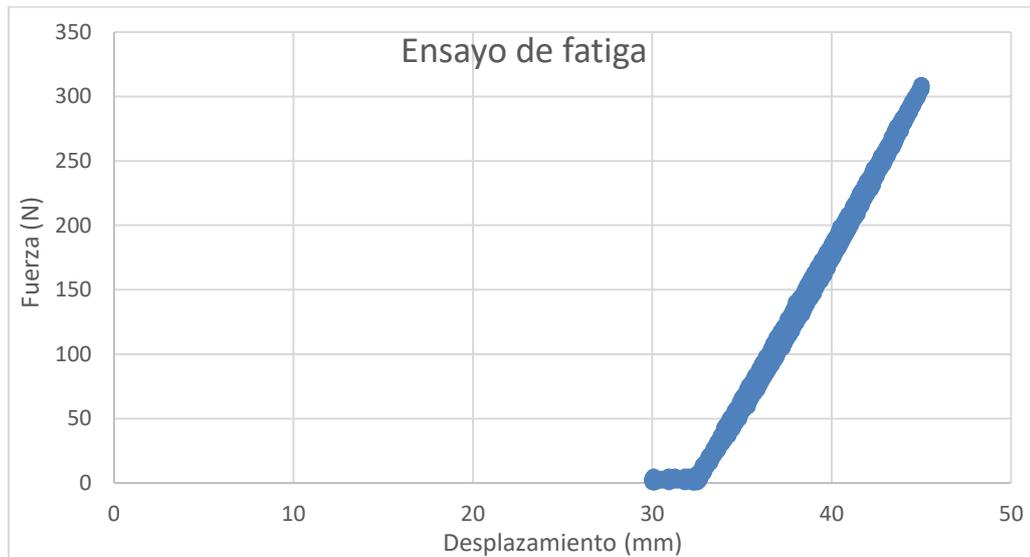


Figura 43: Desarrollo del banco de ensayos parte 2 [Fuente propia]

Posteriormente, se procede a iniciar un ensayo de fatiga obteniendo como resultado la Gráfica 9 representada en Fuerza (N) vs Desplazamiento (mm). El actuador es llevado a los 32mm momento en el cual la célula contacta con el respaldo del asiento y comienza a medir durante una cantidad de ciclos determinado impuesto por la función del apartado anterior; también siguiendo la norma UNE-EN 1728:2013 recogida en el apartado 2.2 “Normativa para ensayos en asientos” se lleva el respaldo hasta su máximo que corresponde con 300N.



Gráfica 9: Representación Fuerza vs Desplazamiento del ensayo de fatiga [Fuente propia]



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

## Capítulo 6: Costes económicos del proyecto

El diseño y desarrollo de este banco de ensayos ha supuesto una serie de costes, los cuales están orientados a los elementos comerciales y de fabricación. Como cualquier proyecto llevado a cabo, esto será necesario para tener una buena gestión y una mayor cantidad de posibilidades de éxito. Por lo tanto, los precios de cada producto se recogen en la Tabla 8.

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
<b>Total</b>					<b>8647,71</b>

Tabla 8: Costes del proyecto [Fuente propia]



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## Capítulo 7: Conclusiones e ideas futuras

Teniendo en consideración los objetivos marcados en el capítulo 1 “Introducción”, las conclusiones obtenidas son las siguientes:

1. El diseño, desarrollo y construcción del banco de ensayos se ha completado satisfactoriamente, es decir, se han podido realizar ensayos de manera correcta, completa y útil, teniendo en consideración el marcado CE establecido como las normas a seguir.
2. Se han elaborado productos en impresión 3D en colaboración con el trabajo fin de grado “Análisis de los parámetros del proceso de impresión 3D FGF. Aplicación a la fabricación de mobiliario” escrito por el estudiante Pablo Mansilla Boyano del Grado en Ingeniería Química de la Universidad de Valladolid.
3. Ayudar a obtener resultados a los estudiantes de la escuela de ingenierías industriales en sus asignaturas cuando se precisa de validar simulaciones de elementos finitos.

Una vez finalizadas las conclusiones, se plantean unas ideas futuras, las cuales son las siguientes:

1. Incorporar un sistema de guiado en los dos perfiles (45x135mm) de la chapa de fijación y piezas deslizantes en los extremos de los dos perfiles (45x90mm) de la chapa de sujeción. A mayores, integrar un sistema de husillo capaz de regular la altura manualmente a través de una manivela.
2. Capacidad de regular el ángulo de actuación del actuador, para llevar a cabo dicho proceso será necesario la adhesión de un perfil junto con una guía y unos knucle joins en los extremos de él. De tal forma que para conseguir cualquier ángulo se ancla un extremo al actuador y el otro a una pieza que se encuentre empotrada.
3. Sustituir el perfil con los dos sargentos por un actuador que al subir o bajar desplazará los dos perfiles, en donde se posiciona en uno de ellos una célula de carga para conocer la fuerza aplicada y un útil unido a ella diseñado por normativa.



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## Capítulo 8: Bibliografía

- [1] Adquisición de datos (DAQ): la guía completa. *Soluciones de Adquisición de Datos (DAQ)*. (2023, 9 febrero). <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-adquisicion-de-datos#filtering>
- [2] Alzate Rodríguez, Edwin Jhovany, Montes Ocampo, Jose William y Silva Ortega, Carlos Armando. *MEDIDORES DE DEFORMACION POR RESISTENCIA: GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS*. Universidad Tecnológicos de Pereira. No 34, pp. 7-12, 2007. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/87c5f981-8c42-4de0-b4ec-06fe72e5a402/content>
- [3] Amplificador de medida - frwiki.wiki. *Niveladores - frwiki.wiki*. [https://es.frwiki.wiki/wiki/Amplificateur\\_de\\_mesure](https://es.frwiki.wiki/wiki/Amplificateur_de_mesure)
- [4] *Características de las Impresoras 3D* | UDE Universidad de la Empresa. (2023, 13 enero). <https://ude.edu.uy/caracteristicas-de-las-impresoras-3d/>
- [5] CEN (Comité Europeo de Normalización) - Sicurezza.com. <https://www.sicurezza.com/cen-comitato-europeo-normazione-2>
- [6] Clip Electronic Amplifier for installation onto mounting rails. HBM.com. <https://www.hbm.com/fileadmin/mediapool/hbmdoc/technical/A00114.pdf>
- [7] Colaboradores de los proyectos Wikimedia | August Wöhler - Wikipedia, la enciclopedia libre. (2019, 25 octubre). [https://es.wikipedia.org/wiki/August\\_Wöhler](https://es.wikipedia.org/wiki/August_Wöhler)
- [8] Colaboradores de los proyectos Wikimedia. Norma UNE - Wikipedia, la enciclopedia libre. (2006, 7 febrero). [https://es.wikipedia.org/wiki/Norma\\_UNE#Comités\\_Técnicos\\_de\\_Normalización\\_\(CTN\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Norma_UNE#Comités_Técnicos_de_Normalización_(CTN))



- [9] COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 11 MOBILIARIO. UNE-EN 1728, *Mobiliario. Asientos. Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia y de la durabilidad*. 2013. (Poner las páginas usadas).
- [10] COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 11 MOBILIARIO. UNE-EN 1729-2:2012+A1, *Mobiliario. Sillas y mesas para centros de enseñanza. Parte 2: Requisitos de seguridad y métodos de ensayo*. 2016. (Poner las páginas usadas)
- [11] COMITÉ TÉCNICO CTN 201 APARAMENTA Y ACCESORIOS DE BAJA TENSIÓN. UNE-EN IEC 61439-1, *Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 1: reglas generales*. 2021.
- [12] COMITÉ TÉCNICO CTN 11 MOBILIARIO. UNE-EN 1022, *Mobiliario. Asientos. Determinación de la estabilidad*. 2019. (Poner las páginas usadas)
- [13] Cómo funciona el CEN. *Eurobitume, the European Association of Bitumen Producers*.  
<https://www.eurobitume.eu/es/technical/normas/cen/>
- [14] Controller setting Software (ACT Controller). SMC Corporation of America.  
<https://www.smcworld.com/assets/manual/en-jp/files/JXCx-OMU0010.pdf>
- [15] Data Acquisition. *Data Acquisition (DAQ) - Measurement Computing*.  
<https://www.mccdaq.com/data-acquisition>
- [16] Directiva 2006/42/CE del Parlamento y del Consejo relativo a las máquinas. *BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*. (2006, 17 mayo). (Poner páginas usadas).  
<https://boe.es/doue/2006/157/L00024-00086.pdf>
- [17] Economía circular: definición, importancia y beneficios | Noticias | Parlamento Europeo. (2023, 22 febrero).  
<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20151201ST005603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>



- [18] Economía Circular. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*.  
<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/>
- [19] Electric Actuators Battery-less Absolute Encoder Type. *SMC.eu*.  
[https://content2.smctech.com/pdf/Battery\\_less\\_Absolute%20Controllers.pdf](https://content2.smctech.com/pdf/Battery_less_Absolute%20Controllers.pdf)
- [20] El puente de Wheatstone | Galgas extensométricas. *HBM.com*. (2021, 15 noviembre)  
<https://www.hbm.com/es/7163/el-puente-de-wheatstone-galgas-extensometricas/>
- [21] Ensayo de fatiga: Definición y descripción.  
<https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-fatiga/>
- [22] *Equipo para pruebas de impacto (Equipo de ensayo de resistencia dinámica para juguetes), Máquina de prueba para bordes afilados, Equipo de ensayos de durabilidad para respaldo y mecanismo de control de inclinación GT-LB13. Equipos de prueba para juguetes | Equipos de prueba para tejidos | GESTER.*  
<http://testsolution4u.com/chair-backrest-and-tilt-control-mechanism-durability-test-machine/356699/>
- [23] EtherNet/IP Direct input type Step Motor Controller (Servo 24VDC). *SMC Corporation of America*.
- [24] *Galga extensiométrica*. Ingenierizando. (2022, 14 diciembre).  
<https://www.ingenierizando.com/laboratorio/galga-extensiometrica/>
- [25] Guía técnica para la evaluación y PRL en la utilización de equipos de trabajo - Portal INSST - INSST. *Portal INSST*. 2021.  
<https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-para-la-evaluacion-y-prevencion-de-los-riesgos-relativos-a-la-utilizacion-de-los-equipos-de-trabajo>



- [26] HD-F780 - Fatigue test machine by HAIDA EQUIPMENT CO., LTD | DirectIndustry. *DirectIndustry - The B2B marketplace for industrial equipment: sensors, automation, motors, pumps, handling materials, packaging, etc.*  
<https://www.directindustry.com/prod/haida-equipment-co-ltd/product-67015-1981052.html>
- [27] Hernández, H., & Hernández, H. *Descargar LabVIEW 2018 para PC Gratis.* Malavida.com. (2019, 25 enero).  
<https://www.malavida.com/es/soft/labview/>
- [28] History. *Testing machines for materials testing, furniture testing and hardness testing.*  
<https://www.hegewald-peschke.com/the-company/history/>
- [29] Jimeno, J., Stora, Home, P., & Home, P. *Marcado CE: ¿Qué es y para qué sirve? Introducción e historia de la legislación europea de productos – PDCA Home. PDCA Home – El portal de la gestión, calidad y mejora continua.* (2017, 29 abril).  
<https://www.pdcahome.com/9199/el-marcado-ce-que-es/>
- [30] Manufacturer and wholesaler of lab physical testing instrument in China. *Textile Testing Equipment, Children Products Tester, Footwear Testing equipment - Gester.*  
[https://www.gester-instruments.com/history\\_d25](https://www.gester-instruments.com/history_d25)
- [31] *Marcado CE. ¿Qué es y cómo identificarlo? Comunidad de Madrid.* (2021, 18 mayo).  
<https://www.comunidad.madrid/servicios/consumo/marcado-ce-es-identificarlo>
- [32] *Materialprüfung und Messtechnik | Hegewald & Peschke.* (2023, 13 marzo).  
<https://www.hegewald-peschke.de/startseite/>
- [33] *Motor paso a paso: qué es y cómo funciona.* Circuitos Eléctricos.com. (2020, 4 junio).  
<https://www.circuitos-electricos.com/motor-paso-a-paso-que-es-y-como-funciona/>



- [34] Perfiles de Correas Síncronas y Nomenclatura. *HVH Industrial Solutions | Industrial Distributor | PT & MC.*  
<https://hvhindustrial.com/es/blog/tipos-de-correas-dentadas>
- [35] ¿Qué es el Mercado CE? *Mercado CE - Página Principal.*  
<https://www.mercado-ce.com/acerca-del-mercado-ce/que-es-mercado-ce.html>
- [36] ¿Qué es la impresión 3D? | *Programa para impresora 3D | Autodesk.* Autodesk | Software de diseño 3D, ingeniería y construcción. (2021, 6 octubre).  
<https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>
- [37] ¿Qué Es Un Amplificador De Instrumentación? *Diagrama De Circuito, Ventajas Y Aplicaciones.* Electrositio.com. (2022, 20 julio).  
<https://electrositio.com/que-es-un-amplificador-de-instrumentacion-diagrama-de-circuito-ventajas-y-aplicaciones/>
- [38] ¿Qué es un husillo de bolas? *QueSignificado.org.* (2020, 23 octubre).  
<https://quesignificado.org/que-es-un-husillo-de-bolas/>
- [39] Real Decreto 1215/1997. *BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.* (1997, 7 agosto). (Poner páginas usadas).  
<https://boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-17824-consolidado.pdf>
- [40] ROMERO, Susana. Análisis RD 1215/97 seguridad y salud en utilización de equipos de trabajo. *Portal de la coordinación empresarial.* (2021, 30 noviembre).  
[https://www.coordinacionempresarial.com/el-rd-1215-97-de-seguridad-y-salud-en-la-utilizacion-de-equipos-de-trabajo/#Las\\_obligaciones\\_del\\_empresaio\\_segun\\_el\\_RD\\_121597\\_de\\_seguridad\\_de\\_maquinas](https://www.coordinacionempresarial.com/el-rd-1215-97-de-seguridad-y-salud-en-la-utilizacion-de-equipos-de-trabajo/#Las_obligaciones_del_empresaio_segun_el_RD_121597_de_seguridad_de_maquinas)
- [41] Sakrow. ¿Qué es LabVIEW? *Desarrollo web a medida, administración y gestión de sistemas en Bilbao.* (2020, 8 abril).  
<https://sakrow.com/blog/que-es-labview/>



- [42] *Testing machines for materials testing, furniture testing and hardness testing.*  
[https://www.hegewald-peschke.com/fileadmin/daten/datenblaetter/Moebelprueftechnik/Sitzmoebel\\_\\_Polstermoebel\\_\\_Tische/40-930-081\\_Test\\_rig\\_for\\_tilting-drop\\_tests\\_at\\_chairs.pdf](https://www.hegewald-peschke.com/fileadmin/daten/datenblaetter/Moebelprueftechnik/Sitzmoebel__Polstermoebel__Tische/40-930-081_Test_rig_for_tilting-drop_tests_at_chairs.pdf)
- [43] Universal Testing Equipments Manufacturer, Environmental Test Chambers Supplier & Exporter.  
<https://www.haidaequipment.com/>
- [44] Unidad de guiado GUM/GUL para ejes eléctricos de la serie LEY. SMC.eu.
- [45] Yolanda. Directiva europea de baja tensión 2014/35. *Omologic.es*. (2020, 4 agosto).  
<https://omologic.es/directiva-europea-baja-tension-2014-35-ue/>

## Anexos

### 1. Especificaciones técnicas de los elementos

Guía: 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
	tomillos	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.

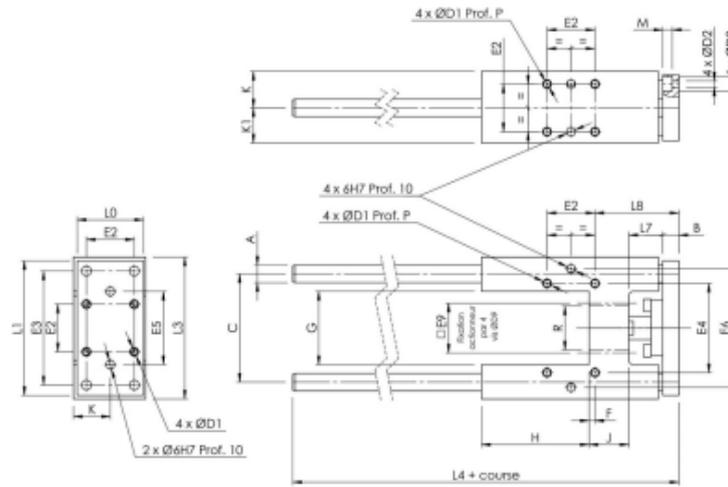
La masa real desplazada = Carga + masa móvil + peso para carrera 300 mm + peso bloque sujeción  
 = 5 + 0.45 + 0.51 + 0.15 = 6.11kgs.

#### 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](http://www.smc.eu)

- Dimensiones

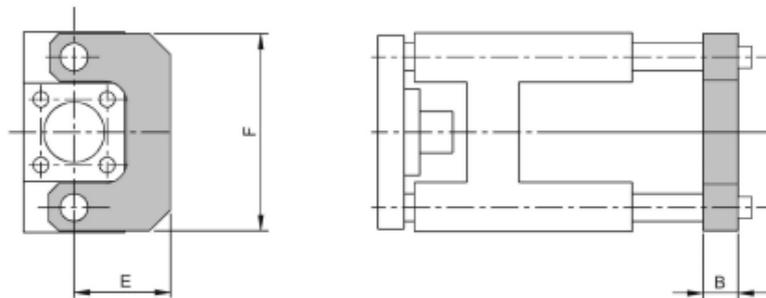
**Para LEY GUM/GUL**



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	96 <sup>+0.02</sup>	80 <sup>+0.02</sup>	34	4	50.2
GUM/GUL(F)50	LEY32/40	20	19	104	M8	9	15	Ø6.5	46.5	100	85	124 <sup>+0.02</sup>	126 <sup>+0.02</sup>	40	24	70
GUM/GUL(F)80	LEY63	25	22	148	M10	11	18	Ø8.5	72	130	130	186 <sup>+0.02</sup>	166 <sup>+0.02</sup>	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

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

- Especificaciones técnicas

## LEY Series

Battery-less Absolute (Step Motor 24 VDC)

### Specifications

#### Battery-less Absolute (Step Motor 24 VDC)

Model		LEY16□E			LEY25□E			LEY32□E			LEY40□E				
Work load [kg] <sup>*1</sup>	Horizontal	(3000 [mm/s <sup>2</sup> ])		6	17	30	20	40	60	30	45	60	50	60	80
	Vertical	(2000 [mm/s <sup>2</sup> ])		10	23	35	30	55	70	40	60	80	60	70	90
Pushing force [N] <sup>*2 *3 *4</sup>			2	4	8	8	16	30	11	22	43	13	27	53	
			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	562 to 1058	
Speed [mm/s] <sup>*4</sup>			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 300	6 to 150	
Max. acceleration/deceleration [mm/s <sup>2</sup> ]			3000												
Pushing speed [mm/s] <sup>*5</sup>			50 or less			35 or less			30 or less			30 or less			
Positioning repeatability [mm]			±0.02												
Lost motion [mm] <sup>*6</sup>			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 <sup>2</sup> ] <sup>*7</sup>			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			Battery-less absolute (Step motor 24 VDC)												
Encoder			Battery-less absolute												
Power supply voltage [V]			24 VDC ±10%												
Power [W] <sup>*8 *10</sup>			Max. power 43			Max. power 48			Max. power 104			Max. power 106			
Type <sup>*9</sup>			Non-magnetizing lock												
Holding force [N]			20	39	78	78	157	294	108	216	421	127	265	519	
Power [W] <sup>*10</sup>			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 the "Model Selection" on pages 56 and 57.  
Vertical: Speed changes according to the work load. Check the "Model Selection" on pages 55 and 57.  
The values shown in ( ) are the acceleration/deceleration.  
Set these values to be 3000 [mm/s<sup>2</sup>] or less.
- \*2 Pushing force accuracy is ±20% (F.S.).
- \*3 The pushing force values for LEY16□E are 20% to 65%, for LEY25□E are 30% to 50%, for LEY32□E are 30% to 70%, and for LEY40□E are 35% to 65%.  
The pushing force values change according to the duty ratio and pushing speed. Check the "Model Selection" on page 58.
- \*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 errors 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 Indicates the max. power during operation (including the controller). This value can be used for the selection of the power supply.
- \*9 With lock only
- \*10 For an actuator with lock, add the power for the lock.

### Weight

#### Weight: Top Side Parallel Motor Type

Series	LEY16E						LEY25E						LEY32E															
Stroke [mm]	30	50	100	150	200	250	300	30	50	100	150	200	250	300	350	400	30	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
Product weight [kg]	0.75	0.79	0.9	1.04	1.15	1.26	1.37	1.21	1.28	1.45	1.71	1.89	2.05	2.23	2.4	2.41	2.59	2.13	2.24	2.53	2.81	3.21	3.5	3.78	4.07	4.36	4.64	4.93

Series	LEY40E										
Stroke [mm]	30	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Product weight [kg]	2.44	2.55	2.84	3.12	3.52	3.81	4.09	4.38	4.67	4.95	5.24

#### Weight: In-line Motor Type

Series	LEY16DE						LEY25DE						LEY32DE														
Stroke [mm]	30	50	100	150	200	250	300	30	50	100	150	200	250	300	350	400	30	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Product weight [kg]	0.72	0.76	0.87	1.01	1.12	1.23	1.34	1.2	1.27	1.44	1.7	1.88	2.05	2.23	2.4	2.58	2.12	2.23	2.52	2.8	3.2	3.49	3.77	4.06	4.35	4.63	4.92

Series	LEY40DE										
Stroke [mm]	30	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Product weight [kg]	2.43	2.54	2.83	3.11	3.51	3.8	4.08	4.37	4.66	4.94	5.24

#### Additional Weight

Size	16	25	32	40
Lock/Motor cover	0.16	0.29	0.57	0.57
Rod end male thread	Male thread	0.01	0.03	0.03
	Nut	0.01	0.02	0.02
Foot bracket (2 sets including mounting bolt)	0.06	0.08	0.14	0.14
Rod flange (including mounting bolt)				
Head flange (including mounting bolt)	0.13	0.17	0.20	0.20
Double clevis (including pin, retaining ring, and mounting bolt)	0.08	0.16	0.22	0.22

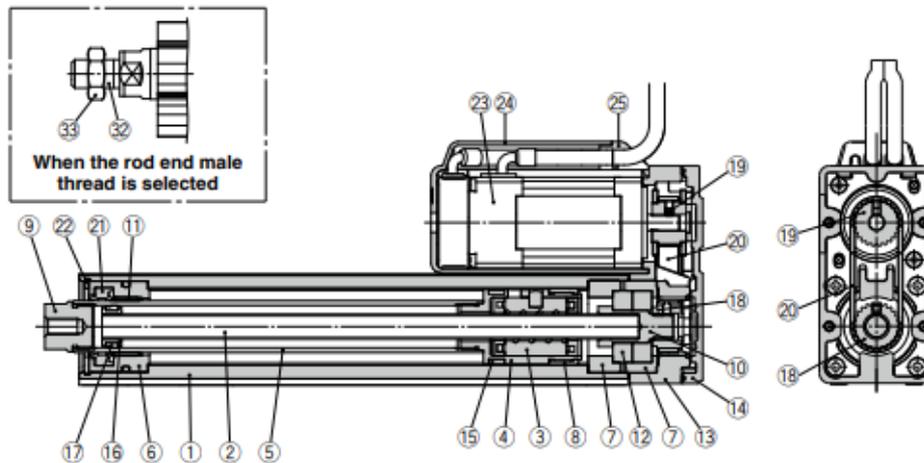
- Construcción

## LEY Series

Battery-less Absolute (Swp Motor 24 VDC)

### Construction

25  
Top side parallel motor type: LEY32E  
40



#### Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Body	Aluminum alloy	Anodized
2	Ball screw shaft	Alloy steel	
3	Ball screw nut	Synthetic resin/Alloy steel	
4	Piston	Aluminum alloy	
5	Piston rod	Stainless steel	Hard chrome plating
6	Rod cover	Aluminum alloy	
7	Bearing holder	Aluminum alloy	
8	Rotation stopper	Synthetic resin	
9	Socket	Free cutting carbon steel	Nickel plating
10	Connected shaft	Free cutting carbon steel	Nickel plating
11	Bushing	Bearing alloy	
12	Bearing	—	
13	Return box	Aluminum die-cast	Coating
14	Return plate	Aluminum die-cast	Coating
15	Magnet	—	
16	Wear ring holder	Stainless steel	Stroke 101 mm or more
17	Wear ring	Synthetic resin	Stroke 101 mm or more
18	Screw shaft pulley	Aluminum alloy	
19	Motor pulley	Aluminum alloy	
20	Belt	—	
21	Seal	NBR	
22	Retaining ring	Steel for spring	Phosphate coating
23	Motor	—	
24	Motor cover	Aluminum alloy Synthetic resin	Anodized/LEY16 only
25	Grommet	Synthetic resin	Only "With motor cover"

No.	Description	Material	Note
26	Motor block	Aluminum alloy	Anodized
27	Motor adapter	Aluminum alloy	Anodized/LEY16, 25 only
28	Hub	Aluminum alloy	
29	Spider	NBR	
30	Motor cover with lock	Aluminum alloy	Only "With lock/motor cover"/LEY25, 32, 40
31	Cover support	Aluminum alloy	Only "With lock/motor cover"/LEY25, 32, 40
32	Socket (Male thread)	Free cutting carbon steel	Nickel plating
33	Nut	Alloy steel	Zinc chromating
34	End cover	Aluminum alloy	Anodized/LEY16 only
35	Rubber bushing	NBR	LEY16 only

#### Replacement Parts (Top side parallel only)/Belt

No.	Size	Order no.
20	16	LE-D-2-7
	25	LE-D-2-2
	32, 40	LE-D-2-3

#### Replacement Parts/Grease Pack

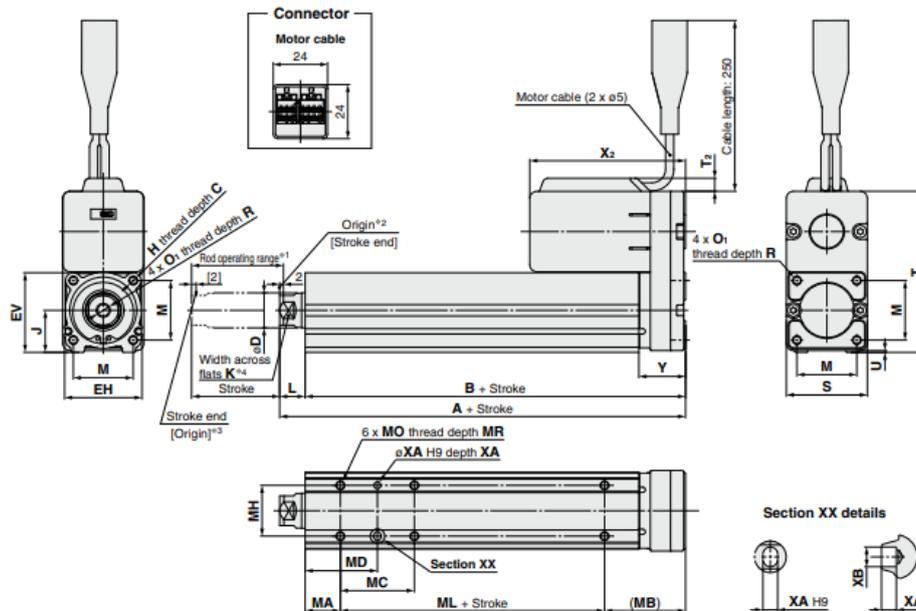
Applied portion	Order no.
Piston rod	GR-S-010 (10 g) GR-S-020 (20 g)

- Dimensiones

## LEY Series

Battery-less Absolute (Step Motor 24 VDC)

### Dimensions: Top Side Parallel Motor



- \*<sup>1</sup> This is the range within which the rod can move when it returns to origin. Make sure workpieces mounted on the rod do not interfere with other workpieces or the facilities around the rod.
- \*<sup>2</sup> Position after returning to origin
- \*<sup>3</sup> [ ] for when the direction of return to origin has changed
- \*<sup>4</sup> The direction of rod end width across flats (K) differs depending on the products.

Size	Stroke range [mm]	[mm]																					
		A	B	C	D	EH	EV	H	J	K	L	M	O <sub>1</sub>	R	S	T	T <sub>2</sub>	U	V	X <sub>2</sub>		Y	
16	10 to 100	101	90.5																		Without lock	With lock	
	101 to 300	121	110.5	10	16	34	34.3	M5 x 0.8	18	14	10.5	25.5	M4 x 0.7	7	35	90.5	—	0.5	28	100.5	145.5	22.5	
25	15 to 100	130.5	116																				
	101 to 400	155.5	141	13	20	44	45.5	M8 x 1.25	24	17	14.5	34	M5 x 0.8	8	46	92	7.5	1	42	88.5	129	26.5	
32	20 to 100	148.5	130																				
	101 to 500	178.5	160	13	25	51	56.5	M8 x 1.25	31	22	18.5	40	M6 x 1.0	10	60	118	8.5	1	56.4	98.5	141.5	34	
40	20 to 100	148.5	130																				
	101 to 500	178.5	160	13	25	51	56.5	M8 x 1.25	31	22	18.5	40	M6 x 1.0	10	60	118	8.5	1	56.4	120.5	163.5	34	

### Body Bottom Tapped

Size	Stroke range [mm]	[mm]									
		MA	MB	MC	MD	MH	ML	MO	MR	XA	XB
16	10 to 35			17	23.5						
	40 to 100	15	35.5	32	31	23	40	M4 x 0.7	5.5	3	4
	105 to 300			62	46		60				
25	15 to 35			24	32						
	40 to 100			42	41	29	50				
	105 to 120	20	46	59	49.5		75	M5 x 0.8	6.5	4	5
	125 to 200			76	58						
	205 to 400			22	36						
32	20 to 35						50				
	40 to 100			36	43	30	80	M6 x 1	8.5	5	6
	105 to 120	25	55	53	51.5						
	125 to 200			70	60						
205 to 500											

## Controlador: JXC91

- Especificaciones

### 3. Specifications

#### 3.1 Specifications

Basic specifications of the product.

Item	Specifications	
Compatible motor	Step motor (servo 24 VDC)	
Power supply	Power supply voltage: 24 VDC±10%	
Current consumption	130mA or less (Controller) Refer to the specification of actuator to be connected for total power consumption.	
Compatible encoder	Incremental A/B phase (800 pulse/rotation)	
Memory	EEPROM	
LED display	LED	Details
	L/A1	Link/Act 1
	L/A2	Link/Act 2
	PWR	Power supply
	ALM	Alarm status
	MS	Controller status
	NS	Communication status
Locking	With unlocking terminal	
Cable length	Actuator cable: 20 m or less	
Cooling method	Air-cooling type	
Operating temperature range:	0 °C to 40 °C (No freezing)	
Operating humidity range	90% RH or less (No condensation)	
Insulation resistance	Between the external terminals and case 50 MΩ (500 VDC)	
Weight	210 g (Screw mounting type) 230 g (DIN rail mounting type)	

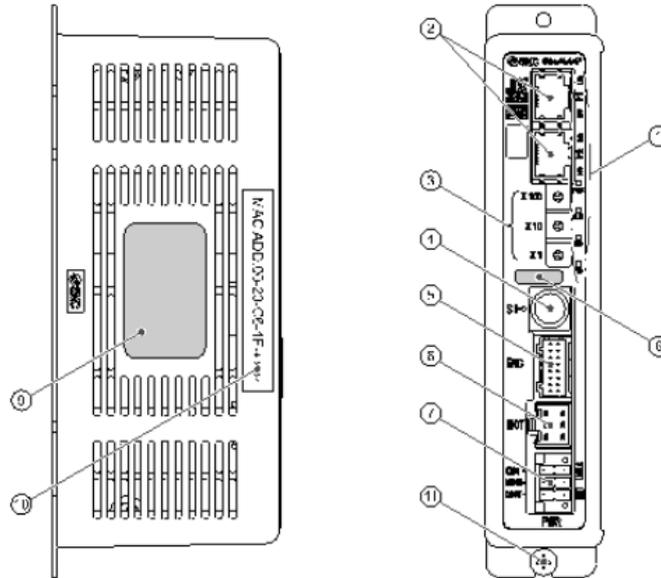
[EtherNet/IP communication]

Item	Specifications
Protocol	EtherNet/IP™ (Conformance test version CT-12)
Communication speed	10/100 Mbps (automatic negotiation)
Communication cable	Standard Ethernet cable (STP, CAT5 or higher, 100BASE-TX)
Communication method	Full duplex/Half duplex (automatic negotiation)
Setup file	EDS file (Download from SMC website)
Occupied area	Input 36 byte/Output 36 byte
IP address setting range	Setting by rotary switch: 192.168.1.1 to 254 Via DHCP server: Arbitrary address
Vendor ID	7h (SMC Corporation)
Product type	2Bh (Generic Device)
Product code	D1h

- Partes

### 3.2 Parts Description

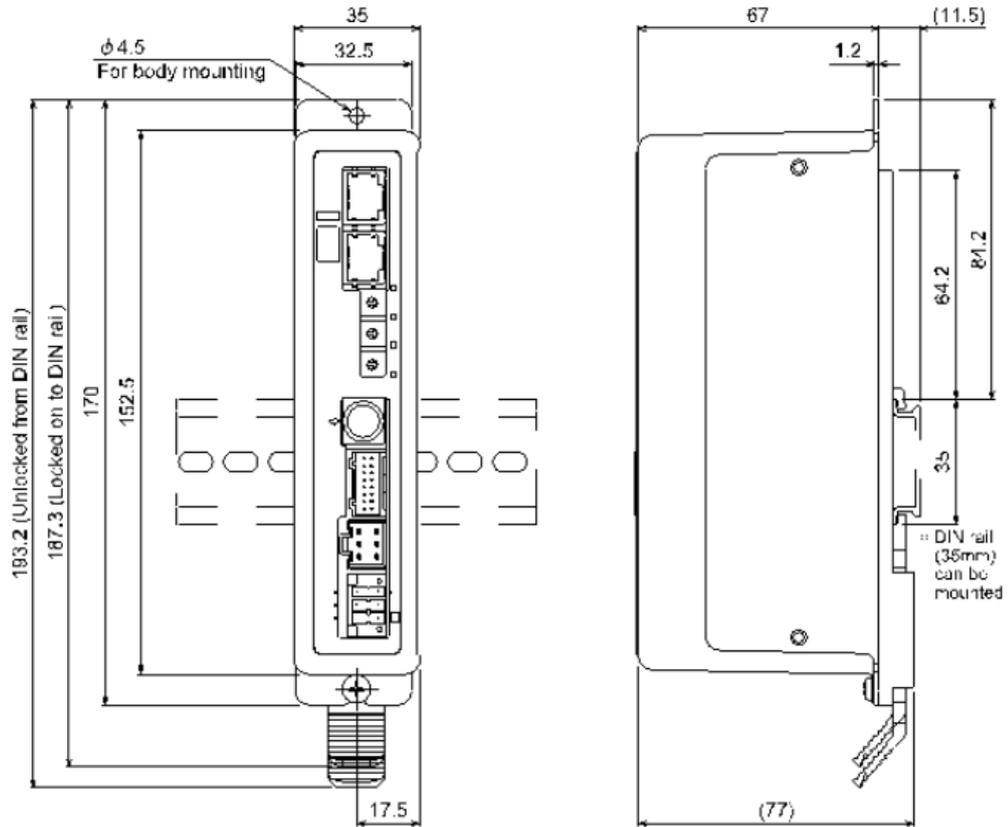
Details of the parts of the controller.



No.	Display	Name	Details
1	-	Display	LED's to indicate the controller status.
2	P1, P2	EtherNet/IP communication connector	Connect Ethernet cable.
3	IP address	IP address	Switches to set the EtherNet/IP communication IP address (0 to 255) by X1, X10 and X100.
4	SI	Serial I/O connector (8 poles)	Connector for the teaching box (LEC-T1) or the setting software (JXC-W2).
5	ENC	Encoder connector (16 poles)	Connect to the actuator cable.
6	MOT	Motor driving connector (6 poles)	
	PWR	Power supply connector (5 poles)	Connect to the controller power supply (24VDC) using the power supply plug. Control power (+), Stop signal (+), Motor power (+), Lock release (+), Common power (-)
8	-	Applicable actuator part number label	Label indicating the actuator part number which can be connected to the controller.
9	-	Controller part number label	Label indicating the controller part number.
10	-	MAC address	EtherNet/IP MAC address is displayed.
11	-	FE	Functional Ground (When the controller is mounted, tighten screws and connect the grounding cable)

- Dimensiones

(2) DIN rail mounting (JXC918-□)



## Célula de carga: U10M5KN

- Especificaciones

### 9 Specifications (VDI/VDE 2638)

#### 9.1 U10M

Nominal (rated) force	$F_{nom}$	kN	1.25	2.5	5	12.5	25	50	125	250	500
Nominal (rated) sensitivity	$C_{nom}$	mV/V	1 ... 1.5 <sup>1)</sup>			2 ... 2.5 <sup>1)</sup>					
Accuracy class			0.03			0.04		0.05		0.06	
Relative repeatability error in an unmodified mounting position	$b_{rg}$	%	0,025								
Relative zero signal error	$d_{s,0}$	%	1								
Relative reversibility error <sup>2)</sup> (at $0.4 \cdot F_{nom}$ )	$v_{0.4}$	%vl %vc	< 0.075 0.03		< 0.1 0.04		< 0.125 0.05		< 0.125 0.05		
Relative linearity error	$d_{lin}$	%	< ±0.03			< ±0.04				< ±0.06	
Relative creep over 30 min	$d_{crt+E}$	%	< ±0.04			< ±0.025					
Effect of temperature on sensitivity per 10 K	$TK_C$	%	< ±0.015								
Temperature effect on the zero signal/10 K	$TK_0$	%	< ±0.015								
Bending moment influence (at $10\% \cdot F_{nom} \cdot 10$ mm)	$d_Q$	%	< 0.01								
Output resistance	$R_o$	$\Omega$	280 ... 360								
Input resistance	$R_i$	$\Omega$	> 345								
Insulation resistance	$R_{is}$	G $\Omega$	> 2								
Reference excitation voltage	$U_{ref}$	V	5								
Operating range of excitation voltage	$B_{U,G}$	V	0.5 to 12								
Reference temperature	$T_{ref}$		+23 [73,4]								
Nominal temperature range	$B_{T,nom}$	°C [°F]	-10 ... +45 [+14 ... +113]								
Operating temperature range	$B_{T,G}$		-30 ... +85 [-22 ... +185]								
Storage temperature range	$B_{T,S}$		-30 ... +85 [-22 ... +185]								
Max. operating force	$(F_G)$		240								
Breaking force	$(F_B)$	% v.	> 400								
Static lateral limit force <sup>3)</sup>	$(F_Q)$	$F_{nom}$	100								

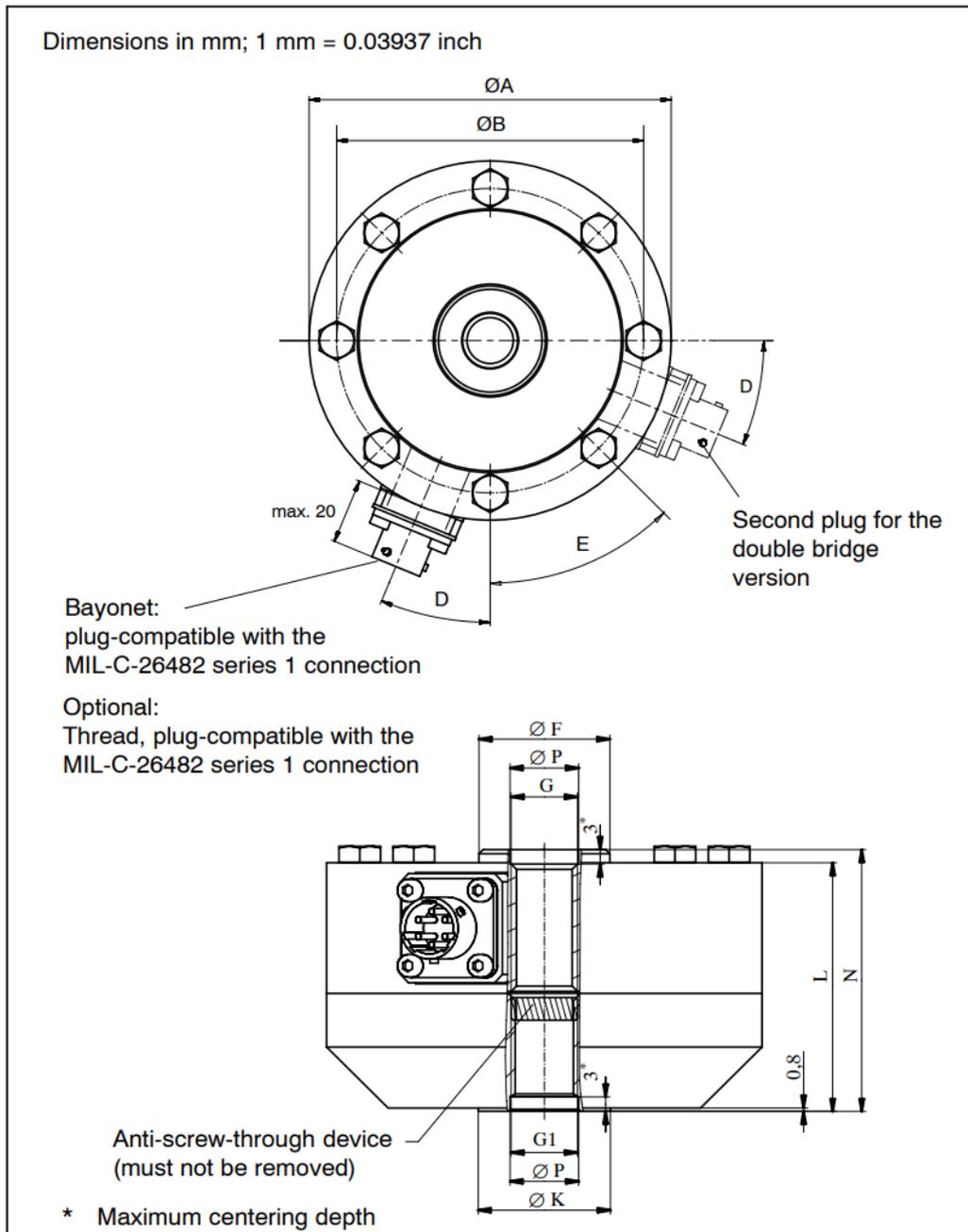
Nominal (rated) force	$F_{nom}$	kN	1.25	2.5	5	12.5	25	50	125	250	500	
Limit bending moment <sup>5)</sup>	$M_{b adm}$	N·m	30	60	125	315	635	1270	3175	5715	11430	
Limit torque <sup>5)</sup>	$M_L$	N·m	30	60	125	315	635 <sup>4)</sup>	1270	3175	5715	11430	
Nominal (rated) displacement	$s_{nom}$	mm	0.02			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 <sup>5</sup> 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
Without adapter		kg	0.5			1.3			5		11	28
		lbs	1.1			2.87			11.02		24.25	61.73
<b>Interference resistance</b> (EN 61 326-1, Table A.1)			Industrial environment									
Electromagnetic field (AM)	V/m		10									
Magnetic field	A/m		30									
Electrostatic discharge (ESD)												
Contact discharge	kV		4									
Air discharge	kV		8									
Burst (rapid transients)	kV		1									
Surge (impulse voltages)	kV		1									
Grid-bound interferences (AM)	V		3									
<b>Mechanical shock</b> (Test severity level IEC 68-2-29-1987)												
Number	n		1000									
Duration	ms		0.5									
Acceleration	m/s <sup>2</sup>		1000									
<b>Vibrational stress</b> (Test severity level per DIN IEC 68; Part 2-6; IEC 68-2-6-1982)												
Frequency range	Hz		5 ... 65									
Duration	ms		0.5									
Acceleration	m/s <sup>2</sup>		1000									
<b>Degree of protection per DIN EN 60 529</b>			IP67 <sup>6)</sup>									

- 1) Option: Adjustment of sensitivity to 2 mV/V (or 1 mV/V).
- 2) Reversibility error at 200% is typically the same as at nominal (rated) force.
- 3) Pure lateral force relating to the link centre of the transducer.
- 4) For transducer with adapter: 370 N·m.
- 5) See Chapter 5.2.
- 6) For the connected bayonet plug version.

- Dimensiones

## 10 Dimensions

### 10.1 U10M/U10S with foot adapter



### U10M

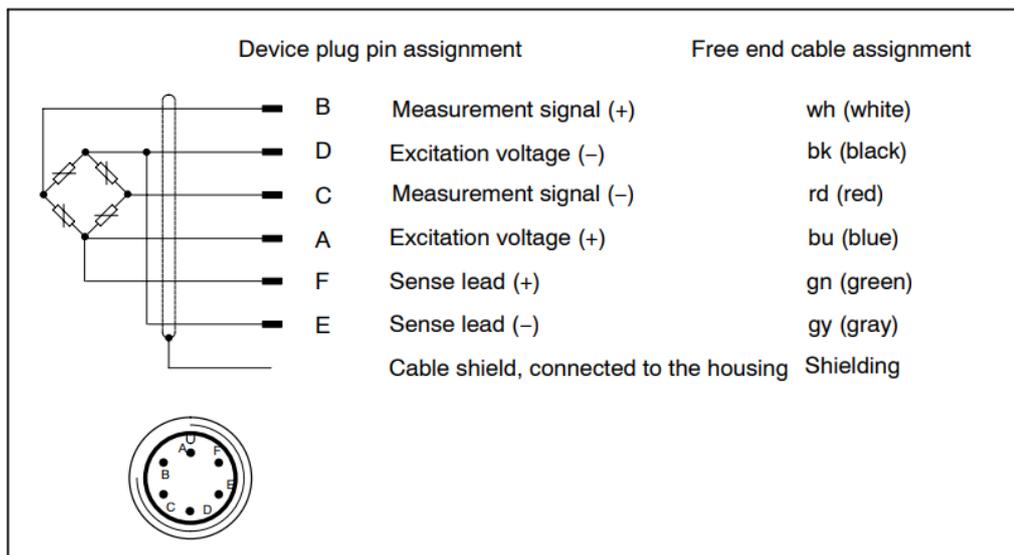
Nominal (rated) force	Dimensions in	ØA	ØB	D	E	ØF	G
1.25 kN – 5 kN	mm	104.8	88.9	22.5°	45°	30.4	M16x2-4H 28.4 mm deep
	inch	4.13	3.5			1.2	
12.5 kN – 25 kN	mm	104.8	88.9	22.5°	45°	31.5	M16x2-4H 28.4 mm deep
	inch	4.13	3.5			1.24	
50 kN	mm	153.9	130.3	15°	30°	61.2	M33x2-4H 35.6 mm deep
	inch	6.06	5.13			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 <sub>H8</sub>
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

- Conexión eléctrica

## 6.1 Connection with six-wire configuration



## Amplificador de medida: AE101

- Especificaciones

### AE101, AE 301, AE501 Measuring amplifiers

Type		AE101	AE301	AE501
<b>Accuracy class</b>		0.1	0.1	0.1
<b>Transducers that may be connected strain gauge full bridge</b>				
$V_E = 10\text{ V}$	$\Omega$	340 ... 5000	-	-
$V_E = 5\text{ V}$	$\Omega$	170 ... 5000	170 ... 5000	-
$V_E = 2.5\text{ V}$	$\Omega$	85 ... 5000	85 ... 5000	-
<b>Inductive half/full bridge</b>				
$V_E = 5\text{ V}$	mH	-	-	5 ... 20
$V_E = 2.5\text{ V}$	mH	-	-	2.5 ... 20
$V_E = 1\text{ V}$	mH	-	-	1 ... 20
<b>Bridge excitation voltage <math>V_E</math> (symmetrical)</b>	V	10	5	2.5
	V	5	2.5	1
	V	2.5	-	-
<b>Permissible cable length between transducer and amplifier</b>	m	500		
<b>Carrier frequency</b>	Hz	DC	600	4800
<b>Bridge zero balance</b>				
coarse approx.	mV/V	$\pm 2$	$\pm 1$	$\pm 80$
fine approx.	mV/V	$\pm 0.08$	$\pm 0.05$	$\pm 3.2$
<b>Measuring ranges</b>				
$V_E = 10\text{ V}$	mV/V	0.1 ... 2	-	-
$V_E = 5\text{ V}$	mV/V	0.2 ... 4	0.2 ... 4 <sup>1)</sup>	-
$V_E = 2.5\text{ V}$	mV/V	0.4 ... 8	0.4 ... 8 <sup>2)</sup>	8 ... 160
$V_E = 1\text{ V}$	mV/V	-	-	20 ... 400
<b>Calibration signal, in addition to the meas. signal</b>	mV/V	$+0.2 \pm 1\%$	$+0.2 \pm 1\%$	$+8 \pm 1\%$
<b>Input impedance</b>	M $\Omega$	$>10 / 2\text{ nF}$	$>1 / 3\text{ nF}$	$>1 / 1.5\text{ nF}$
<b>Common mode voltage. max. perm.</b>	V <sub>pp</sub>	$\pm 10\text{ V}$	$\pm 5\text{ V}$	
<b>Common mode rejection</b>				
0... 300 Hz	dB	$> 100$	$> 100$	
$> 300\text{ Hz}$	dB	$> 85$	-	
<b>Linearity deviation</b>	% full scale	$< 0.05$ typ 0.03		$< 0.1$ typ 0.05
<b>Output voltage</b>	V	$\pm 10$	$\pm 10$	
Slew rate. max.	V/ $\mu\text{s}$	0.4	-	
<b>Load resistance</b>	k $\Omega$	$\geq 4$		
<b>Internal resistance</b>	$\Omega$	$< 2$		

<sup>1)</sup> AE301S6 and AE301S7: 0.1...2

<sup>2)</sup> AE301S6 and AE301S7: 0.2...4

<sup>3)</sup> AE301S6 and AE301S7: 0.2...4

**Technical data continued**

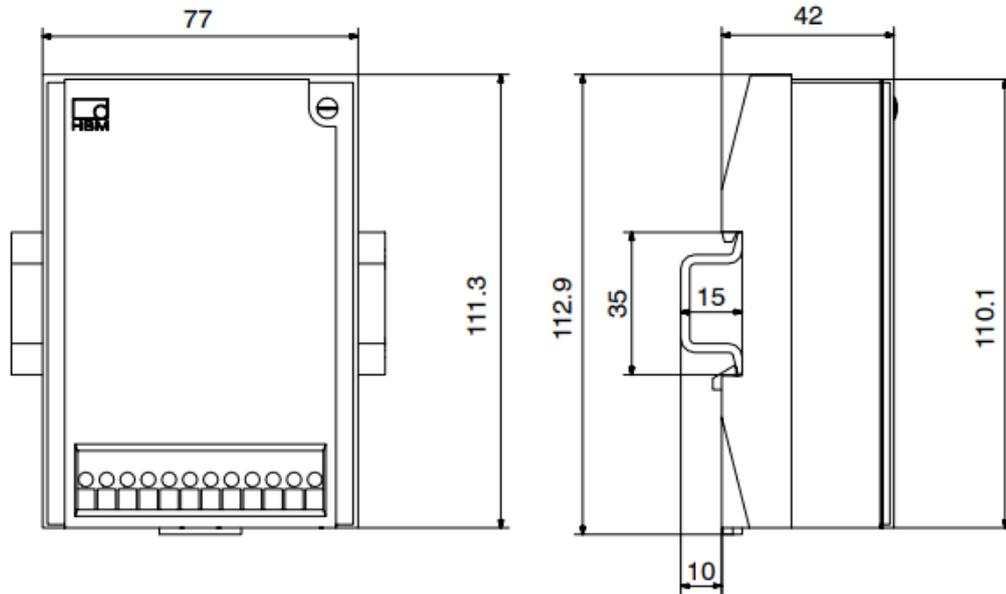
Type		AE101	AE301	AE501
<b>Measuring frequency range</b>				
3rd-order changeover low-pass filter. Bessel (-1 dB)	Hz	0 ... 10	-	-
	kHz	0 ... 6	-	-
3rd-order low-pass filter Bessel (-1 dB)	Hz	-	0 ... 10 <sup>3)</sup>	0 ... 10
<b>Phase velocity</b>				
with 0...10 Hz filter	ms	< 18	< 16 <sup>4)</sup>	< 17
with 0...6 kHz filter	µs	< 20	-	-
<b>Rise time with 0...10 Hz filter</b>	ms	25 <sup>5)</sup>		
<b>Overshoot in the case of voltage surge</b>				
with 0 ... 10 Hz filter	%	0	< 2	
with 0 ... 6 kHz filter	%	< 10	-	
<b>Noise voltage</b>				
measuring range 0.2 mV/V (10 Hz)	mV <sub>rms</sub>	< 4	< 4	-
measuring range 2 mV/V (10 Hz)	mV <sub>rms</sub>	< 4	< 4	-
measuring range 1 mV/V (10 Hz)	mV <sub>rms</sub>	-	-	-
measuring range 10 mV/V (10 Hz)	mV <sub>rms</sub>	-	-	-
measuring range 8 mV/V (10 Hz)	mV <sub>rms</sub>	-	-	< 4
measuring range 80 mV/V (10 Hz)	mV <sub>rms</sub>	-	-	< 4
measuring range 0.2 mV/V (6 kHz)	mV <sub>rms</sub>	< 30	-	-
measuring range 2 mV/V (6 kHz)	mV <sub>rms</sub>	< 6	-	-
<b>Long term drift over 48 hours (after 1 h warm-up time)</b>	µV/V	< 0.2	< 0.1	< 0.8
<b>Effect of a 10 K-change in ambient temperature</b>				
on sensitivity	% full scale	< 0.1 typ 0.05	< 0.1 typ 0.05	< 0.1 typ 0.05
on zero point				
measuring range 0.2 mV/V	mV	< 60	< 10	-
measuring range 2 mV/V	mV	< 10	< 4	-
meas. range 8 mV/V (1 mV/V)	mV	-	-	< 10
meas. range 80 mV/V (10 mV/V)	mV	-	-	< 4
<b>Effect of a +15 ... 30 V change in operating voltage</b>				
on sensitivity	mV		< 1	
zero point (350 Ω bridge resistance)	mV		< 1	
<b>5V-synchronization (square wave)</b>	kHz	-	76.8	
<b>Residual carrier voltage</b>	mV	-	< 5	
<b>Operating voltage (DC)</b>	V	+15 ... 30		
<b>Power consumption</b>	mA	≤ 125		≤ 100
<b>Nominal temperature range</b>	°C	-20 ... +60		
<b>Service temperature range</b>	°C	-20 ... +60		
<b>Storage temperature range</b>	°C	-25 ... +70		
<b>Degree of protection</b>		IP20		
<b>Weight</b>	g	200		

<sup>3)</sup> AE301S6: 0...2 (-1dB)  
AE301S7: 0...60 (-1dB)

<sup>4)</sup> AE301S6: <80 (filter frequency 2 Hz)  
AE301S7: <2,8 (filter frequency 60 Hz)

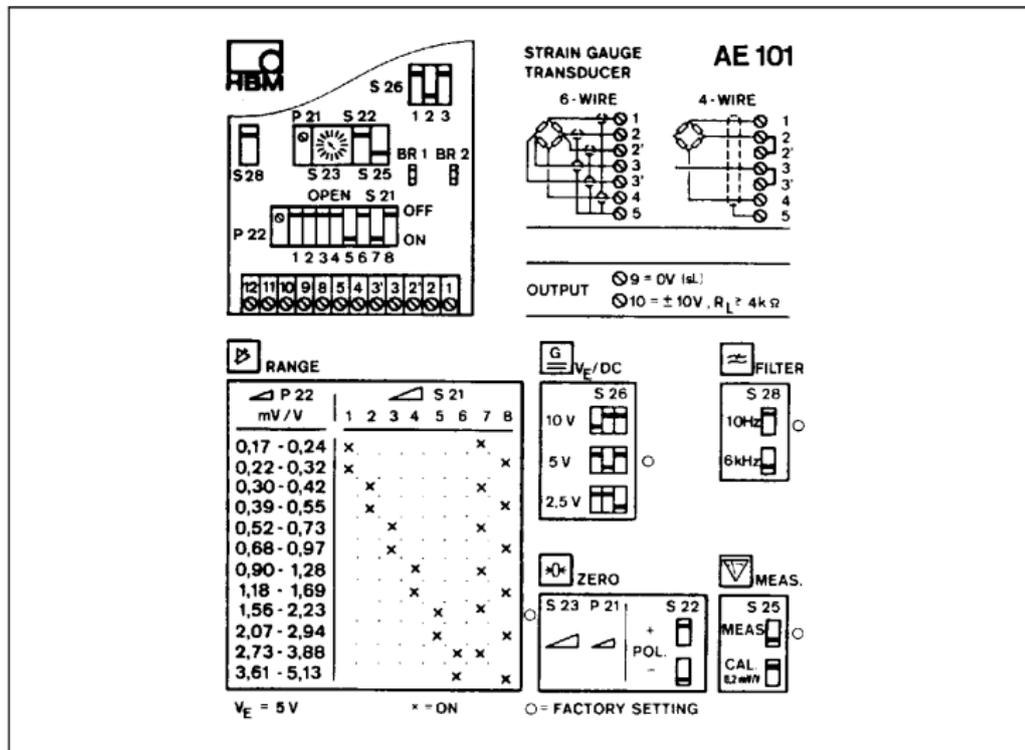
<sup>5)</sup> Rise time with AE301S7 6 ms  
Rise time with AE301S6 200 ms

- Dimensiones



- Configuración

#### 4.1 AE101 Measuring amplifiers





- Conexiones

Type	AE101, AE301, AE501	
Terminal	Function	Color ( HBM - cable)
1	Measuring signal	WH (white)
2	Bridge excitation voltage	BK (black)
2'	Sensor line	GY (grey)
3	Bridge excitation voltage	BU (blue)
3'	Sensor line	GN (green)
4	Measuring signal	RD (red)
5	Screen/Ground	YE (yellow)
8	Synchronization (not with AE101)	
9	Operating-voltage zero*)	
10	Output voltage	
11	Supply voltage zero*)	
12	Supply voltage	



## DAQ: NI USB-6001

- Especificaciones

# Analog Input

---

### Number of channels

Differential.....4

Single-ended.....8

ADC resolution.....14-bit

Maximum sample rate (aggregate).....20 kS/s

Converter type.....Successive approximation

AI FIFO.....2,047 samples

Trigger sources.....Software, PFI 0, PFI 1

Input range.....±10 V

Working voltage.....±10 V

### Overvoltage protection

Powered-on.....±30 V

Powered-off.....±20 V

Input impedance.....>1 GΩ

Input bias current.....±200 pA

### Absolute accuracy

Typical at full scale.....6 mV

Maximum over temperature,  
full scale.....26 mV

System noise.....0.7 mVrms

DNL.....14-bit, no missing codes

INL.....±0.5 LSB

CMRR.....56 dB (DC to 5 kHz)

Bandwidth.....300 kHz



## Analog Output

---

Analog outputs .....	2
DAC resolution.....	14-bit
Output range.....	±10 V
Maximum update rate.....	5 kS/s simultaneous per channel, hardware-timed
AO FIFO.....	2,047 samples
Trigger sources.....	Software, PFI 0, PFI 1
Output current drive.....	±5 mA
Short circuit current.....	±11 mA
Slew rate.....	3 V/μs
Output impedance.....	0.2 Ω
Absolute accuracy (no load)	
Typical at full scale.....	9.1 mV
Maximum over temperature, full scale.....	34 mV
DNL.....	14-bit, no missing codes
INL.....	±1 LSB
Power-on state.....	0 V
Startup glitch.....	-7 V for 10 μs

## Timebase

---



**Note** The following specifications apply to the sampling accuracy for hardware-timed analog input and analog output.

Timebase frequency.....	80 MHz
Timebase accuracy .....	±100 ppm
Timing resolution.....	12.5 ns

## Digital I/O

### 13 digital lines

Port 0 .....	8 lines
Port 1 .....	4 lines
Port 2 .....	1 lines

### Function

P0.<0..7> .....	Static digital input/output
P1.0 .....	Static digital input/output
P1.1/PFI 1 .....	Static digital input/output, counter source or digital trigger
P1.<2..3> .....	Static digital input/output
P2.0/PFI 0 .....	Static digital input/output, counter source or digital trigger

Direction control ..... Each channel individually programmable as input or output

Output driver type ..... Each channel individually programmable as open collector or active drive

Absolute maximum voltage range ..... -0.3 V to 5.5 V with respect to D GND

Pull-down resistor ..... 47.5 k $\Omega$  to D GND

Power-on state ..... Input

## Digital Input

Input voltage range (powered on) ..... 0 to 5 V

Input voltage range (powered off) ..... 0 to 3.3 V

Input voltage protection .....  $\pm 20$  V on two lines per port (maximum of five lines for all ports) for up to 24 hours



**Caution** Do not leave a voltage above 3.3 V connected on any DIO line for extended periods of time when the device is powered off. This may lead to long term reliability issues.

Minimum  $V_{IH}$  ..... 2.3 V

Maximum  $V_{IL}$  ..... 0.8 V

### Maximum input leakage current

At 3.3 V ..... 0.8 mA

At 5 V ..... 4.5 mA



## Digital Output (Active Drive)

Maximum $V_{OL}$ (4 mA).....	0.7 V
Maximum $V_{OL}$ (1 mA).....	0.2 V
Minimum $V_{OH}$ (4 mA).....	2.1 V
Minimum $V_{OH}$ (1 mA).....	2.8 V
Maximum $V_{OH}$ .....	3.6 V
Maximum output current per line.....	$\pm 4$ mA

## Counter

---

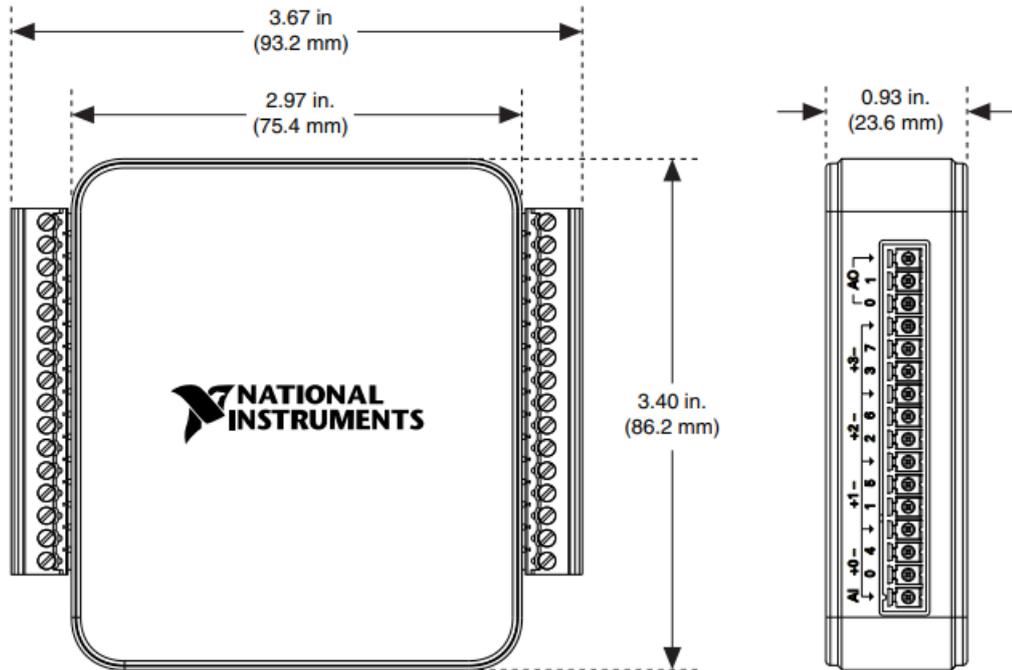
Number of counters.....	1
Resolution.....	32-bit
Counter measurements.....	Edge counting, rising or falling
Counter direction.....	Count up
Counter source.....	PFI 0 or PFI 1
Maximum input frequency.....	5 MHz
Minimum high pulse width.....	100 ns
Minimum low pulse width.....	100 ns

## +5 V Power Source

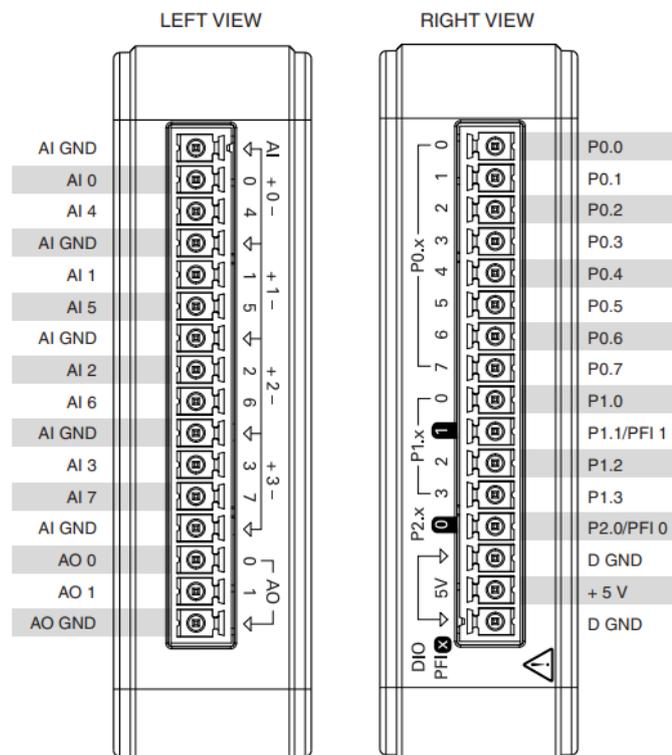
---

Output voltage.....	+5 V, $\pm 3\%$
Maximum current.....	150 mA
Overcurrent protection.....	200 mA
Short circuit current.....	50 mA
Overvoltage protection.....	$\pm 20$ V

- Dimensiones



- Asignación de pines





## 2. Documentación de directivas

### Directiva 2006/42/CE

- Anexo I: Principios Generales

#### 1.7.4.1. Principios generales de redacción del manual de instrucciones

- a) El manual de instrucciones estará redactado en una o varias de las lenguas oficiales de la Comunidad. La mención «Manual original» deberá figurar en la versión o versiones lingüísticas comprobadas por el fabricante o por su representante autorizado.
- b) Cuando no exista un «Manual original» en la lengua o lenguas oficiales del país de utilización, el fabricante o su representante autorizado, o el responsable de la introducción de la máquina en la zona lingüística de que se trate, deberá proporcionar una traducción en esa lengua o lenguas oficiales. Estas traducciones incluirán la mención «Traducción del manual original».
- c) El contenido del manual de instrucciones no solo deberá tener en cuenta el uso previsto de la máquina, sino también su mal uso razonablemente previsible.
- d) En el caso de máquinas destinadas a usuarios no profesionales, en la redacción y la presentación del manual de instrucciones se tendrá en cuenta el nivel de formación general y la perspicacia que, razonablemente, pueda esperarse de dichos usuarios.

#### 1.7.4.2. Contenido del manual de instrucciones

Cada manual de instrucciones contendrá como mínimo, cuando proceda, la información siguiente:

- a) la razón social y dirección completa del fabricante y de su representante autorizado;
- b) la designación de la máquina, tal como se indique sobre la propia máquina, con excepción del número de serie (véase el punto 1.7.3);
- c) la declaración CE de conformidad o un documento que exponga el contenido de dicha declaración y en el que figuren las indicaciones de la máquina sin que necesariamente deba incluir el número de serie y la firma;
- d) una descripción general de la máquina;
- e) los planos, diagramas, descripciones y explicaciones necesarias para el uso, el mantenimiento y la reparación de la máquina, así como para comprobar su correcto funcionamiento;
- f) una descripción de los puestos de trabajo que puedan ocupar los operadores;
- g) una descripción del uso previsto de la máquina;
- h) advertencias relativas a los modos que, por experiencia, pueden presentarse, en los que no se debe utilizar una máquina;
- i) las instrucciones de montaje, instalación y conexión, incluidos los planos, diagramas y medios de fijación y la designación del chasis o de la instalación en la que debe montarse la máquina;
- j) las instrucciones relativas a la instalación y al montaje, dirigidas a reducir el ruido y las vibraciones;
- k) las instrucciones relativas a la puesta en servicio y la utilización de la máquina y, en caso necesario, las instrucciones relativas a la formación de los operadores;
- l) información sobre los riesgos residuales que existan a pesar de las medidas de diseño inherentemente seguro, de los protectores y otras medidas de protección complementarias adoptados;
- m) instrucciones acerca de las medidas preventivas que debe adoptar el usuario, incluyendo, cuando proceda, los equipos de protección individual a prever;
- n) las características básicas de las herramientas que puedan acoplarse a la máquina;
- o) las condiciones en las que las máquinas responden al requisito de estabilidad durante su utilización, transporte, montaje, desmontaje, situación de fuera de servicio, ensayo o situación de avería previsible;



- p) instrucciones para que las operaciones de transporte, manutención y almacenamiento puedan realizarse con total seguridad, con indicación de la masa de la máquina y la de sus diversos elementos cuando, de forma regular, deban transportarse por separado;
- q) el modo operativo que se ha de seguir en caso de accidente o de avería; si es probable que se produzca un bloqueo, el modo operativo que se ha de seguir para lograr el desbloqueo del equipo con total seguridad;
- r) la descripción de las operaciones de reglaje y de mantenimiento que deban ser realizadas por el usuario, así como las medidas de mantenimiento preventivo que se han de cumplir;
- s) instrucciones diseñadas para permitir que el reglaje y el mantenimiento se realicen con total seguridad, incluidas las medidas preventivas que deben adoptarse durante este tipo de operaciones;
- t) las características de las piezas de recambio que deben utilizarse, cuando estas afecten a la salud y seguridad de los operadores;
- u) las siguientes indicaciones sobre el ruido aéreo emitido:
  - el nivel de presión acústica de emisión ponderado A en los puestos de trabajo, cuando supere 70 dB(A); si este nivel fuera inferior o igual a 70 dB(A), deberá mencionarse,
  - el valor máximo de la presión acústica instantánea ponderado C en los puestos de trabajo, cuando supere 63 Pa (130 dB con relación a 20  $\mu$ Pa),
  - el nivel de potencia acústica ponderado A emitido por la máquina, si el nivel de presión acústica de emisión ponderado A supera, en los puestos de trabajo, 80 dB(A).

Estos valores se medirán realmente en la máquina considerada, o bien se establecerán a partir de mediciones efectuadas en una máquina técnicamente comparable y representativa de la máquina a fabricar.

Cuando la máquina sea de muy grandes dimensiones, la indicación del nivel de potencia acústica ponderado A podrá sustituirse por la indicación de los niveles de presión acústica de emisión ponderados A en lugares especificados en torno a la máquina.

Cuando no se apliquen las normas armonizadas, los datos acústicos se medirán utilizando el código de medición que mejor se adapte a la máquina. Cuando se indiquen los valores de emisión de ruido, se especificará la incertidumbre asociada a dichos valores. Deberán describirse las condiciones de funcionamiento de la máquina durante la medición, así como los métodos utilizados para esta.

Cuando el o los puestos de trabajo no estén definidos o no puedan definirse, la medición del nivel de presión acústica ponderado A se efectuará a 1 m de la superficie de la máquina y a una altura de 1,6 metros por encima del suelo o de la plataforma de acceso. Se indicará la posición y el valor de la presión acústica máxima.

Cuando existan directivas comunitarias específicas que prevean otros requisitos para medir el nivel de presión acústica o el nivel de potencia acústica, se aplicarán estas directivas y no se aplicarán los requisitos correspondientes del presente punto;

- v) cuando sea probable que la máquina emita radiaciones no ionizantes que puedan causar daños a las personas, en particular a las personas portadoras de dispositivos médicos implantables activos o inactivos, información sobre la radiación emitida para el operador y las personas expuestas.

#### 1.7.4.3. Información publicitaria

La información publicitaria que describa la máquina no deberá contradecir al manual de instrucciones en lo que respecta a los aspectos de salud y seguridad. La información publicitaria que describa las características de funcionamiento de la máquina deberá contener la misma información que el manual de instrucciones acerca de las emisiones.



- Anexo VII

A. Expediente técnico de las máquinas

La presente parte describe el procedimiento para elaborar un expediente técnico. El expediente técnico deberá demostrar la conformidad de la máquina con los requisitos de la presente Directiva. Deberá referirse, en la medida en que sea necesario para esta evaluación, al diseño, fabricación y funcionamiento de la máquina. El expediente técnico deberá elaborarse en una o más de las lenguas oficiales de la Comunidad, con la excepción del manual de instrucciones de la máquina, al que se aplicarán los requisitos particulares contemplados en el anexo I, punto 1.7.4.1.

1. El expediente técnico constará de los siguientes elementos:

a) un expediente de fabricación integrado por:

- una descripción general de la máquina,
- el plano de conjunto de la máquina y los planos de los circuitos de mando, así como las descripciones y explicaciones pertinentes, necesarias para comprender el funcionamiento de la máquina,
- los planos detallados y completos, acompañados de las eventuales notas de cálculo, resultados de ensayos, certificados, etc., que permitan verificar la conformidad de la máquina con los requisitos esenciales de salud y seguridad,
- la documentación relativa a la evaluación de riesgos, que muestre el procedimiento seguido, incluyendo:
  - i) una lista de los requisitos esenciales de salud y seguridad que se apliquen a la máquina,
  - ii) la descripción de las medidas preventivas aplicadas para eliminar los peligros identificados o reducir los riesgos y, en su caso, la indicación de los riesgos residuales asociados a la máquina,
- las normas y demás especificaciones técnicas utilizadas, con indicación de los requisitos esenciales de seguridad y salud cubiertos por dichas normas,
- cualquier informe técnico que refleje los resultados de los ensayos realizados por el fabricante, por un organismo elegido por este o su representante autorizado,
- un ejemplar del manual de instrucciones de la máquina,
- en su caso, declaración de incorporación de las cuasi máquinas incluidas y las correspondientes instrucciones para el montaje de estas,
- en su caso, sendas copias de la declaración CE de conformidad de las máquinas u otros productos incorporados a la máquina,
- una copia de la declaración CE de conformidad;

b) en caso de fabricación en serie, las disposiciones internas que vayan a aplicarse para mantener la conformidad de las máquinas con la presente Directiva.

El fabricante deberá someter los componentes o accesorios, o la máquina en su totalidad, a los estudios y ensayos necesarios para determinar si, por su diseño o fabricación, la máquina puede montarse y ponerse en servicio en condiciones de seguridad. En el expediente técnico se incluirán los informes y resultados correspondientes.

2. El expediente técnico indicado en el punto 1 deberá estar a disposición de las autoridades competentes de los Estados miembros al menos durante diez años desde la fecha de fabricación de la máquina o de la última unidad producida.

El expediente técnico no tendrá que permanecer obligatoriamente en el territorio de la Comunidad Europea, ni existir permanentemente en una forma material. No obstante, la persona indicada en la declaración CE de conformidad habrá de poder reunirlo y tenerlo disponible en un tiempo compatible con su complejidad.

El expediente técnico no tendrá que incluir planos detallados ni ninguna otra información específica por lo que respecta a los subconjuntos utilizados para la fabricación de la máquina, salvo que el conocimiento de los mismos sea esencial para verificar su conformidad con los requisitos esenciales de seguridad y salud.

3. El hecho de no presentar el expediente técnico en respuesta a un requerimiento debidamente motivado de las autoridades nacionales competentes podrá constituir razón suficiente para dudar de la conformidad de la máquina de que se trate con los requisitos esenciales de seguridad y salud.



## Directiva 2014/35/UE

- Anexo I

### PRINCIPALES ELEMENTOS DE LOS OBJETIVOS DE SEGURIDAD REFERENTES AL MATERIAL ELÉCTRICO DESTINADO A EMPLEARSE CON DETERMINADOS LÍMITES DE TENSIÓN

#### 1. Condiciones generales

- Las características fundamentales, cuyo reconocimiento y observancia ha de asegurar que el material eléctrico se utilice de manera segura y acorde con su destino, figurarán en el material eléctrico o, cuando esto no sea posible, en el documento que lo acompañe.
- El material eléctrico y sus componentes se fabricarán de modo que permitan un montaje y una conexión seguros y adecuados.
- El material eléctrico habrá de diseñarse y fabricarse de modo que quede garantizada la protección contra los peligros a que se refieren los puntos 2 y 3, a condición de que se utilice de manera acorde con su destino y sea objeto de un adecuado mantenimiento.

#### 2. Protección contra los peligros derivados del propio material eléctrico

Se establecerán medidas de índole técnica, de conformidad con el punto 1, a fin de que:

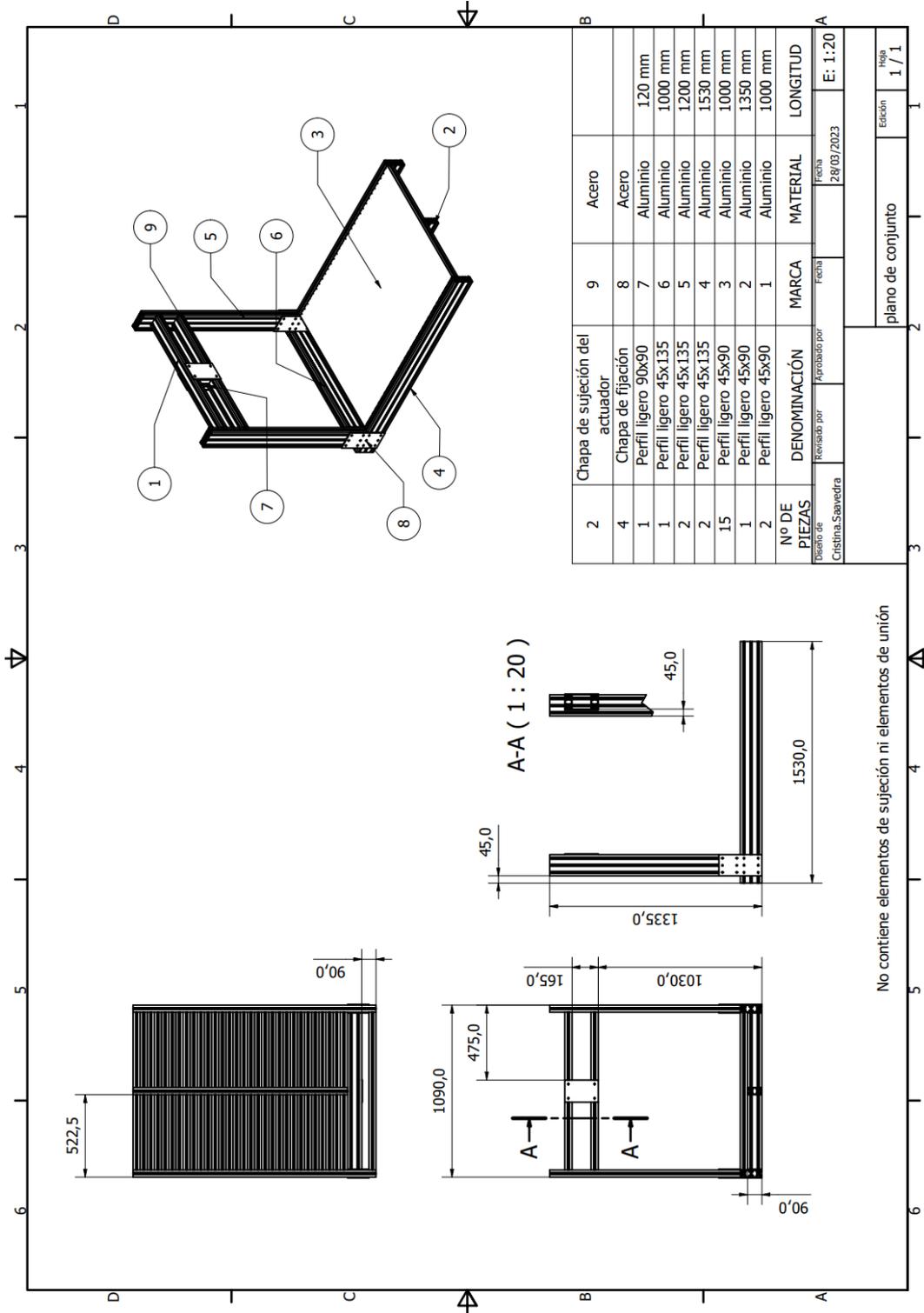
- las personas y los animales domésticos queden adecuadamente protegidos contra el peligro de lesiones físicas u otros daños que pueda provocar el contacto directo o indirecto;
- no se produzcan temperaturas, arcos o radiaciones peligrosas;
- se proteja convenientemente a las personas, los animales domésticos y los bienes contra los peligros de naturaleza no eléctrica causados por el material eléctrico que se desprendan de la experiencia;
- el sistema de aislamiento sea el adecuado para las condiciones de utilización previsibles.

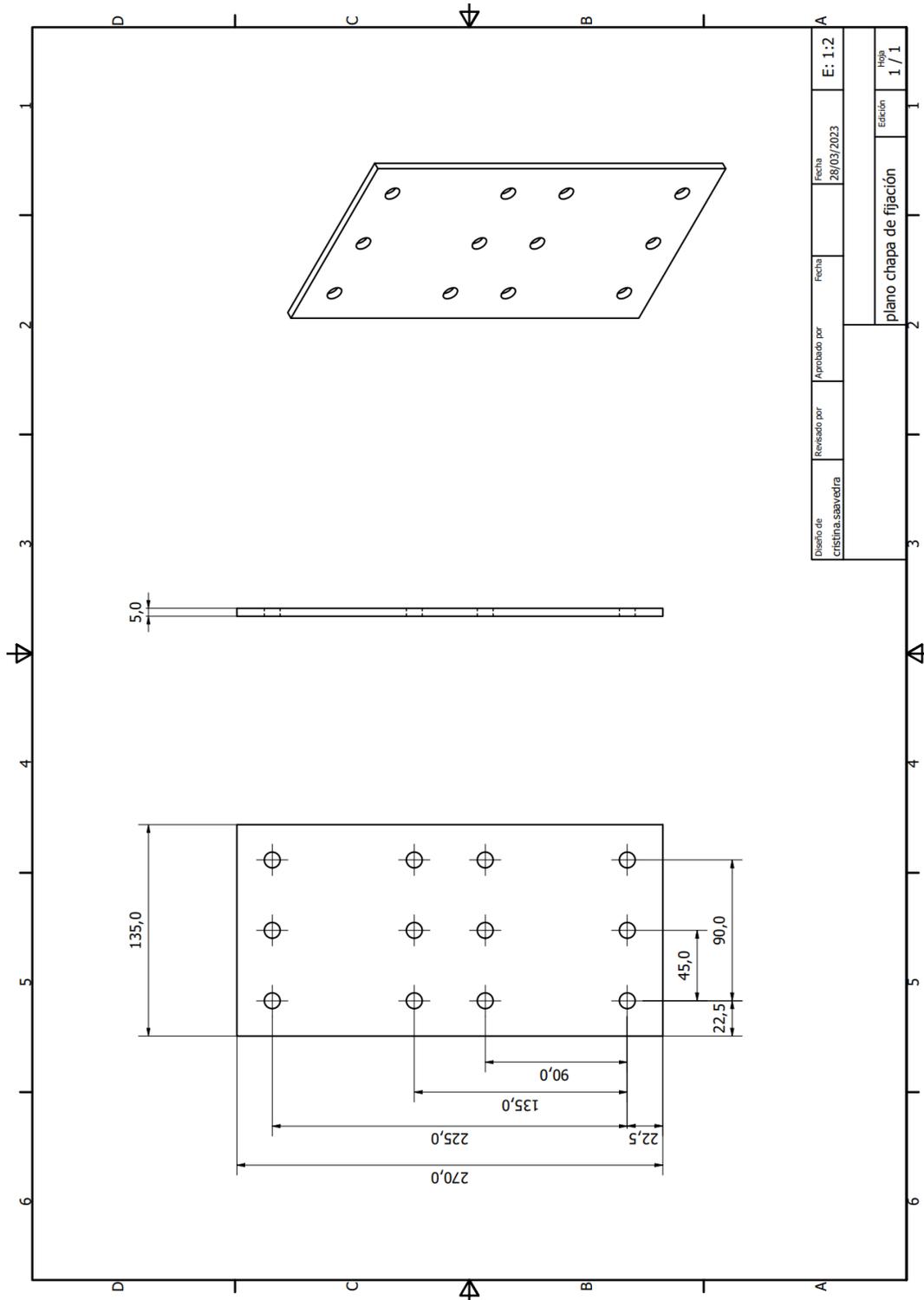
#### 3. Protección contra los peligros causados por efecto de influencias externas sobre el material eléctrico

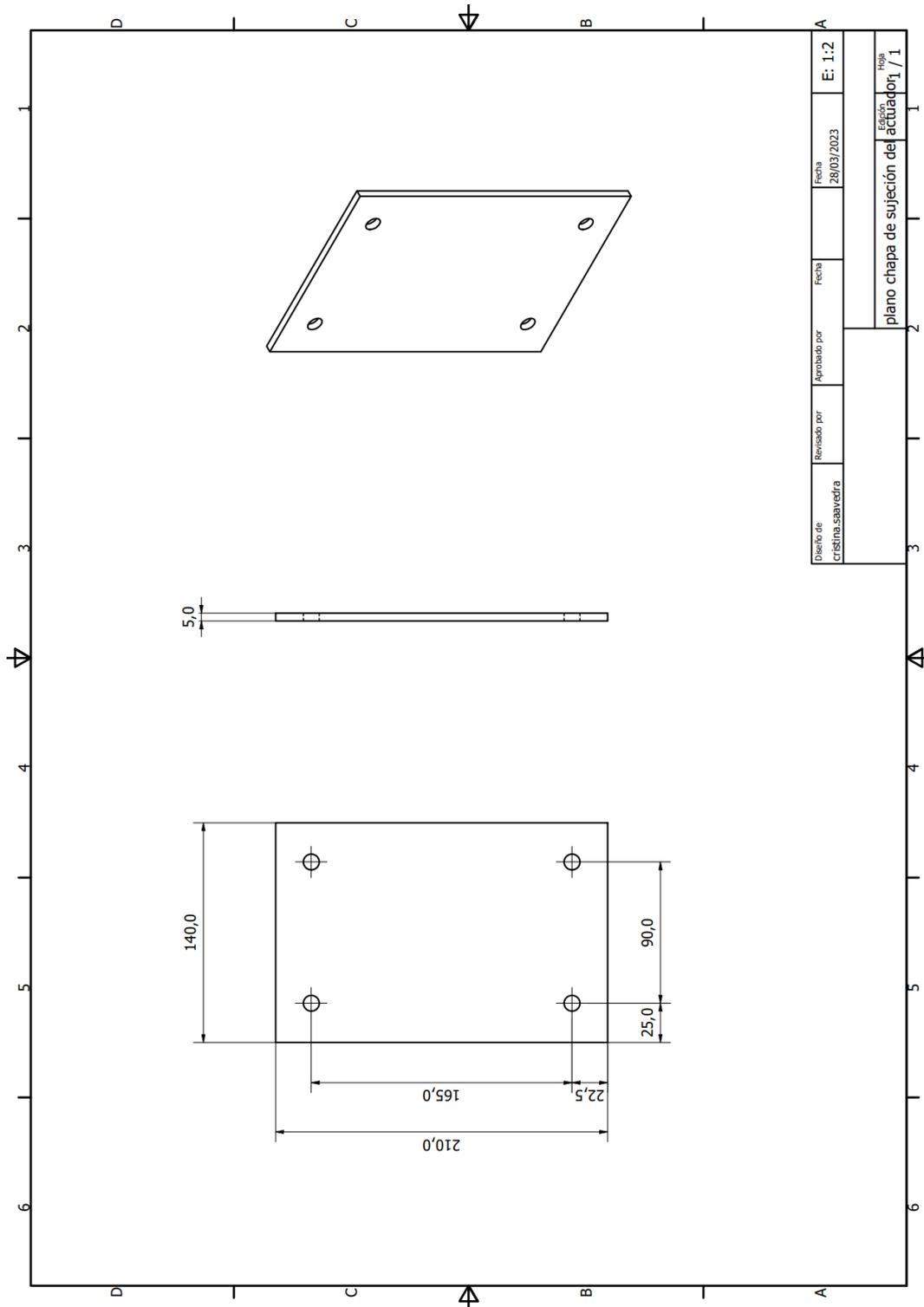
Se establecerán medidas de orden técnico conforme al punto 1, a fin de que el material eléctrico:

- responda a los requisitos mecánicos esperados de manera que no se ponga en peligro a las personas, los animales domésticos y los bienes;
- resista las influencias no mecánicas en las condiciones medioambientales esperadas de manera que no se ponga en peligro a las personas, los animales domésticos y los bienes;
- no ponga en peligro a las personas, los animales domésticos y los bienes en las condiciones de sobrecarga previsibles.

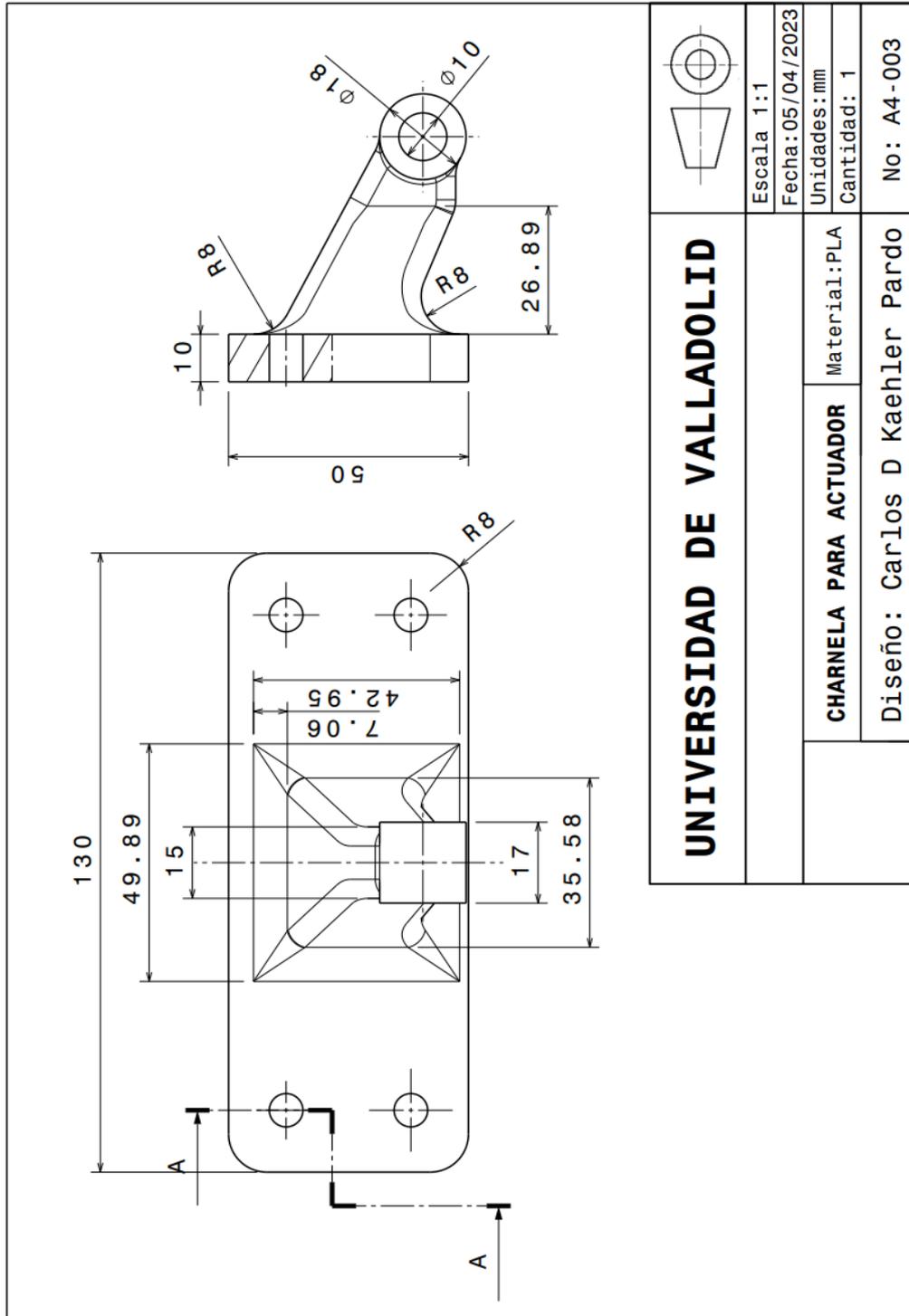
### 3. Planos de la estructura del banco de ensayos

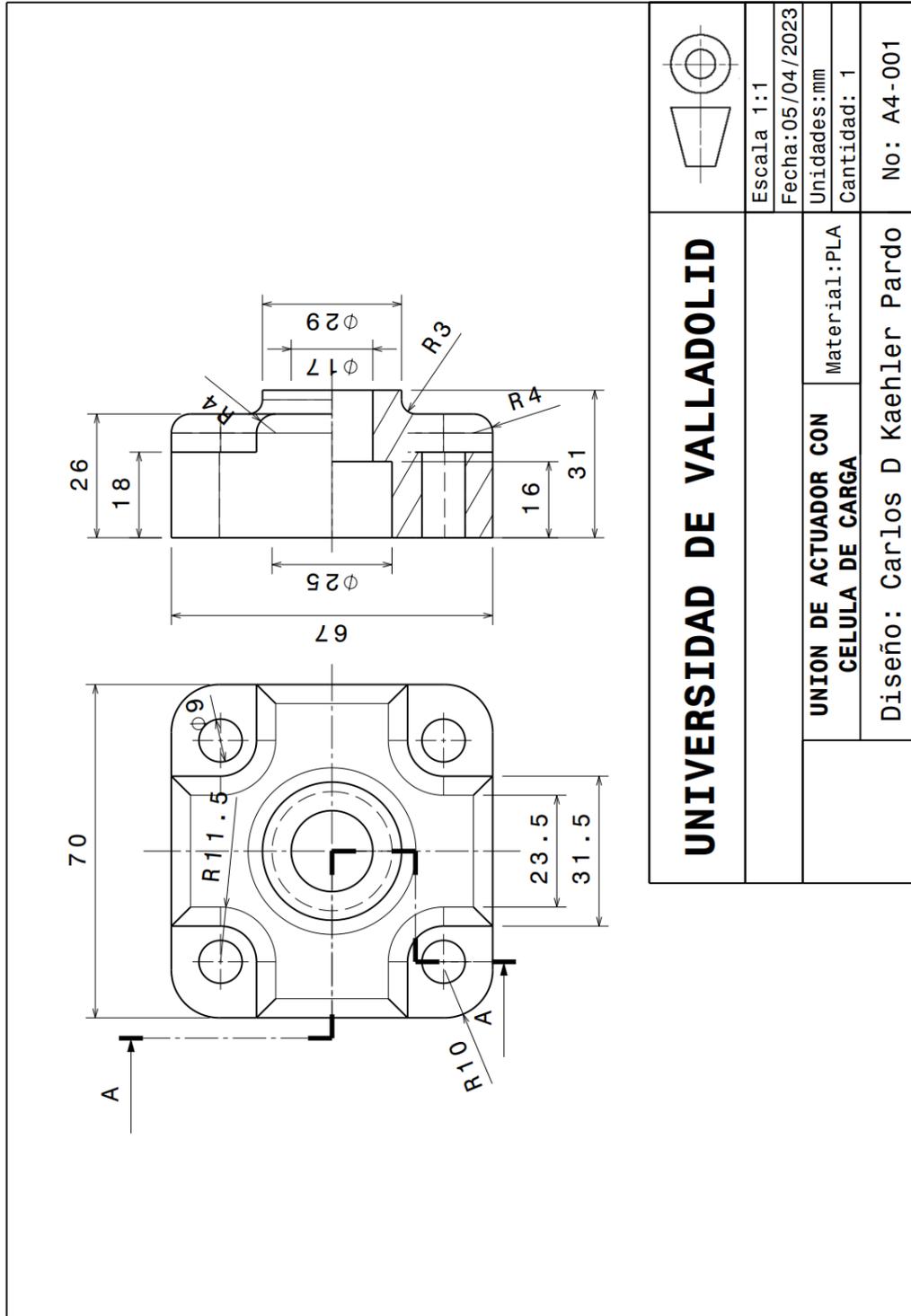


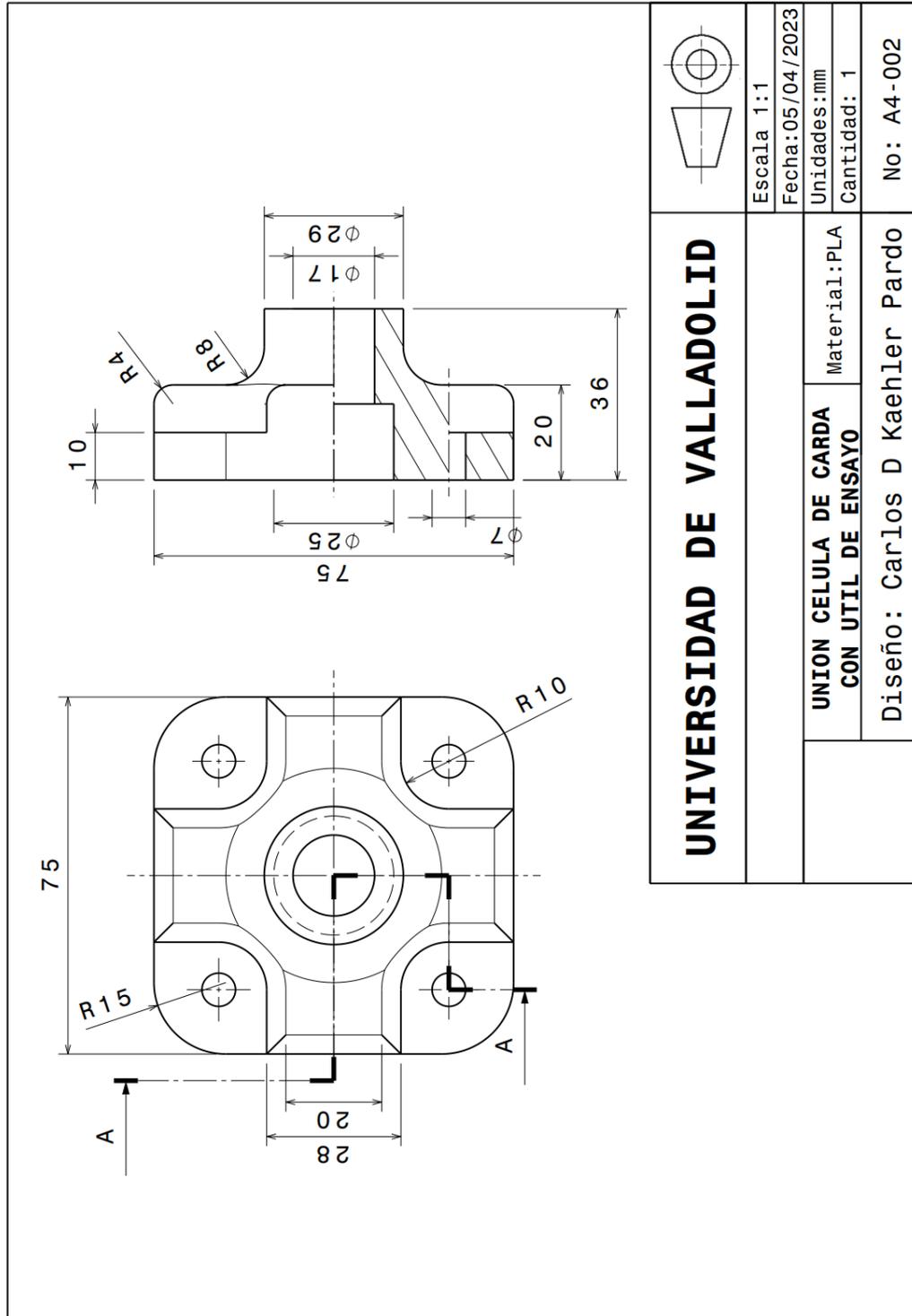




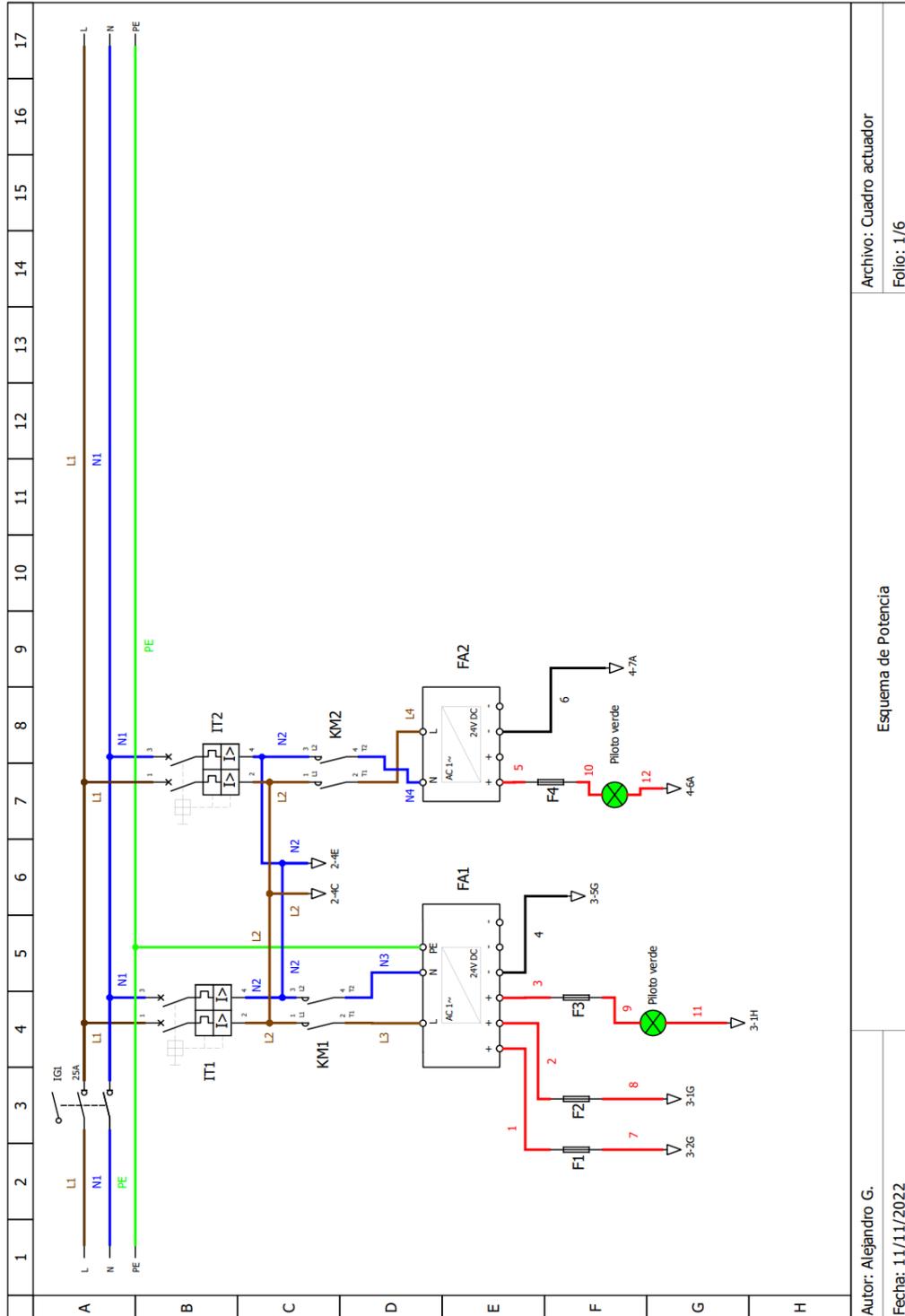
#### 4. Planos de las piezas en 3D







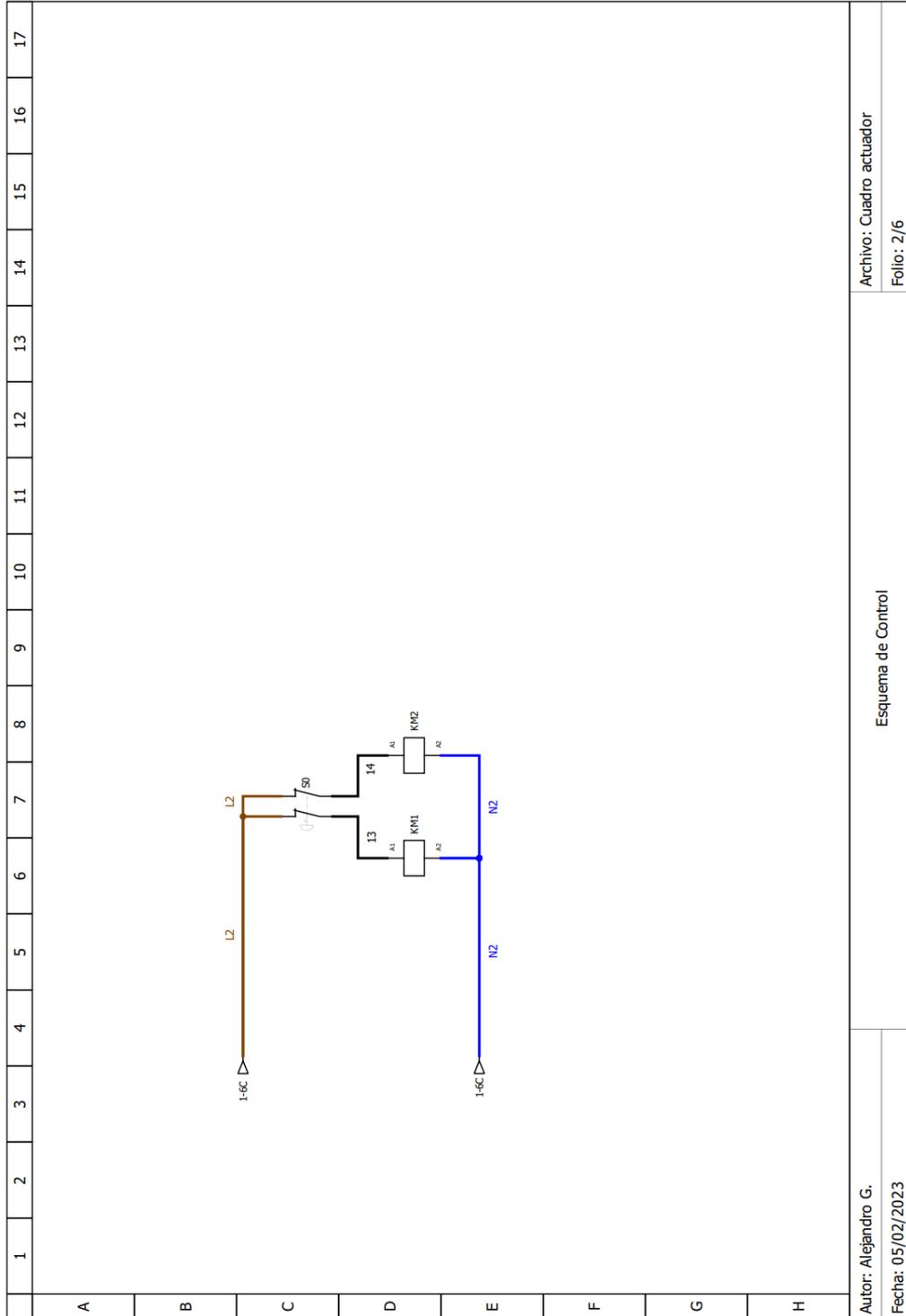
### 5. Planos del circuito eléctrico



Autor: Alejandro G.  
Fecha: 11/11/2022

Esquema de Potencia

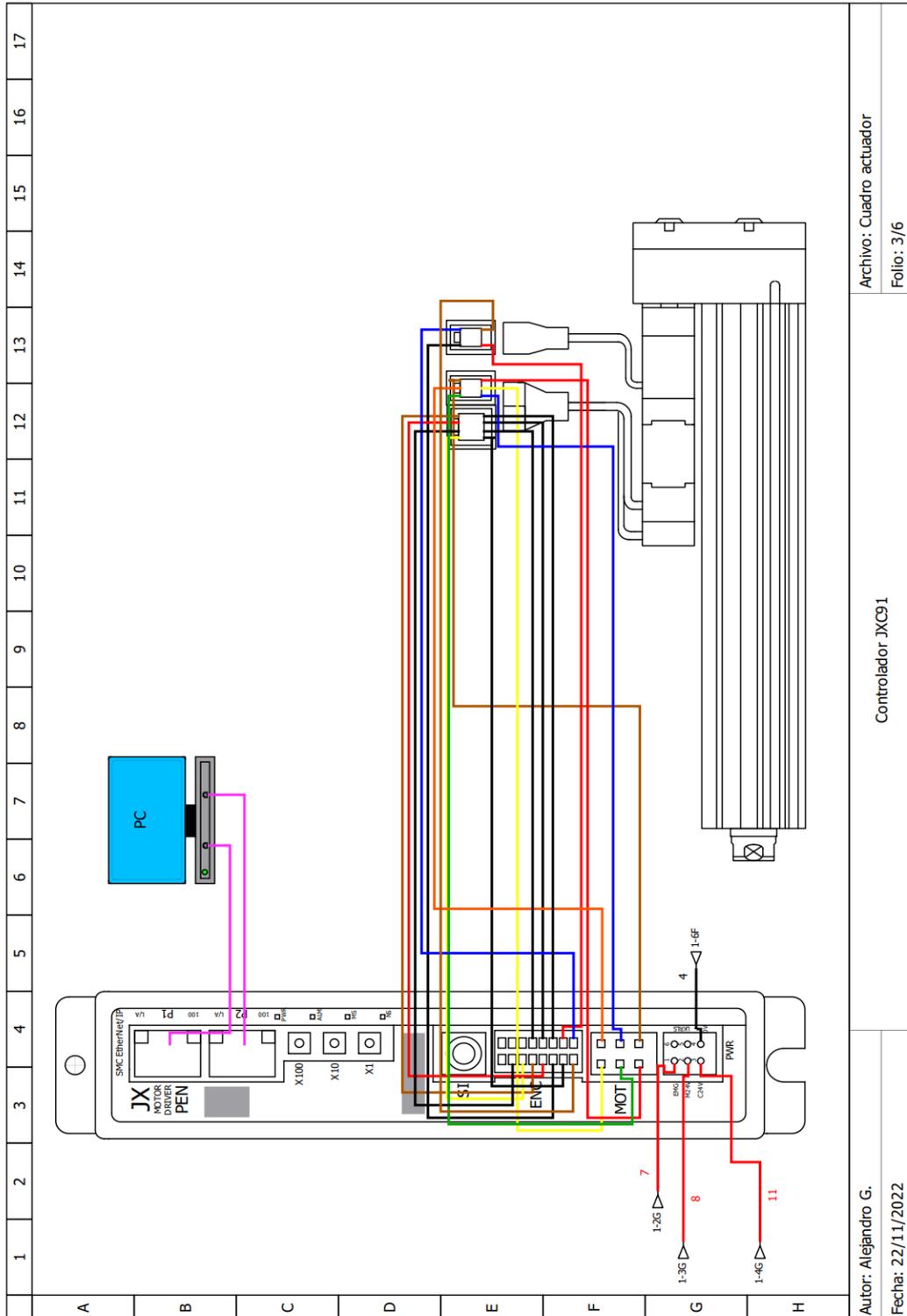
Archivo: Cuadro actuador  
Folio: 1/6



Autor: Alejandro G.  
 Fecha: 05/02/2023

Esquema de Control

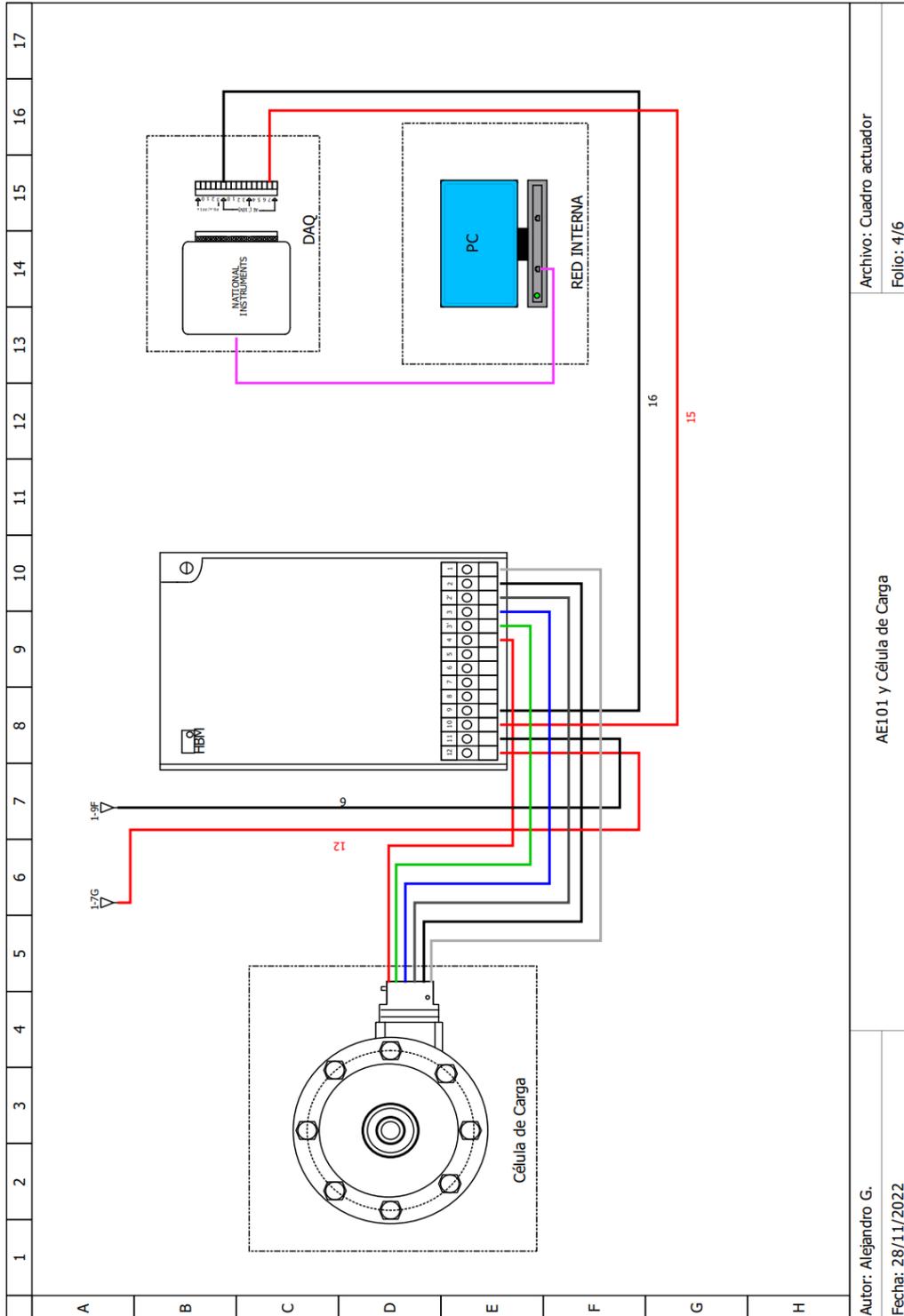
Archivo: Cuadro actuador  
 Folio: 2/6



Archivo: Cuadro actuador  
Folio: 3/6

Controlador JXC91

Autor: Alejandro G.  
Fecha: 22/11/2022



Archivo: Cuadro actuador

Folio: 4/6

AEI 01 y Célula de Carga

Autor: Alejandro G.

Fecha: 28/11/2022

