



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABALLO FIN DE GRAO  
CURSO 2016/17**

---

*CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ  
TORSIONAL DE FÍOS DE REDES DE PESCA*

---

**Grao en Enxeñaría Mecánica**

ALUMNO

**DAVID CASAL FREIRE**

TITORES

**MANUEL JESÚS GONZÁLEZ CASTRO  
AMELIA DE LA PRADA ARQUER**

DATA

**FEBREIRO 2017**



## ÍNDICE

1. Introducción .....	7
1.1. Obxecto.....	7
1.2. Alcance .....	7
1.3. Normativa.....	8
1.3.1. Lexislación española .....	8
1.3.2. Directivas europeas.....	8
2. Especificacións de deseño .....	9
2.1. Especificacións .....	9
2.2. Descrición do ensaio.....	9
3. Deseño mecánico .....	11
3.1. Mesa e estrutura base da máquina.....	11
3.2. Mordazas .....	13
3.3. Eixos .....	14
3.4. Soportes e rodamentos.....	16
3.5. Motor e acoplamento .....	18
3.6. Deslizadeira e sistema de tensado .....	20
3.7. Sistema de medición de par.....	21
4. Deseño mecatrónico.....	25
4.1. Compoñentes do sistema .....	25
4.2. Motor.....	26
4.3. Célula de carga.....	28
4.3.1. Descrición.....	28
4.3.2. Calibración .....	33
4.4. Software.....	36
5. Procedemento de ensaio.....	39
5.1. Posta en marcha .....	39
5.2. Primeira proba .....	40
5.3. Fío PE novo .....	41
5.4. Fío PE pretensado .....	42
6. Resultados.....	43
6.1. Rulo homoxéneo.....	43
6.2. Fío PE novo .....	44

6.3. Fío PE Pretensado .....	46
6.4. Conclusións .....	49

ANEXO I. Esquema eléctrico

ANEXO II. Resultados de calibración célula de carga

ANEXO III. Planos

ANEXO IV. Presupuesto

ANEXO IV. Follas de características

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Gráfico Par – Ángulo</i> .....	10
Figura 2. <i>Partes da máquina de ensaio a torsión</i> .....	11
Figura 3. <i>Vista superior do taboleiro</i> .....	12
Figura 4. <i>Estrutura principal</i> .....	13
Figura 5. <i>Detalle mordaza móbil e mordaza fixa</i> .....	14
Figura 6. <i>Dimensións dos eixos</i> .....	15
Figura 7. <i>Soporte EK10</i> .....	16
Figura 8. <i>Dimensións dos rodamentos</i> .....	17
Figura 9. <i>Soporte do motor</i> .....	18
Figura 10. <i>Parámetros do acoplamento</i> .....	19
Figura 11. <i>Corte das guías</i> .....	20
Figura 12. <i>Esquema do método de tensado</i> .....	21
Figura 13. <i>Sistema de medición de par</i> .....	22
Figura 14. <i>Montaxe do sistema de medición de par</i> .....	23
Figura 15. <i>Detalle da tuerca a aproximar</i> .....	24
Figura 16. <i>Esquema mecatrónico</i> .....	25
Figura 17. <i>Variantes de motores paso a paso</i> .....	26
Figura 18. <i>Detalle do motor</i> .....	28
Figura 19. <i>Ponte de Wheatstone</i> .....	29
Figura 20. <i>Phidgets - 3132_0 - Micro Load Cell (0-780g)</i> .....	31
Figura 21. <i>Detalle do controlador Phidgets 1046 coa carcasa</i> .....	32
Figura 22. <i>Resultado da primeira calibración coa célula montada</i> .....	33
Figura 23. <i>Resultados da calibración coa célula de carga libre</i> .....	34
Figura 24. <i>Resultados da calibración coa célula de carga montada</i> .....	35
Figura 25. <i>Distancia dende o eixo de xiro ao eixo de aplicación da forza</i> .....	35
Figura 26. <i>Gráficas de calibración superpostas</i> .....	36
Figura 27. <i>Ventá xerada polo programa</i> .....	37
Figura 28. <i>Primeira proba realizada con rulo homoxéneo</i> .....	40
Figura 29. <i>Gráfica obtida na primeira proba co rulo homoxéneo</i> .....	41
Figura 30. <i>Ensaio con fío de PE trenzado</i> .....	42
Figura 31. <i>Resultados do ensaio de rulo homoxéneo</i> .....	44
Figura 32. <i>Resultados do 1º ensaio de fío PE</i> .....	45

Figura 33. Resultados do 2º ensaio de fío PE .....	45
Figura 34. Comparación de resultados para fío PE novo .....	46
Figura 35. Resultados do 1º ensaio de fío PE pretensado .....	47
Figura 36. Resultados do 2º ensaio de fío PE pretensado .....	48
Figura 37. Comparación de resultados para fío PE pretensado .....	48
Figura 38. Comparación das dos ensaios das dúas mostras de fío PE.....	49

## ÍNDICE DE TÁBOAS

Táboa 1. <i>Dimensións do acoplamento</i> .....	19
Táboa 2. <i>Compoñentes do sistema de medición de par</i> .....	23
Táboa 3. <i>Propiedades do motor</i> .....	28
Táboa 4. <i>Propiedades Phidgets - 3139_0 - Micro Load Cell (0-100g)</i> .....	31
Táboa 5. <i>Propiedades da célula de carga elixida</i> .....	32
Táboa 6. <i>Parámetros introducidos na realización dos ensaios</i> .....	40





## **1. INTRODUCCIÓN**

Na actualidade as fábricas redeiras buscan ofrecer un produto de gran resistencia e o máis lixeiro posible partindo de fibras sintéticas de polímeros. Como sucede noutros sectores, o redeiro busca sumarse ás técnicas de análise e simulación asistida por ordenador de xeito que permita predicir o comportamento en servizo das redes antes de seren fabricadas. Deste xeito conséguese un mellor resultado do produto final.

Para a análise das redes mediante programas de elementos finitos é necesario coñecer de antemán algunhas características do material que as conforma. Unha destas características é o módulo de torsión dos fíos cos que se elaboran estas redes e que non se proporciona nas características que ofrece o fabricante.

Por iso resulta de gran interese o deseño dun sistema para estudar a resistencia que ofrecen a torsión os distintos fíos que compoñen as redes de pesca e que permita calcular o módulo torsional de cada un deles.

### **1.1. Obxecto**

O obxecto principal deste traballo fin de grao é a implementación dunha máquina de ensaio a torsión para caracterizar experimentalmente a resistencia torsional de diferentes tipos de fíos de redes de pesca, e utilizar os datos obtidos para determinar o módulo de torsión.

### **1.2. Alcance**

Procederáse á construción dun dispositivo para caracterizar experimentalmente a resistencia a torsión de fíos de redes de pesca.

Unha vez rematada a construción realizaranse de ensaios con mostras de diferentes dimensións e materiais.

Finalmente realizarase unha análise dos datos obtidos experimentalmente co fin de determinar rexións de comportamento lineal, non lineal, histérese, etc.

### **1.3. Normativa**

Calquera tipo de máquina, equipo de laboratorio ou taller, co fin de que a súa compra ou deseño reúna os requisitos básicos de seguridade, cumpra a lexislación vixente e a súa utilización no traballo se realice en condicións de seguridade, debe cumprir unha serie de requisitos mínimos.

As disposicións legais que teñen aplicación a este proxecto móstranse a continuación.

#### **1.3.1. Lexislación española**

- Lei 31/1995: Lei de Prevención de Riscos Laborais.
- Lei de Industria: 21/1992 - Seguridade e calidade industrial.
- R.D.: 1435/1992 - Máquinas, compoñentes de seguridade. Marcado "CE"
- R.D.: 56/1995 que modifica parte do texto do R.D. 1435/1992.
- R.D.: 1215/1997- Equipos de traballo. Disposicións mínimas de seguridade e de saúde.
- R.D.: 444/1994- Aparatos que poden crear perturbacións electromagnéticas.
- R.D. 1644/2008- Normas para a comercialización e posta en servizo das máquinas.

#### **1.3.2. Directivas europeas**

- Directiva 98/37/CE.
- Directiva 2006/42/CE.

## **2. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO**

### **2.1. Especificacións**

As mostrás que se procederán a ensaiar serán de fío utilizado para a fabricación de redes de pesca e terán unha lonxitude que pode variar de 30 a 100 mm.

O diámetro do fío poderá variar entre 1,5 e 13 mm.

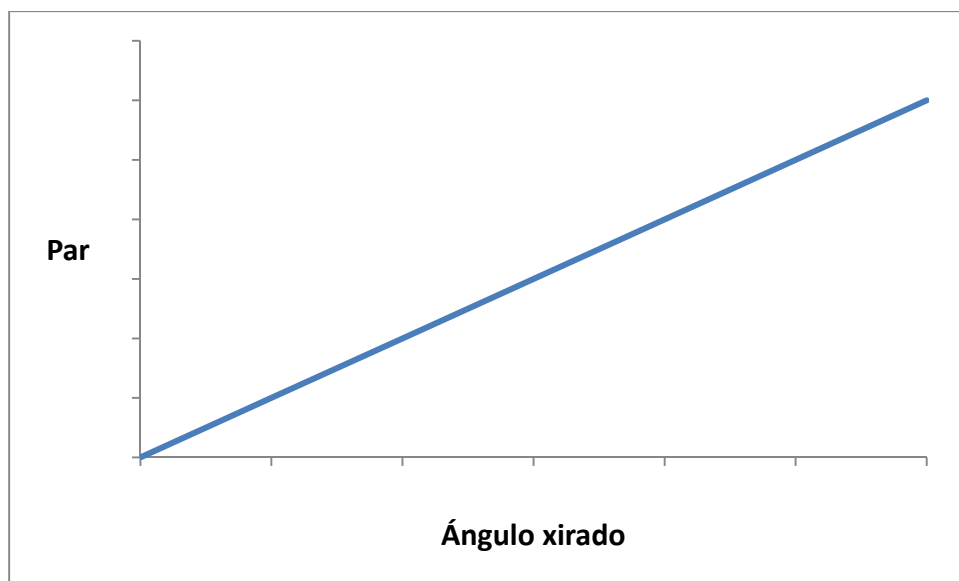
O material das mostrás a ensaiar serán polímeros, principalmente polietileno e nylon.

### **2.2. Descrición do ensaio**

O procedemento consiste en suxeitar a mostra por ambos extremos e sometela a unha tensión axial constante a tracción, de modo que simule as cargas ás que está sometido cada tramo de fío dunha rede en servizo.

Un extremo permanecerá fixo mentres que no outro extremo aplicarase un momento torsor.

Os datos recollidos serán o par transmitido ao extremo fixo a través do fío e o ángulo rotado polo extremo no que se aplica o par cinemático. A partir destes datos xerarase unha gráfica de par exercido fronte ao ángulo de xiro, tal como se aprecia na figura 1.



**Figura 1.** *Gráfico Par – Ângulo*

### 3. DESEÑO MECÁNICO

Neste capítulo describiranse os elementos principais da máquina, así como as modificacións adoptadas para a solución de erros do deseño inicial.

Na figura 2 móstranse as partes básicas que compoñen a máquina de ensaio a torsión.

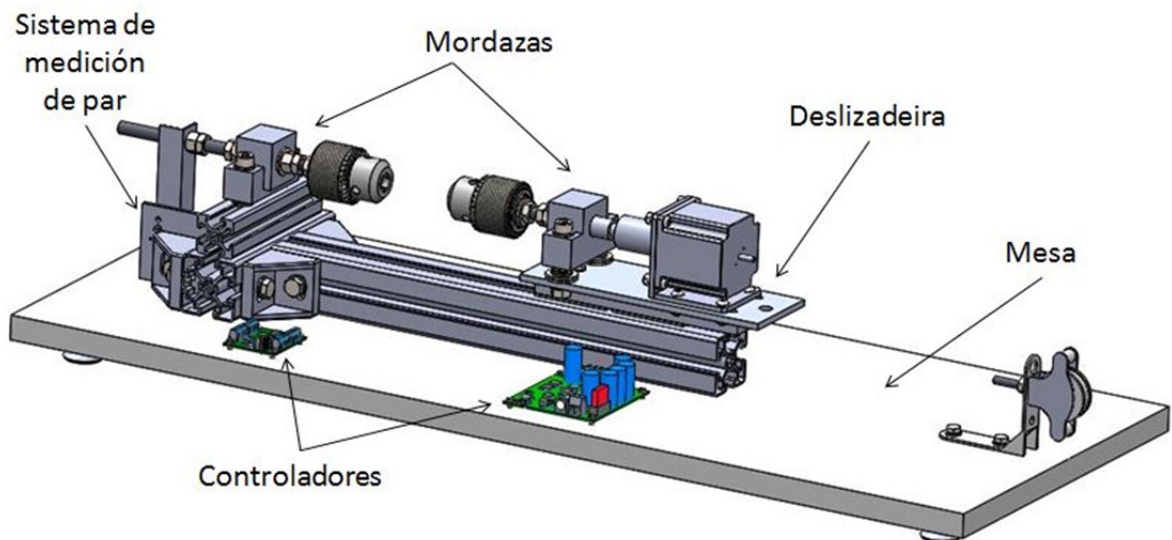
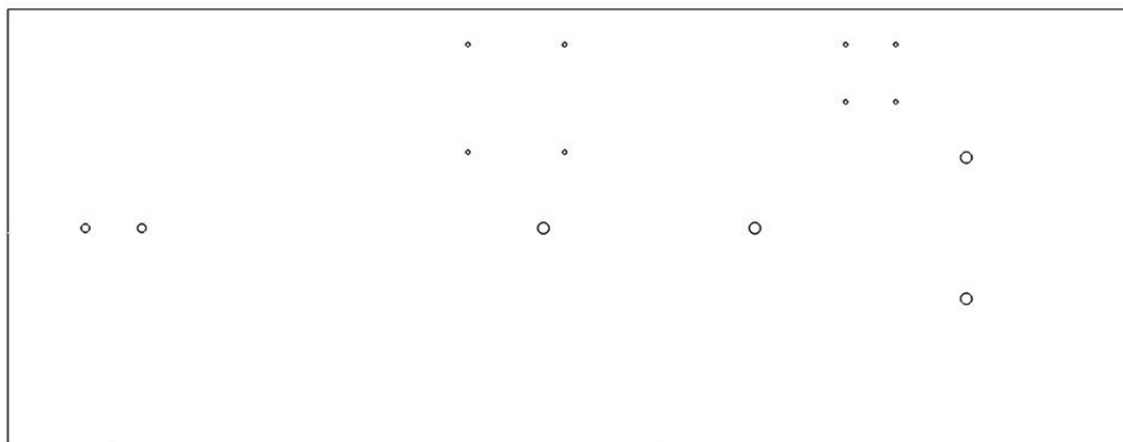


Figura 2. Partes da máquina de ensaio a torsión

#### 3.1. Mesa e estrutura base da máquina

Como plataforma base da máquina emprégase un taboleiro de madeira MDF (Medium Density Fiberboard) con dimensións de 80 cm de largo por 31 cm de ancho. Incorporará catro patas que se fixan ao taboleiro mediante tuercas de púas con rosca M10, de forma que permiten a regulación individual en altura para que a máquina se apoie correctamente de forma nivelada. A outra misión destas patas é a de proporcionar un pequeno espazo entre o taboleiro e a superficie onde se coloque a máquina para aloxar toda a tornillería coa que se fixan as diferentes partes ao taboleiro.

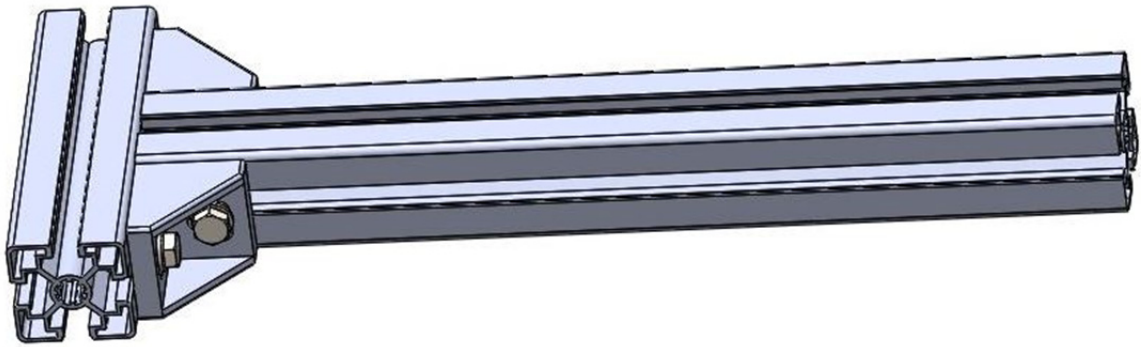


**Figura 3.** *Vista superior do taboleiro*

O taboleiro incorpora todos os buratos necesarios para fixar mediante tornillos pasantes con tuerca, as diferentes partes da máquina. Sobre del atornillase a estrutura principal mediante catro tornillos de M8 con tuercas de cabeza de martillo que encaixan nas ranuras dos perfis estruturais de aluminio. Fíxase tamen, a escuadra que serve de soporte á polea e os controladores do motor e da célula de carga.

Co fin de mellorar a súa aparencia estética, ao taboleiro aplicóuselle unha capa de esmalte branco.

A estrutura principal da máquina está formada por dous tramos de perfil estrutural de aluminio de 45x45 unidos rixidamente mediante dúas escuadras, específicas para este tipo de perfilaría, formando unha T (figura 4). A peza de maior lonxitude, de 37,5 cm, sitúase no centro do taboleiro, paralela ao lateral de maior lonxitude, e actúa como carril para a plataforma da mordaza móbil, que deslizará sobre ela.



**Figura 4.** *Estrutura principal*

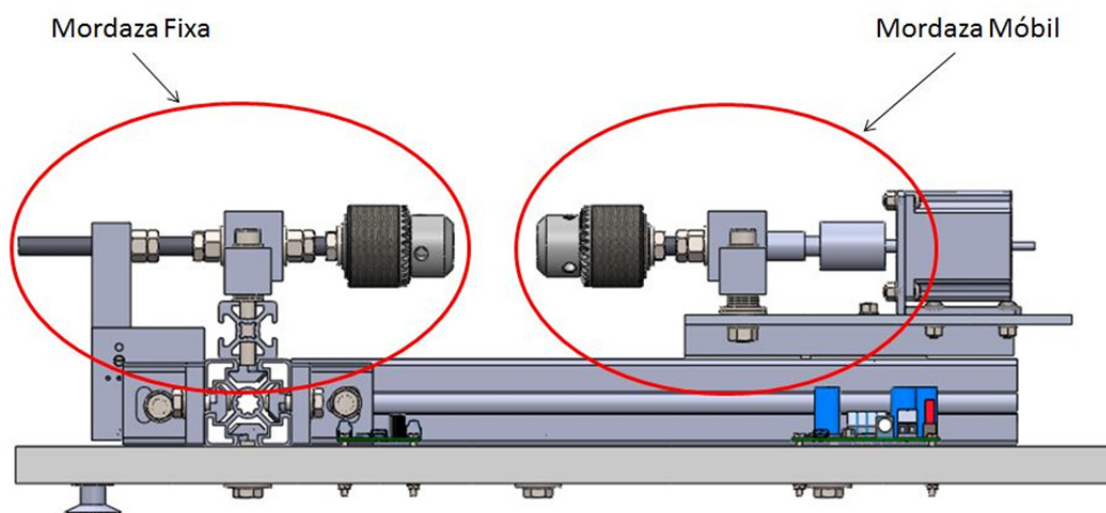
O tramo de perfil de 15 cm serve de soporte a todo o sistema de medición de par. Sobre el vai colocado o soporte do eixo da mordaza fixa, suplementado cun tramo de perfil estrutural de aluminio de 30x30. Tanto este suplemento como os utilizados na deslizadeira da mordaza móbil son necesarios para proporcionar un espazo que permita a montaxe dun brazo o suficientemente longo para transmitir a forza á célula de carga, xa que a maior distancia entre o centro do eixo e o eixe de aplicación da forza na célula, maior sensibilidade terá a máquina.

### **3.2. Mordazas**

Como elemento de suxeición dos extremos da mostras utilizaranse mandrís portabrocas, que forman parte da maioría dos taladros portátiles. Un mandril é un tipo especial de prensa usada para suxeitar un obxecto, xeralmente de simetría radial. Utilízase para suxeitar unha ferramenta rotativa como poden ser as brocas ou outro tipo de accesorios.

Os mandrís seleccionados posúen tres mandíbulas arranxadas nun patrón radial simétrico para suxeitar un obxecto (neste caso un extremo da mostra). A aproximación das mandíbulas realízase facendo xirar a coroa dentada do mandril no sentido horario, visto de fronte. Para asegurar unha boa suxeición, este tipo de mandrís conta cunha chave que encaixa nos orificios situados na peza fixa e engrana na coroa rotatoria, de xeito que permite realizar un maior aperte facendo xirar a chave tamén no sentido horario.

O método de suxeición dos mandrís é roscando directamente o mandril sobre o eixe e, como elemento de seguridade, colócase unha contratuerca para evitar que se afrouxe, podendo dar lugar á lectura de datos erróneos durante os ensaios. O orificio está roscado en rosca de 3/8 " 24 UNF.



**Figura 5.** *Detalle mordaza móbil e mordaza fixa*

Para diferenciar as diferentes partes da máquina, de aquí en diante, farase referencia ao conxunto que incorpora o mandril do sistema de medición de par como mordaza fixa e, ao conxunto que incorpora o mandril que vai acoplado ao motor, denominarase mordaza móbil. Na figura 5 mostrase a diferenciación graficamente.

### 3.3. Eixos

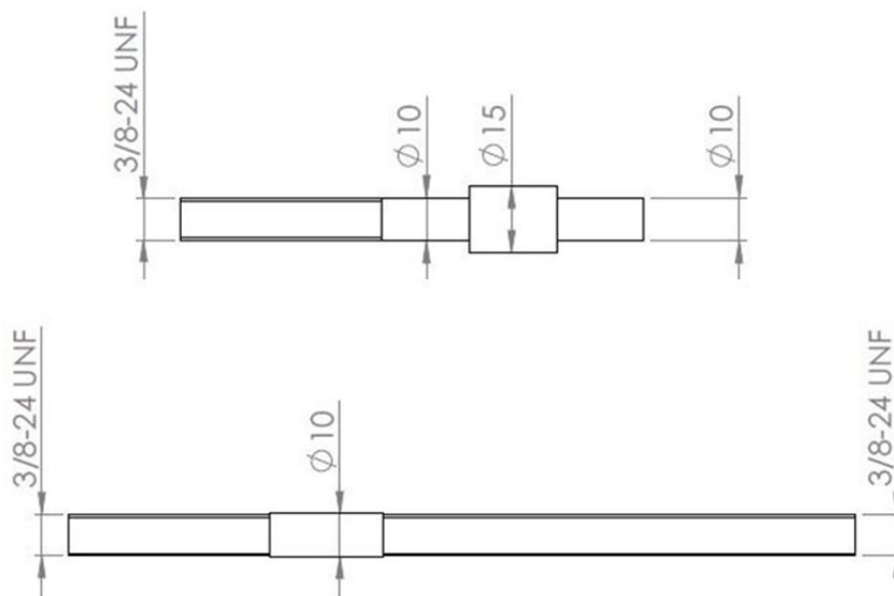
Os eixos son os elementos encargados de transmitir o par entre o motor e o mandril da mordaza móbil e entre o mandril da mordaza fixa e o brazo encargado de transmitir a forza á célula de carga.

Nun primeiro momento, segundo o deseño inicial, tratouse de utilizar como eixos variña roscada de 3/8 " debido a que é o tipo de rosca que encaixa nos mandrís. O problema encontrábase en que o diámetro desta é inferior a 10 mm e debía encaixar nos rodamentos e no acoplamento do motor cuxo diámetro é de 10 mm para ambos. A solución proposta trataba de suplementar esa diferenza ata que se



axustase correctamente, propósito que foi imposible de acadar, xa que os eixos non quedaban debidamente centrados e os materiais utilizados non proporcionaban a consistencia suficiente que garante a estabilidade da máquina.

Finalmente optouse polo deseño individual de cada un dos eixos para a posterior fabricación mediante mecanizado, de forma que se adaptasen perfectamente na súa posición.



**Figura 6.** *Dimensións dos eixos*

A fabricación de ambos eixos foi realizada en Mecace por cortesía do persoal de Mantemento Mecánico da Central Térmica de Ciclo Combinado de As Pontes, xa que dende a Universidade negouse a posibilidade da fabricación destes no Taller de Mecanizado do Centro de Investigacións Tecnolóxicas, alegando unha avaría nos equipos.

Foron fabricados en aceiro F114, xa que proporciona unha resistencia mecánica máis que suficiente e o seu custo é inferior ao de outros aceiros grazas á súa maquinabilidade.

Debido ás pequenas tolerancias nos asentos dos rodamentos é necesaria a utilización dunha prensa hidráulica para a súa montaxe.

### 3.4. Soportes e rodamentos

Como método de suxeición de ambos eixos utilízanse dous soportes do modelo EK10 de SYK, que traen incorporados dous rodamentos de contacto angular. A función destes rodamentos é a de absorber a carga axial á que estará sometida a mostra e permitir a rotación dos eixes levando o momento de fricción ao mínimo posible. Canto menos rozamento teña o rodamiento, maior será a precisión final da máquina.



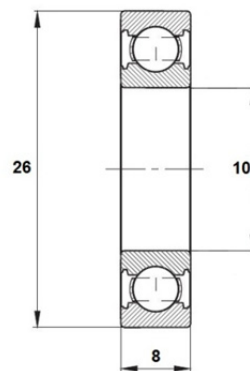
**Figura 7.** Soporte EK10

Este tipo de soporte ofrece unha adaptación sinxela á montaxe da máquina a un prezo razoable, xa que a outra solución sería fabricar uns soportes artesanais a medida. Están fabricados en aceiro mediante mecanizado e o seu acabado superficial é ennegrecido, proporcionando un bo aspecto estético e maior resistencia á corrosión.

Os rodamentos que inclúen ditos soportes son dous exemplares de 7000A de NSK enfrontados simetricamente, xa que se trata de rodamentos de contacto angular. Durante a súa montaxe detectouse que ocasionaban un problema de fricción, que podía interferir notablemente no funcionamento da máquina. Experimentouse a substituír a graxa que incorporan de fábrica por un aceite de

baixa viscosidade e incluso a regular o aperte da tapa do soporte, sen éxito, xa que o problema persistía.

Finalmente optouse por substituír os rodamentos de contacto angular por uns rodamentos ríxidos a bolas. Os rodamentos utilizados son os 6000-C-2Z-C3 de FAG de iguais dimensións que os anteriores, como se amosa na figura 8, polo que irán colocados dous destes en cada soporte.



**Figura 8.** Dimensións dos rodamentos

Este tipo de rodamentos, aínda que non están deseñados para este fin, poden absorber cargas axiais, polo que as cargas ás que van estar sometidos non afectarán notablemente á súa vida útil. Segundo as instrucións do fabricante, cando a relación de cargas é  $\frac{F_{0a}}{F_{0r}} \leq 0,8$ , onde  $F_{0a}$  é a carga estática axial e  $F_{0r}$  a carga estática radial, cúmprese que a carga estática equivalente coincide co valor da carga estática radial. En base a esta relación pode supoñerse que a capacidade de carga estática axial para estes rodamentos é de 0,8 veces a capacidade carga estática radial. A capacidade de carga estática radial é de 1970 N, polo que a capacidade de carga estática axial resulta de 1570 N. Tendo en conta que as cargas axiais son absorbidas por 4 rodamentos deste tipo, o valor das cargas soportadas por estes é máis que suficiente para o correcto funcionamento da máquina.

Os soportes foron escollidos en función das necesidades xeométricas para que se adaptasen ás diferentes pezas da máquina, polo tanto o tamaño que teñen os

rodamentos en función das baixas cargas dinámicas e estáticas ás que estarán sometidos fai que estean sobredimensionados. Desta forma asegúrase unha longa vida útil e un óptimo estado de conservación.

### 3.5. Motor e acoplamento

O motor é o encargado de transformar a enerxía eléctrica en enerxía cinética, proporcionando un par rotatorio á mordaza móbil. Irá colocado na deslizadeira mediante un soporte en forma de ángulo (figura 9), fabricado especificamente para este modelo de motor e adquirido da casa Phidgets.



**Figura 9.** *Soporte do motor*

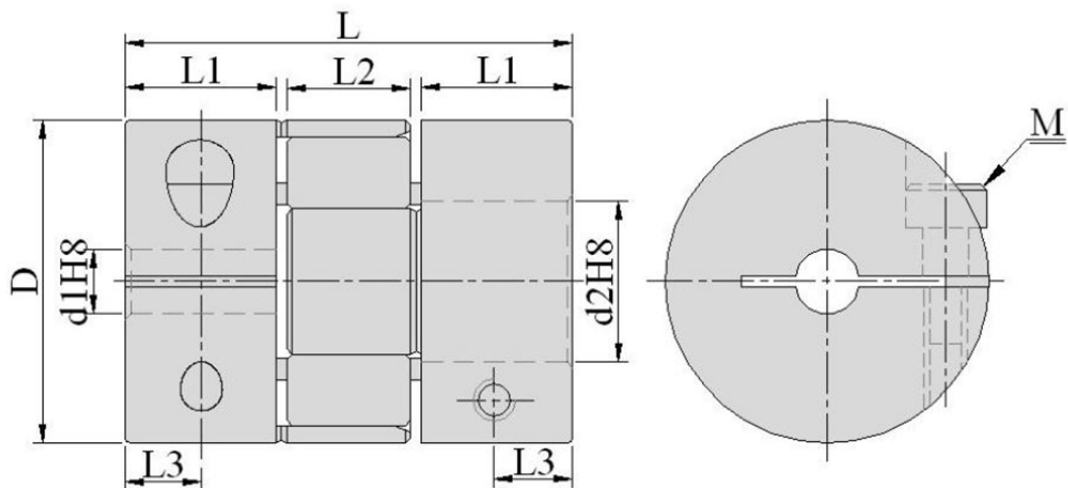
Utilízase un motor paso a paso ou “stepper”, que é un tipo especial de motor eléctrico síncrono deseñado para rotar un número determinado de grados por cada pulso eléctrico recibido. Cando se aplica unha diferenza de potencial nunha das fases do estator, indúcese un par no rotor aliñándoo co campo magnético do estator, de xeito que a relutancia do circuíto magnético excitado sexa mínima. O xiro continuo do motor conséguese activando as distintas fases de xeito secuencial.

Profundizarase máis nas características do motor no capítulo de Deseño mecatrónico.

Para transmitir o par dende o eixo propio do motor ao eixo da mordaza móbil emprégase un acoplamento de tipo flexible, de modo que permita pequenos

desalinhamentos que poidan quedar na montaxe das pezas. Está formado por dúas pezas de aluminio, unha cun orificio de 10 mm que vai colocada no eixo da mordaza e outra cun orificio de 6,35 mm que acopla no eixo do motor; ambas pezas fíxanse mediante un tornillo prisioneiro en cada unha delas. As dúas pezas encaixan e conéctanse entre si mediante un acoplador elástico de poliuretano que transmite o movemento entrambas.

Trátase dun acoplamento BF-6.35×10-D25L34 da casa SRJ, que admite unha velocidade máxima de 25000 rpm e un par máximo de 8 N·m. As súas dimensións especifícanse na táboa 1.



**Figura 10.** Parámetros do acoplamento

Serie	ØD	Ød1	Ød2	L	L1	L2	L3	Tornillo de suxeición	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	M	Par máximo (N·m)
BF	25	6,35	10	34	11,5	10	5,5	3	1,5

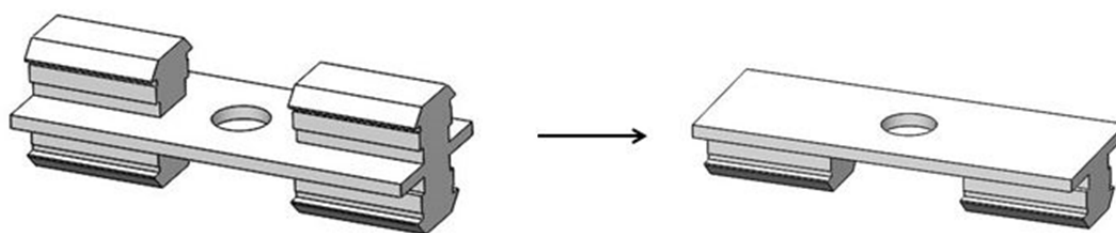
**Táboa 1.** Dimensións do acoplamento

### 3.6. Deslizadeira e sistema de tensado

Con deslizadeira faise referencia ao sistema que contén a mordaza móbil e que posúe un só grao de liberdade, de forma que esta pode desprazarse no eixe lonxitudinal da máquina.

Como base utilízase unha chapa de aluminio recortada mediante técnica de láser para asegurar unha precisión óptima. A chapa foi deseñada especificamente para a máquina. Sobre dela montase o soporte do eixo da mordaza móbil debidamente suplementado mediante o uso de arandelas, de modo que as dúas mordazas da máquina queden aliñadas á mesma altura. Móntase, tamén, o soporte do motor, ao que se lle permite a regulación nas dúas direccións horizontais grazas ás ranuras da chapa e do propio soporte onde se aloxan os tornillos.

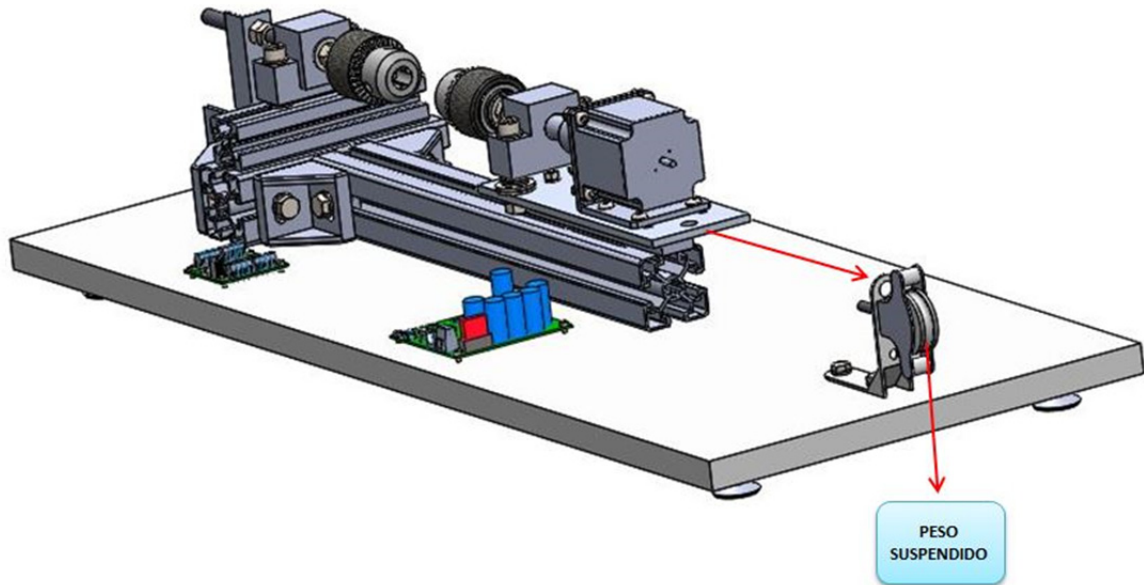
Para permitir deslizar a plataforma ao longo do tramo de perfil de aluminio utilízanse dúas guías plásticas ás que se lles corta unha parte de xeito que quede unha cara plana, como se amosa na figura 11. Estas pezas suxéitanse á chapa mediante un suplemento fabricado en madeira MDF.



**Figura 11.** Corte das guías

Como método de tensado utilízase un peso suspendido cara un lateral da máquina e amarrado á plataforma de aluminio mediante un cable de aceiro suxeitado por unha polea, de forma que cambie a dirección da tensión que exerce o peso (vertical) á que se exerce sobre a deslizadeira (horizontal). Decidiuse

utilizar este método pola súa sinxeleza e o seu baixo custo. Deste xeito, a tensión á que se encontra sometida a mostra corresponde ao valor do peso suspendido.



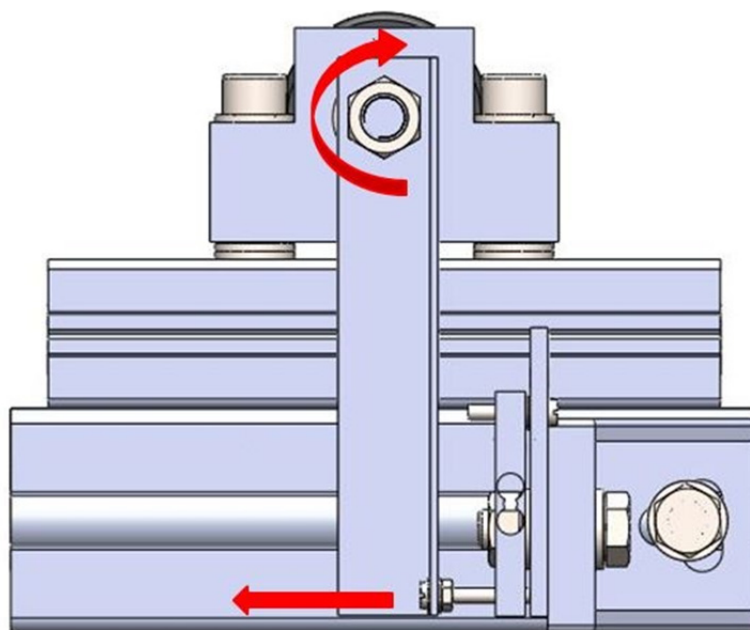
**Figura 12.** Esquema do método de tensado

No deseño inicial a polea situábase atornillada directamente sobre o extremo do taboleiro pero, a causa da curta lonxitude da barra roscada que incorpora, que impedía colocala á altura necesaria, decidiuse incorporar un soporte para suxeitala de forma horizontal. Como soporte utilizase unha escuadra de valdas de 70x70 mm á que se lle engadiu un burato para situar a polea á altura desexada.

A escuadra está conformada por aceiro estampado, con dúas caras simétricas formando un ángulo recto. O acabado superficial é un lacado de cor branca que a protexe contra a corrosión. Para situar a polea á altura correcta, de xeito que o cable teña unha traxectoria horizontal, foi preciso realizar un taladro na cara vertical da escuadra.

### **3.7. Sistema de medición de par**

Con sistema de medición de par faise referencia á parte da máquina encargada de transmitir o par resultante na mordaza fixa a unha forza de tracción ou compresión, dependendo do sentido do par, á célula de carga.

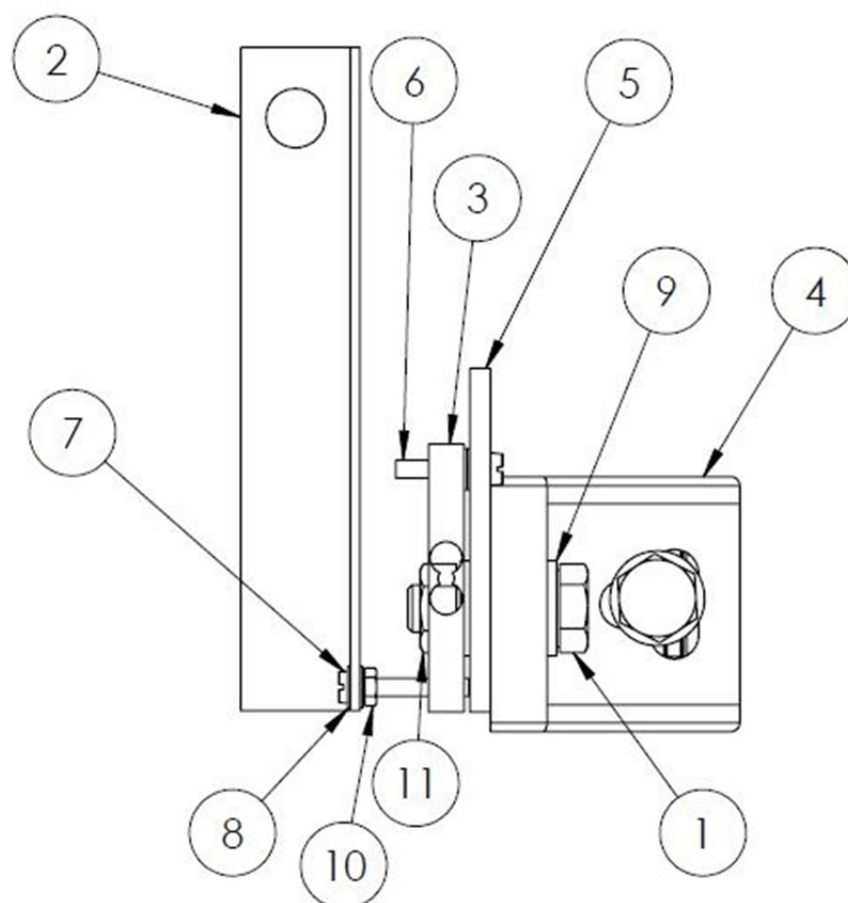


**Figura 13.** Sistema de medición de par

Consta dun brazo, feito de perfil angular de aluminio, amarrado na súa parte superior ao eixo da mordaza fixa mediante dúas tuercas e dúas contratuercas para evitar que se afrouxe. Deste xeito permítense regular a súa posición ao longo do tramo roscado de dito eixo para que quede perfectamente aliñado coa célula de carga. Na parte inferior atorníllase á célula de carga mediante un tornillo de métrica 3.

Por outro lado, a célula de carga fíxase a unha pletina de aluminio, fabricada a medida para tres modelos de células de carga, de xeito que se poida variar a sensibilidade da máquina cambiando de célula sen necesidade de modificar o soporte. Á súa vez, esta pletina vai suxeita ao perfil transversal da estrutura base da máquina mediante unha escuadra que permite regular a súa posición para a correcta colocación da célula de carga.



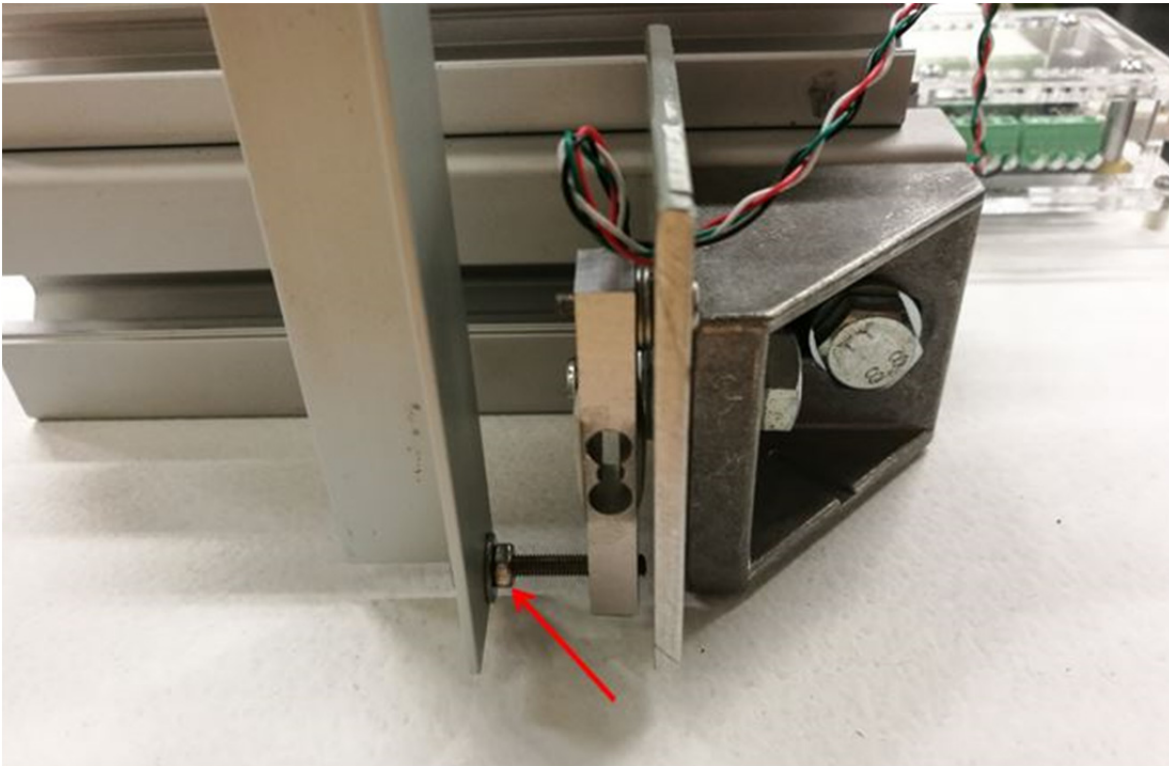


**Figura 14.** Montaxe do sistema de medición de par

Nº	COMPOÑENTE
1	Perfil de aluminio en L
2	Célula de carga Phidgets 3132_0 (0-780g)
3	Escuadra para perfilaría de aluminio
4	Chapa soporte da célula de carga
5	Tornillo de cabeza ranurada M3x16
6	Tornillo de cabeza ranurada M3x20
7	Arandela ISO 7089 - 3
8	Arandela ISO 7089 - 8
9	Tuerca hexagonal M3
10	Tuerca hexagonal M8
11	Tornillo de cabeza hexagonal M8x25

**Táboa 2.** Compoñentes do sistema de medición de par

É importante que a tuerca sinalada cunha frecha na figura 15 estea só aproximada de xeito que non permita a folgura entre o tornillo e o perfil de aluminio, xa que no caso de apertarse en exceso pode introducir forzas residuais na célula de carga por mor de pequenos desalíñamentos na montaxe.



**Figura 15.** *Detalle da tuerca a aproximar*

Tanto o brazo como a pletina que sustenta a célula foron de fabricación propia no Laboratorio de Enxeñaría Mecánica.

## 4. DESEÑO MECATRÓNICO

No seguinte capítulo describiranse os sistemas de actuación, medición e control empregados para o funcionamento da máquina, e que conforman a parte electrónica desta.

### 4.1. Compoñentes do sistema

Todos os compoñentes electrónicos que compoñen a máquina son da casa Phidgets debido ao seu baixo custo e á súa sinxeleza de manipulación.

O sistema consta dun motor encargado de introducir un par na mordaza móbil e dunha célula de carga encargada de medir a forza realizada polo brazo da mordaza fixa. Ambos compoñentes conéctanse a un ordenador mediante interfaces específicos para cada un deles. A conexión realizase a través de portos USB. O esquema mecatrónico represéntase na figura 16.

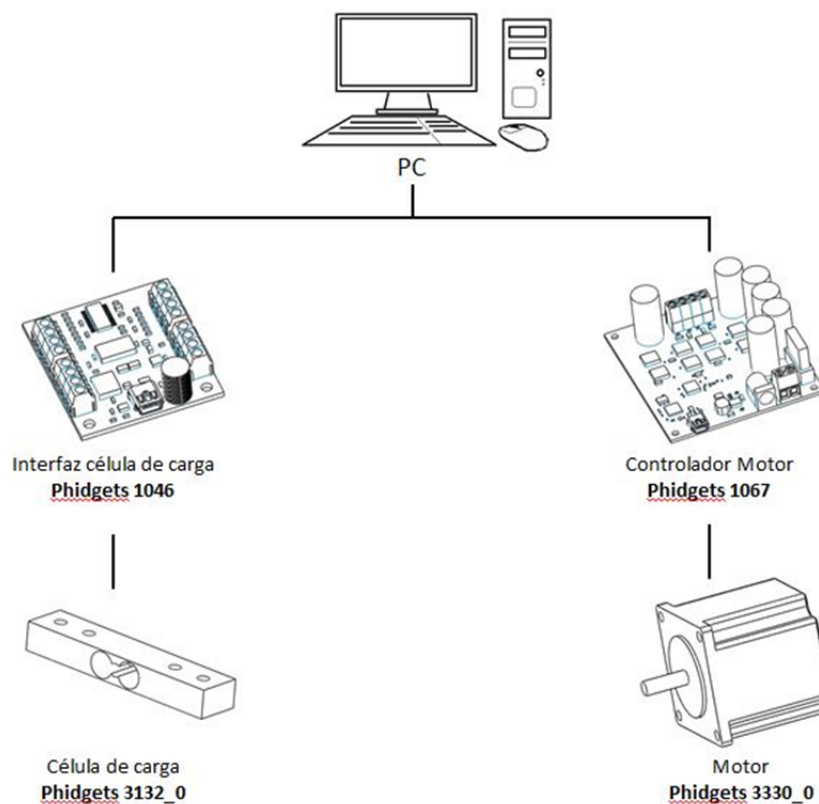
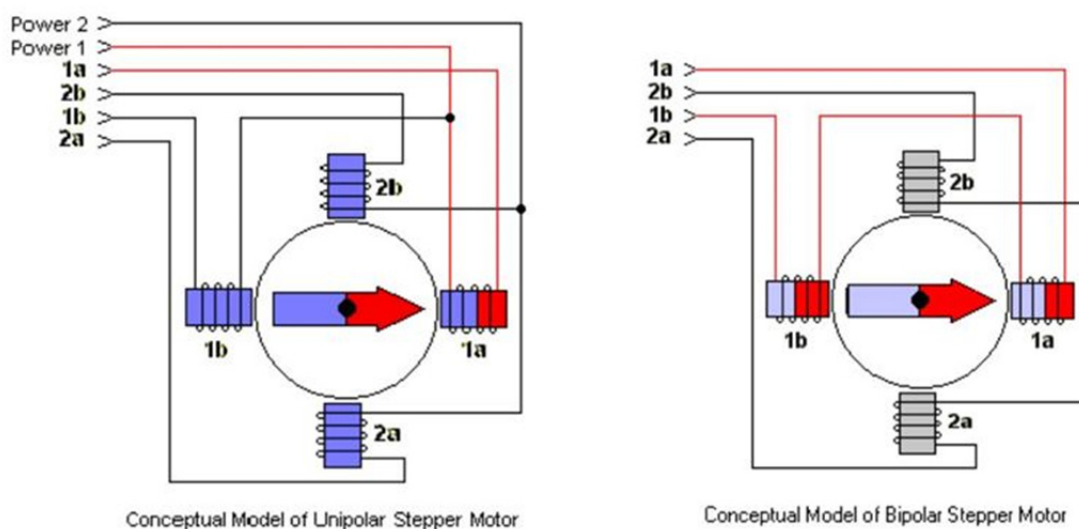


Figura 16. Esquema mecatrónico

## 4.2. Motor

Como se dixo anteriormente un motor paso a paso ou stepper é un tipo de motor eléctrico síncrono capaz de rotar un número determinado de grados por cada pulso eléctrico recibido.

Os motores paso a paso poden presentarse en dúas configuracións diferentes, unipolares ou bipolares.



**Figura 17.** Variantes de motores paso a paso

Nos motores unipolares cada bobina do estator dispón dunha toma central cunha conexión fixa á tensión de alimentación. A corrente flúe a través do bobinado das fases nunha única dirección, e esta depende de qué extremo da bobina está conectado a terra. A electrónica de control deste tipo de motores resulta máis sinxela. Poden ser de 8, 6 ou cinco cables.

Nos motores bipolares os bobinados de cada un dos devanados das diferentes fases do motor sumíñstranse a través dunha ponte completa e, por tanto, poden levar corrente en ambas direccións. Esta configuración, aínda que máis complexa de controlar, proporciona pares máis elevados.

Existen tres tipos de excitación para os motores paso a paso: paso completo, medio paso e micropaso.

Para o modo de operación de paso completo o motor move o seu paso básico. Existen dous modos de excitación de paso completo, no modo de unha fase, o motor funciona unicamente con unha fase activada en cada instante de tempo. Este modo require menor potencia do controlador. No modo de fase dual, o motor funciona con ambas fases activadas ao mesmo tempo. Este modo proporciona o dobre de resolución e un funcionamento máis suave, así coma un 30 ou 40 % máis de par, pero require o dobre de potencia do controlador.

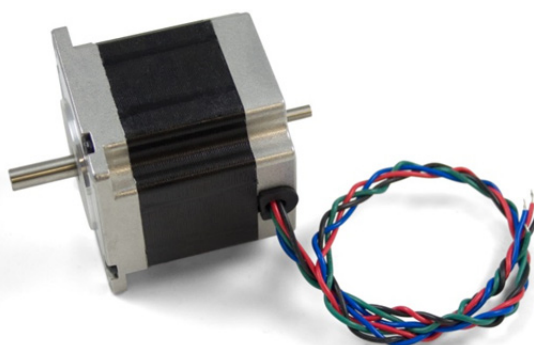
Na excitación de medio paso vanse alternando os modos de una e dúas fases resultando en pasos da metade do paso básico. Grazas ao menor ángulo de paso, este modo proporciona o dobre de resolución e maior suavidade de funcionamento. Pola contra, o par que é capaz de entregar é lixeira mente inferior, e pode contrarrestarse incrementando a intensidade transmitida ao motor cando so está activada unha fase.

A excitación en micropasos permite dividir o paso básico do motor ata 256 veces. Os micropasos baséanse na superposición de dúas ondas senoidales desfasadas entre si  $90^\circ$ . Conséguese un movemento continuo sen pasos detectables grazas aos pulsos de corrente enviados polo microcontrolador ás bobinas cunha forma senoidal ideal. Isto permite unha maior suavidade e minimizar os efectos de resonancia a velocidades baixas, pero este modo experimenta unha redución considerativa no par entregado.

Para este tipo de motores o erro non acumulativo en posición é do 5%, polo que para a realización dos ensaios é suficiente. No caso de precisar maior precisión pódese empregar un encoder conectado ao eixo do motor.

O motor empregado é un Phidgets 3330\_0 - 57STH56 NEMA 23 Bipolar Precision Gearless Stepper. Trátase dun motor híbrido bipolar e as súas características principais móstranse na táboa 3.

Ángulo de paso	0.9°
Precisión do paso	±5 %
Par de retención	12 kg·cm
Par nominal	11,2 kg·cm
Velocidade máxima	2250 rpm
Tensión recomendada	12 V DC
Intensidade máxima	2,8 A



**Táboa 3.** *Propiedades do motor*

**Figura 18.** *Detalle do motor*

Para o control do motor utilízase un controlador Phidgets1067\_0 - Stepper Bipolar HC, que permite axustar a posición, velocidade e aceleración de xeito preciso, así como a intensidade proporcionada, e permite o modo de excitación mediante micropasos. Non é recomendable colocarlle unha carcasa de protección, xa que limitaríase o fluxo de aire e este tipo de controlador tende a quentarse.

Á súa vez o controlador do motor aliméntase cun transformador Phidgets 3081\_0 - Power Supply, que proporciona unha corrente de saída de 12 V DC e 5 A de intensidade.

### 4.3. Célula de carga

#### 4.3.1. Descrición

Unha célula de carga é un dispositivo capaz de converter forzas entrantes en sinais eléctricos á súa saída. A medición é realizada a través de galgas extensométricas, que son pequenos resistores que varían o valor nominal da súa resistencia en función da deformación.

As galgas encóntranse unidas a un membro estrutural que se deforma ao aplicarlle unha carga.

O método máis usual de conexión das galgas extensométricas é o da ponte de Wheatstone completa. Esta montaxe permite coñecer o valor da carga mediante a medida da voltaxe de saída  $V_0$ . A ponte de Wheatstone (figura 19) está composta por unha fonte de alimentación e 4 resistencias. O valor da impedancia de cada

resistencia é o mesmo nun estado de repouso (en ausencia de cargas), polo tanto a tensión  $V_0$  debería ser 0. Cando se somete a peza á que vai fixada a tensións, o valor da impedancia cambia, producíndose unha diferenza de potencial entre os dous ramais. Deste xeito pódese obter a carga á que se ve sometida a peza.

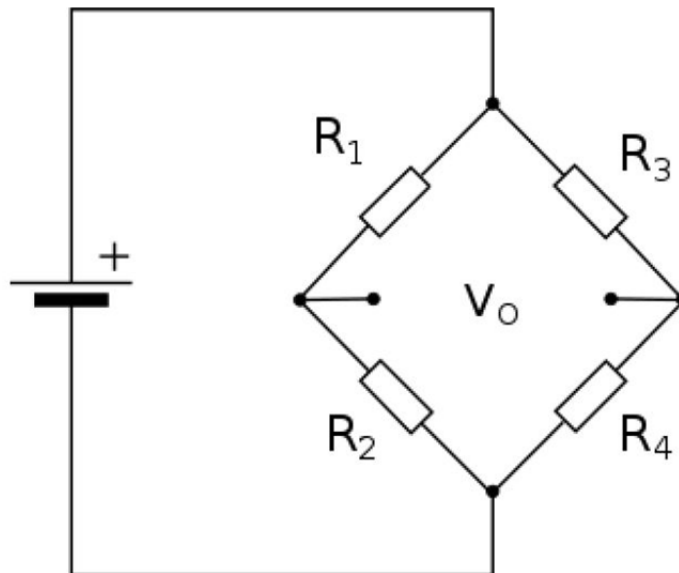


Figura 19. Ponte de Wheatstone

Debido a unha serie de factores que afectan á medición, o valor da voltaxe  $V_0$  non é proporcional á carga aplicada, podendo observar, na práctica, que este comportamento non é completamente lineal.

Un dos factores que introducen erro na medición é o erro de offset ou erro de cero. Idealmente todas as galgas do circuíto teñen a mesma resistencia, polo que, en ausencia de cargas na célula, a voltaxe de saída sería 0. Na práctica, as galgas que se empregan para a fabricación de células de carga de baixo custo, presentan unha tolerancia típica de arredor do 5%. Isto implica que a voltaxe de saída en ausencia de cargas non será nula.

Outra fonte de erro son os fenómenos de histérese que se producen na célula de carga. Se se obtén unha lectura mediante o aumento da carga dende cero e outra para a mesma carga mediante a diminución da carga nominal, obsérvase unha diferenza entre os dous valores. Esta diferenza coñécese como erro de histérese.

O valor da voltaxe de saída da célula de carga é moi pequeno, polo que debe ser amplificado mediante un amplificador de instrumentación antes de que poida ser utilizado. Esta amplificación ten como contrapartida a amplificación do ruído eléctrico do circuío, de xeito que o sinal de saída oscilará nun rango de valores da redor do valor teórico. Este comportamento pódese atenuar de dous xeitos, mediante a diminución da frecuencia de mostraxe ou mediante o uso de medias de valores para cada posición.

Outras fontes de erro poden ser os debidos a cambios de temperatura ou os erros de creep debidos á relaxación dos materiais con cargas constantes durante longos períodos de tempo, pero estes presentan unha menor influencia na medida.

Tendo en conta estes parámetros foron propostos propuxéronse tres modelos de células de carga que funcionan a cortante, de xeito que poidan medir valores tanto si a carga é a tracción como si é a compresión, para poder ensaiar as mostras en ambos sentidos de xiro. Os tres modelos propostos son o 3139\_0 - Micro Load Cell (0-100g) - CZL639HD; o 3132\_0 - Micro Load Cell (0-780g) - CZL616C e o 3133\_0 - Micro Load Cell (0-5kg) - CZL635; todos eles de Phidgets e cun prezo similar. A máquina está preparada para traballar con calquera destes 3 modelos, xa que se fabricou contando coa posibilidade de ter que traballar con varios tipos de células de diferentes sensibilidades.

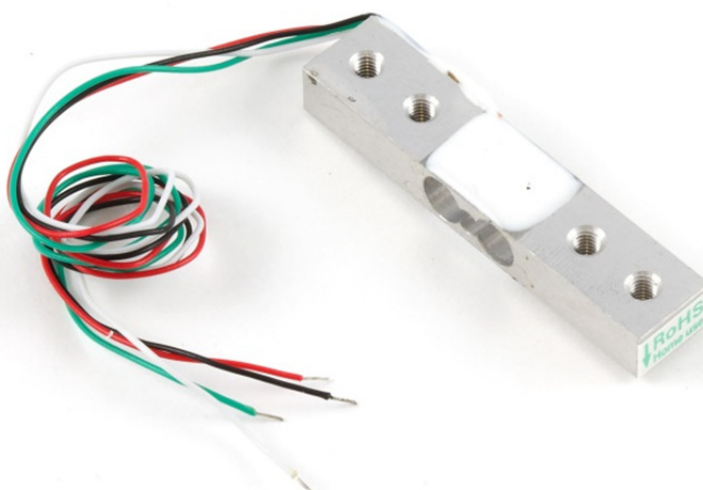
As propiedades da célula 3139\_0 - Micro Load Cell (0-100g), que é a que aportaría maior sensibilidade, móstranse na táboa 4.



Tipo de sensor	Célula de carga a cortante
Carga máxima	100 g
Erro de creep	100 mg/h
Erro de offset	± 50 mg
Non linearidade máxima	50 mg
Erro de histérese	50 mg
Efecto da temperatura	5 mg/°C
Saída nominal	600 $\mu$ V/V
Erro máximo da saída nominal	± 150 $\mu$ V/V
Tensión de alimentación máxima	10 V DC

**Táboa 4.** *Propiedades Phidgets - 3139\_0 - Micro Load Cell (0-100g)*

Decidiuse montar o modelo Phidgets 3132\_0 (0-780g) debido a que era o que mellor relación proporcionaba entre sensibilidade e rango de forza útil. As súas características móstranse na táboa 5.



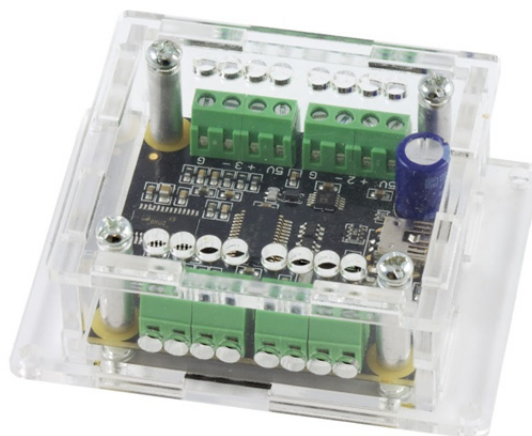
**Figura 20.** *Phidgets - 3132\_0 - Micro Load Cell (0-780g)*

Tipo de sensor	Célula de carga a cortante
Carga máxima	780 g
Erro de creep	1,6 g/h
Erro de offset	$\pm 11,7$ g
Non linearidade máxima	390 mg
Erro de histérese	390 mg
Efecto da temperatura	39 mg/°C
Saída nominal	800 $\mu$ V/V
Erro máximo da saída nominal	$\pm 100$ $\mu$ V/V
Tensión de alimentación máxima	5 V DC

**Táboa 5.** Propiedades da célula de carga elixida

Para realizar a lectura da célula de carga emprégase un dispositivo 1046\_0 - PhidgetBridge 4-Input que permite a conexión á vez de ata catro células. Este dispositivo realiza a función de amplificación do sinal e permite establecer dun xeito sinxelo a frecuencia de mostraxe e a ganancia do mesmo.

Co fin de brindarlle unha maior protección ao controlador da célula de carga, alóxase nunha carcasa plástica que ofrece o propio fabricante.



**Figura 21.** Detalle do controlador Phidgets 1046 coa carcasa

### 4.3.2. Calibración

Para poder utilizar a célula de carga é preciso calibrala previamente para obter unha ecuación que permita relacionar a voltaxe de saída coa carga aplicada.

Para a calibración da célula de carga, estando esta montada sobre a máquina, deseñouse un sistema que consiste en enroscar un fío de diámetro desprezable ao redor da parte fixa do mandril da mordaza fixa de xeito que se lle poida colgar un peso suspendido. Coñecido o peso e coñecido o radio do mandril (1.55cm), do produto destes valores resulta o par exercido.

A expresión é do tipo  $T = (a + b \times V)/r$  onde T é o par exercido, V é a tensión de saída e r o radio do mandril. Para o cálculo dos parámetros a e b colócanse varios pesos coñecidos e anótanse os datos obtidos nunha folla de cálculo, onde se calcularán os resultados.

Na primeira calibración o resultado non foi o esperado, xa que na gráfica obtida (figura 22) existen dúas pendentes diferentes en función do signo da carga.

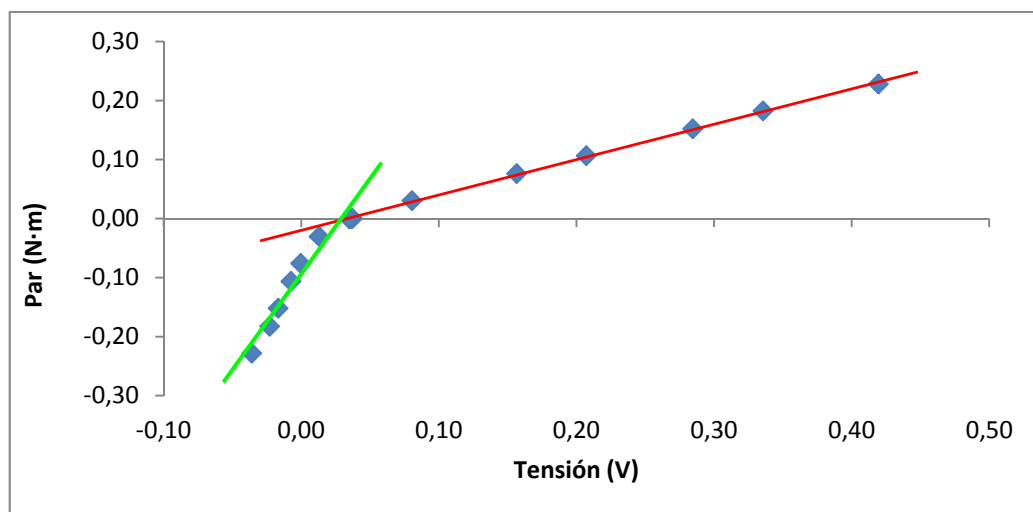
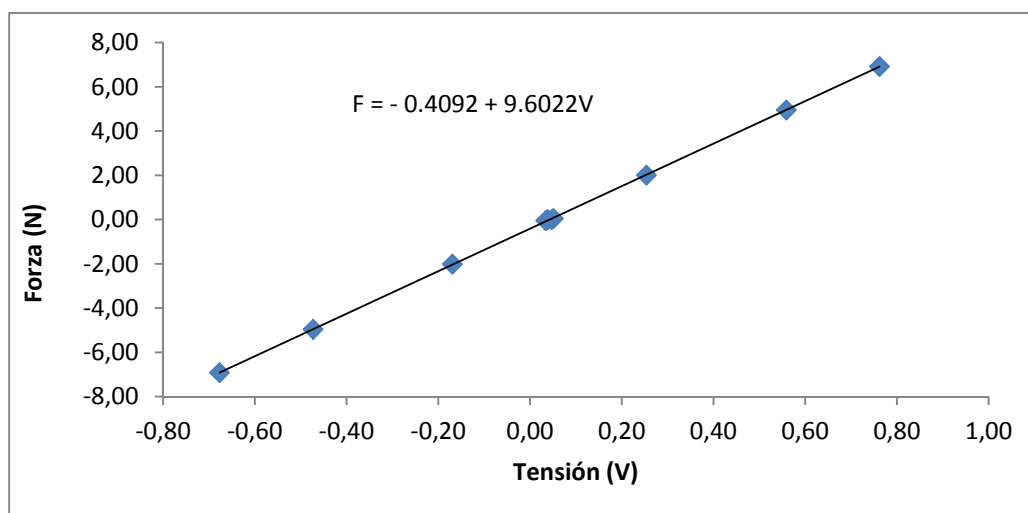


Figura 22. Resultado da primeira calibración coa célula montada

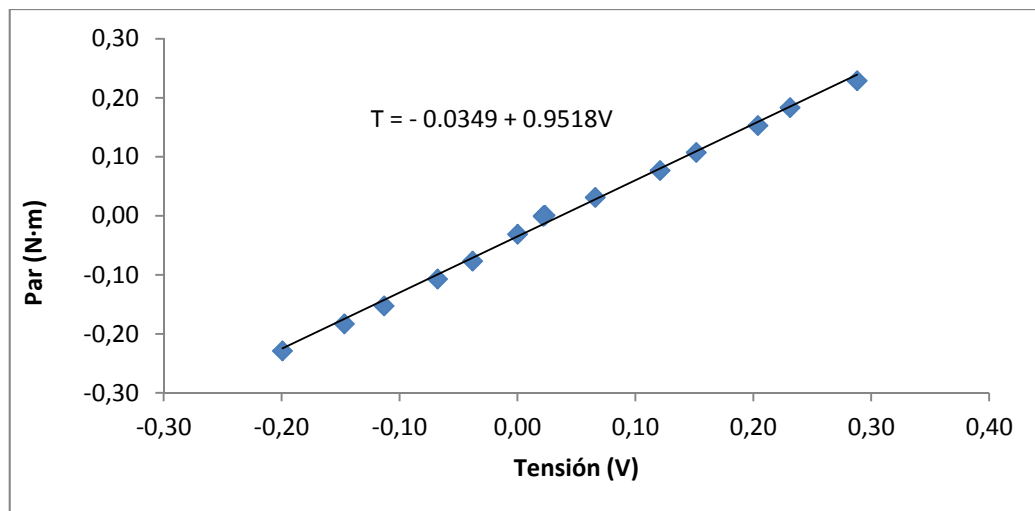
En vista aos resultados obtidos decidiuse desmontar a célula de carga e calibrála efectuando a forza directamente sobre esta. Para elo suxeitouse de un extremo e colgáronse diferentes pesos coñecidos no outro extremo e en ambos sentidos (rotando a célula 180°).

Para este procedemento a ecuación é do tipo  $F = a + b \times V$ , onde  $F$  é a forza aplicada á célula de carga. Os resultados obtidos (figura 23) foron satisfactorios e verificaron o comportamento lineal desta.



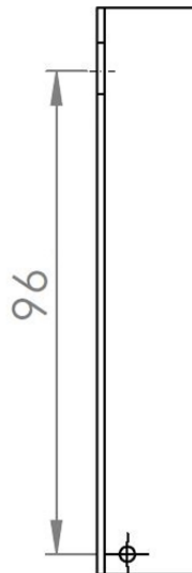
**Figura 23.** Resultados da calibración coa célula de carga libre

Finalmente volveuse a montar na máquina e a repetir o procedemento inicial de calibrado. Nesta ocasión tívose especial coidado en aliñar o máis perfectamente posible a posición da célula e do perfil angular de aluminio, de xeito que a forza exercida sobre esta sexa completamente horizontal, así como en non apretar demasiado a tuerca que suxeita o tornillo contra o perfil, como se menciona anteriormente, para evitar introducir forzas residuais causadas polos desaliñamentos.



**Figura 24.** Resultados da calibración coa célula de carga montada

Os resultados obtidos móstranse na figura 24. Pode comprobarse que ao multiplicar a ecuación obtida por 0.096 m, que é a distancia dende o centro do eixo da mordaza móbil ao eixo de aplicación da forza na célula de carga, obtense unha aproximación á ecuación de calibración obtida coa célula de carga montada na máquina. Este desaxuste débese a pequenas folguras na montaxe.



**Figura 25.** Distancia dende o eixo de xiro ao eixo de aplicación da forza

Ao superpoñer a gráfica de calibración coa célula montada coa gráfica da calibración da célula libre transformada a par-tensión pode comprobarse que a pendente é a mesma, confirmando que os resultados obtidos son correctos.

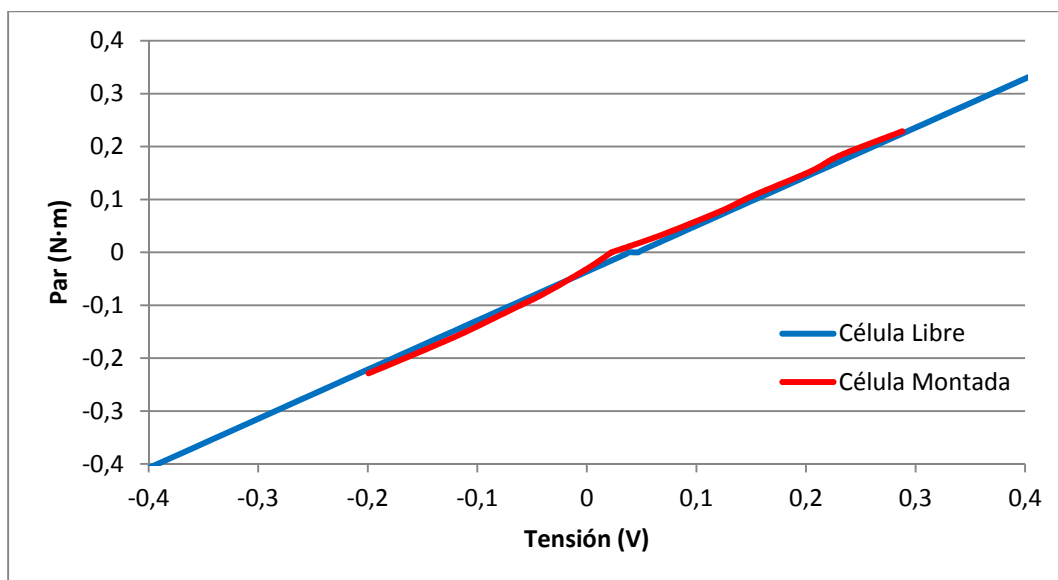


Figura 26. Gráficas de calibración superpostas

#### 4.4. Software

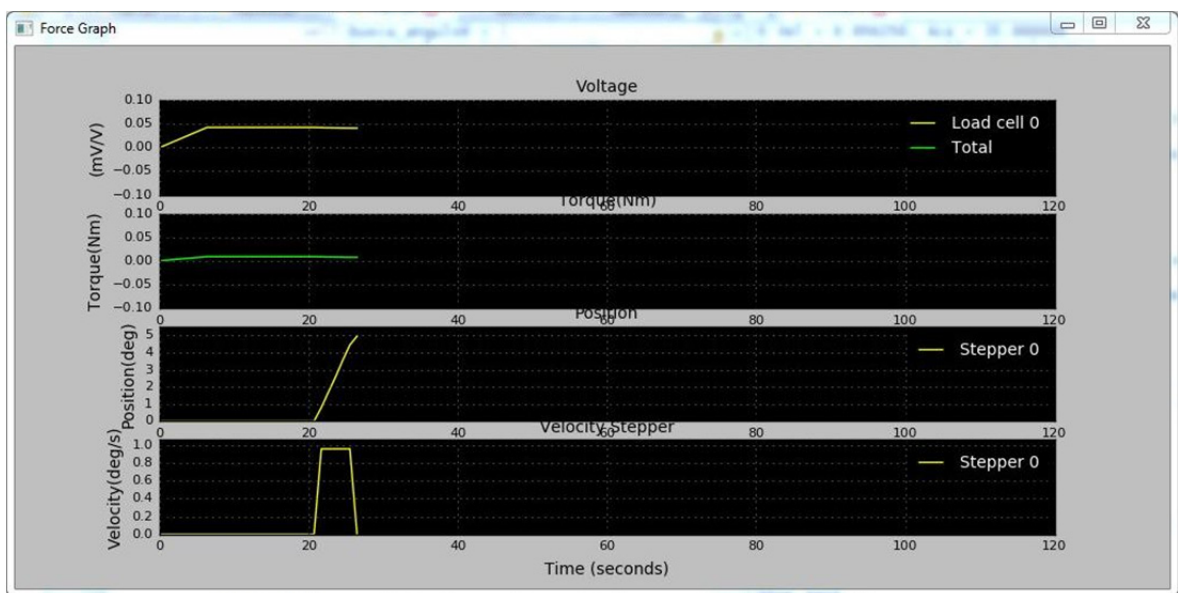
O software encargado do funcionamento da máquina foi proporcionado integramente polo laboratorio de Enxeñaría Mecánica, así como as modificacións acometidas no programa inicial para o correcto funcionamento do sistema.

O programa realiza unha calibración coa máquina en baleiro para corrixir o erro producido pola montaxe do sistema de medición, xa que na posición vertical do perfil angular de aluminio crease unha pequena forza debida á localización do seu centro de masas.

Para asegurar que a mostra se encontra no instante inicial do ensaio en relaxación, creouse unha función que ten a finalidade de buscar a posición da mordaza móbil na cal o par medido sexa practicamente nulo. Este punto tomarase de referencia durante a realización do ensaio co valor de  $0^\circ$ .

O programa require unha serie de parámetros para realizar os ensaios, como o valor do ángulo que se desexa xirar a mostra; a velocidade, aceleración e intensidade relativas ao motor; e incluso pódense introducir pausas durante o xiro variando os intervalos con que se realizan e a súa duración.

Ao executar o código ábrese automaticamente unha ventá onde se grafica en tempo real os valores do voltaxe devolto pola célula de carga, o par ao que se encontra sometida a mostra, o ángulo xirado polo motor e a velocidade de xiro do motor.



**Figura 27.** Ventá xerada polo programa

Co fin de protexer a célula de carga, o programa ten a función de parar inmediatamente o ensaio se esta acada o seu valor límite. Deste xeito asegúrase de que a célula nunca reciba unha forza superior á que é capaz de resistir evitando a súa degradación.





## **5. PROCEDEMENTO DE ENSAIO**

### **5.1. Posta en marcha**

Para o correcto funcionamento, a máquina debe colocarse sobre unha mesa firme e coa polea orientada cara un lateral, de forma que o cable de tensado quede suspendido no aire. No caso de non estar nivelada débese regular a altura das patas facéndoas xirar coa man ata conseguir que a máquina quede firme.

Unha vez conectada a máquina ao ordenador a través dos portos USB, é necesario realizar unha calibración en baleiro, debido a que cada vez que se traslada a máquina de lugar é posible que varíe lixeiramente o valor da voltaxe proporcionado pola célula de carga nestas condicións. Deste xeito, asegúrase de que o valor de par é cero en ausencia de cargas.

As mostras deben ser ter un tamaño que permita a súa fixación á distancia desexada entre ambas mordazas. Cando a mostra estea correctamente colocada é necesario apertar firmemente os mandrís para evitar deslizamento durante o ensaio. O aperte necesario faise xirando a chave do mandril ata notar que ofrece resistencia. No caso de apertar demasiado, a mostra pode resultar deformada, xa que se traballa con materiais plásticos.

É necesaria a colocación dun peso no sistema de tensado para que a mostra non se deforme reducindo excesivamente a distancia no sentido axial e absorbendo o xiro sen que varíe demasiado o valor do par. Antes de colocar o peso é imperativo asegurarse de que a mostra esta suxeita correctamente en ambas mordazas para evitar que a mordaza móbil descarrile. Para a realización de todos os ensaios presentes neste TFG o peso suspendido no sistema de tensado foi de 1,5 kg, proporcionado por dúas pesas calibradas, unha de 1 kg e outra de 500 g.

Finalmente introdúcense os valores desexados no programa e execútase. O programa xera automaticamente un documento de texto onde se recollen os datos obtidos durante o ensaio. Estes datos son exportados a unha folla de cálculo na que se xera unha gráfica de par fronte ángulo xirado, que permite observar a tendencia da rixidez torsional do material.

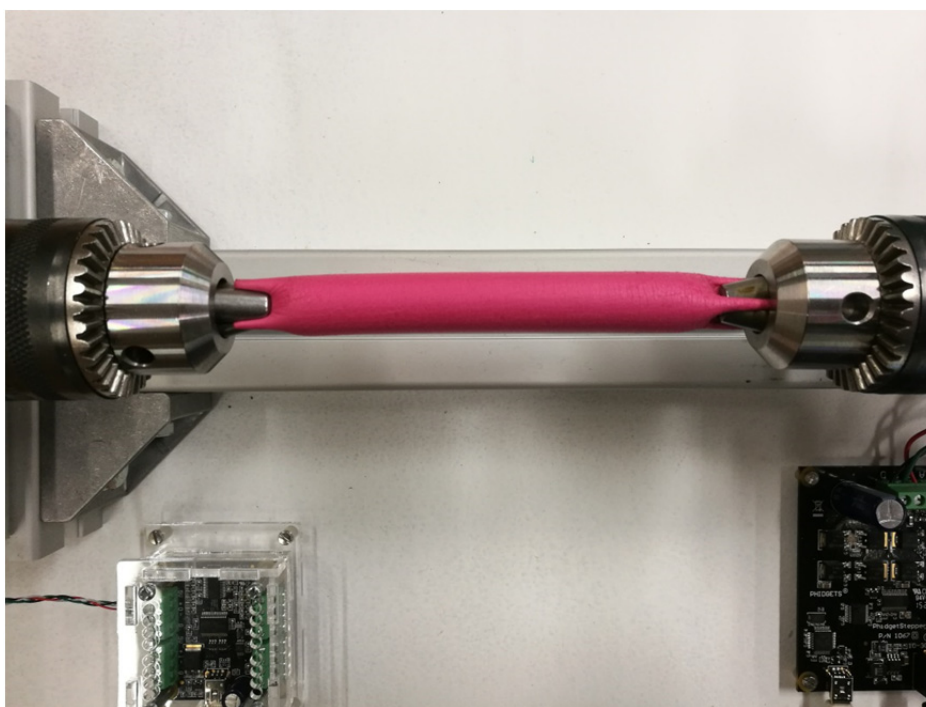
Os parámetros utilizados durante os ensaios realizados neste TFG especificanse na táboa 6.

Velocidade	1 °/s
Aceleración	2 °/s <sup>2</sup>
Intensidades de corrente	0,5 A
Desplazamento	22,5°
Pausas	Non

**Táboa 6.** *Parámetros introducidos na realización dos ensaios*

## 5.2. Primeira proba

Unha vez rematada a construción da máquina realizouse a primeira proba con un rulo homoxéneo composto de espuma de polímero para verificar que todo funcionaba correctamente.



**Figura 28.** *Primeira proba realizada con rulo homoxéneo*

Para esta primeira proba, a figura 29 representa a gráfica obtida, nela pódese observar que para o ángulo inicial de 0° a mostra encóntrase sometida a un

pequeno valor de par. Isto é debido a que ao comezar o ensaio a mordaza móbil está algo rotada provocando dito par a causa da resistencia que ofrece o motor en baleiro. Como solución, optouse por modificar o programa empregado para que, cada vez que se inicie un ensaio, a mordaza móbil busque a posición para a cal o valor de par é practicamente nulo.

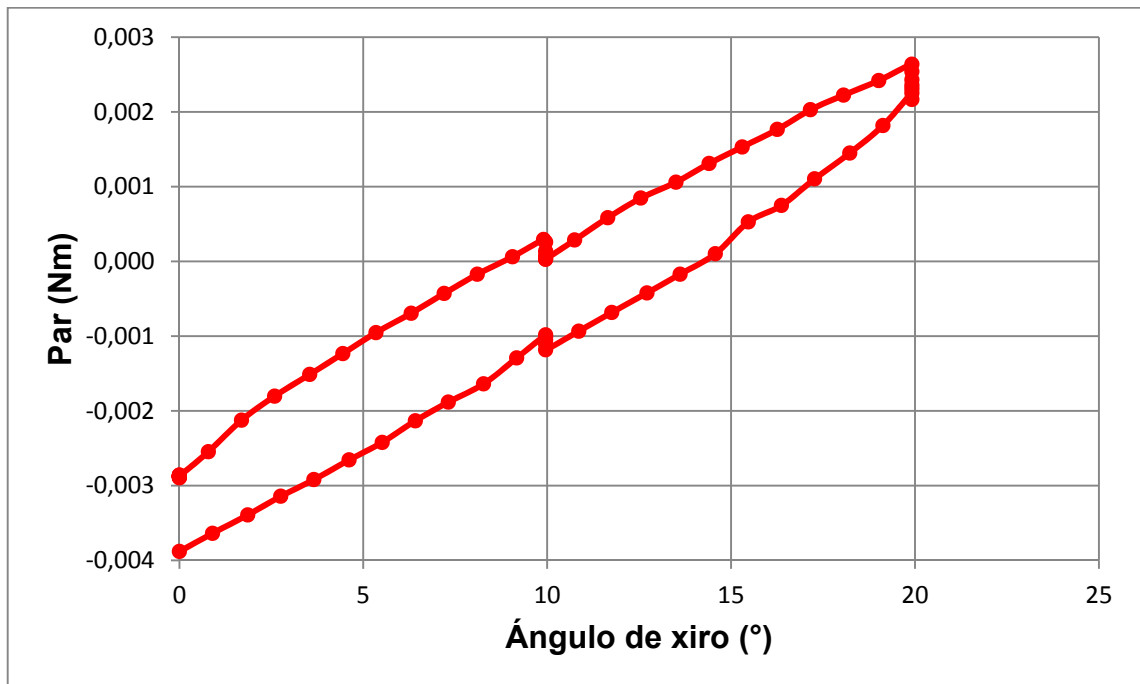
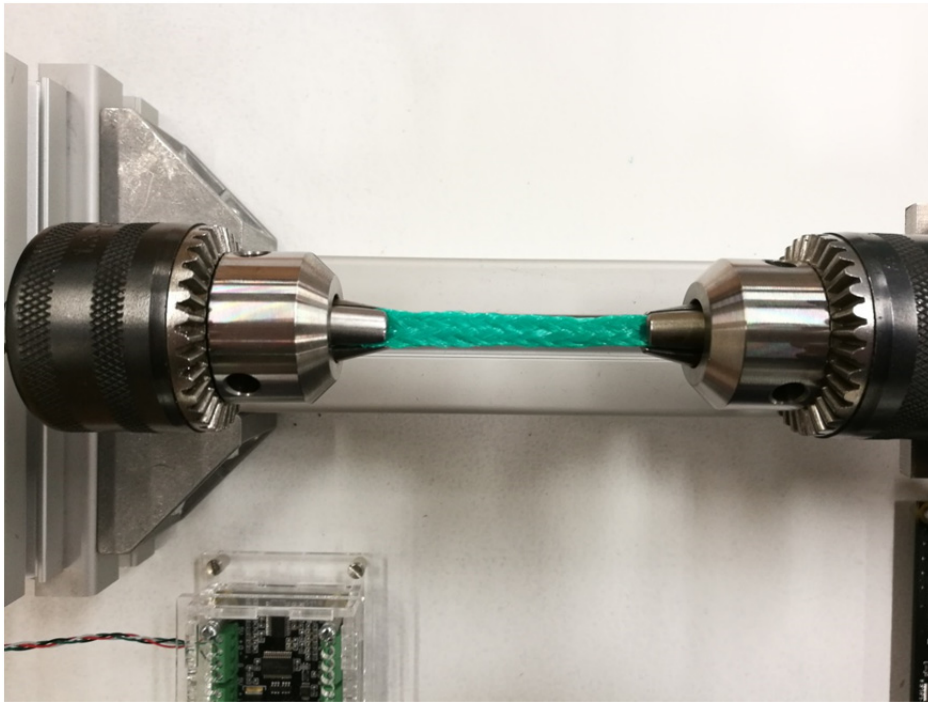


Figura 29. Gráfica obtida na primeira proba co rulo homoxéneo

Cabe mencionar que os parámetros introducidos no programa para realizar esta primeira proba non son os mesmos que os introducidos para os ensaios posteriores. Neste caso definiuse unha breve pausa no ángulo de 10° e, como pode observarse na gráfica, varía o momento torsor a causa da histérese que presenta o material.

### 5.3. Fío PE novo

A primeira mostra de fío que se estudou foi de polietileno de alta densidade trezado, utilizado para a fabricación de todo tipo de redes de pesca de arrastre. O diámetro do fío é de 5 mm



**Figura 30.** *Ensaio con fío de PE trenzado*

#### **5.4. Fío PE pretensado**

Para esta segunda proba utilizouse unha mostra de polietileno trenzado idéntica á do apartado anterior. A diferenza é que esta estivo sometida previamente a unha tensión a tracción de 1,5 kg durante horas. Esta tensión provocou que as fibras do anaco de fío asentasen, podendo apreciar a simple vista que se reduciu o seu diámetro.

## 6. RESULTADOS

Ao someter unha mostra a un esforzo de torsión, o ángulo  $\varphi$  xirado ven dado pola seguinte ecuación:

$$\varphi = \frac{TL}{GJ} \quad \text{Ec. 6-1}$$

Onde T é o momento tursor, L a lonxitude da mostra, G o módulo de elasticidade transversal e J o módulo de torsión.

A rixidez torsional K defínese como

$$K = \frac{GJ}{L} = \frac{T}{\varphi} \quad \text{Ec. 6-2}$$

Tras a realización dos ensaios coñécese o valor do momento tursor T e o ángulo xirado  $\varphi$ , así como a lonxitude da mostra L. Polo tanto pode calcularse sinxelamente a rixidez torsional K e o parámetro GJ.

### 6.1. Rulo homoxéneo

Para o rulo homoxéneo obtivéronse os resultados mostrados na gráfica da figura 31, nela pode observarse como ten un comportamento lineal e tamén cómo aparece o fenómeno de histérese. A histérese é a capacidade dun material para “memorizar” ou reter durante un tempo a deformación experimentada ao aplicarlle un esforzo.

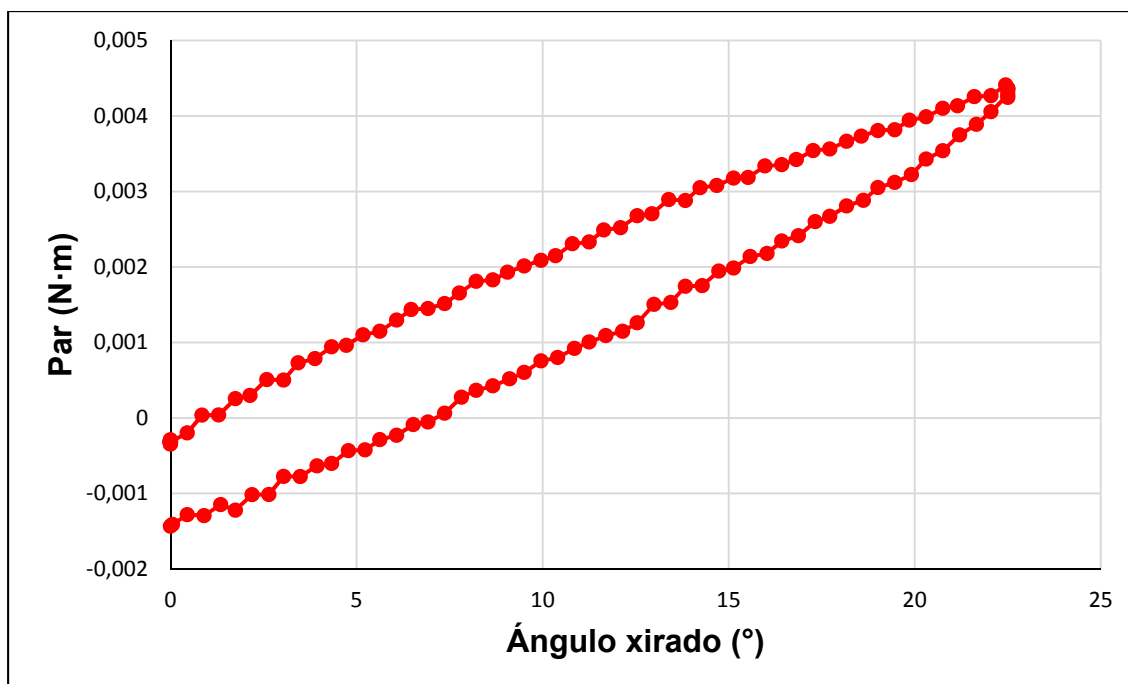
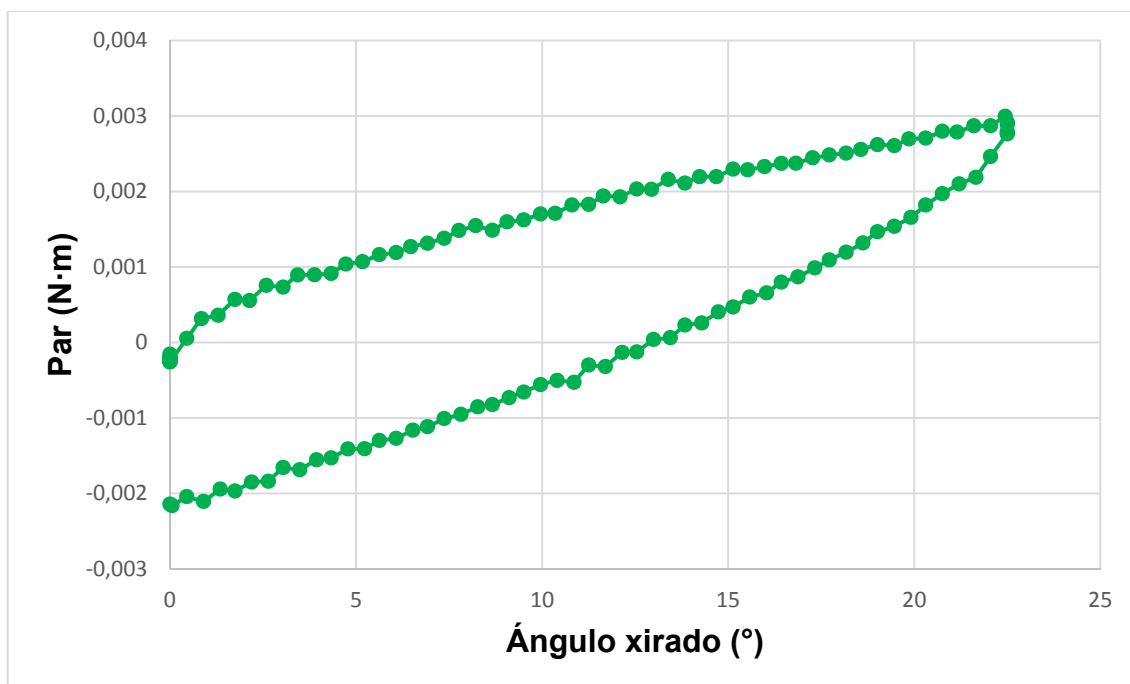


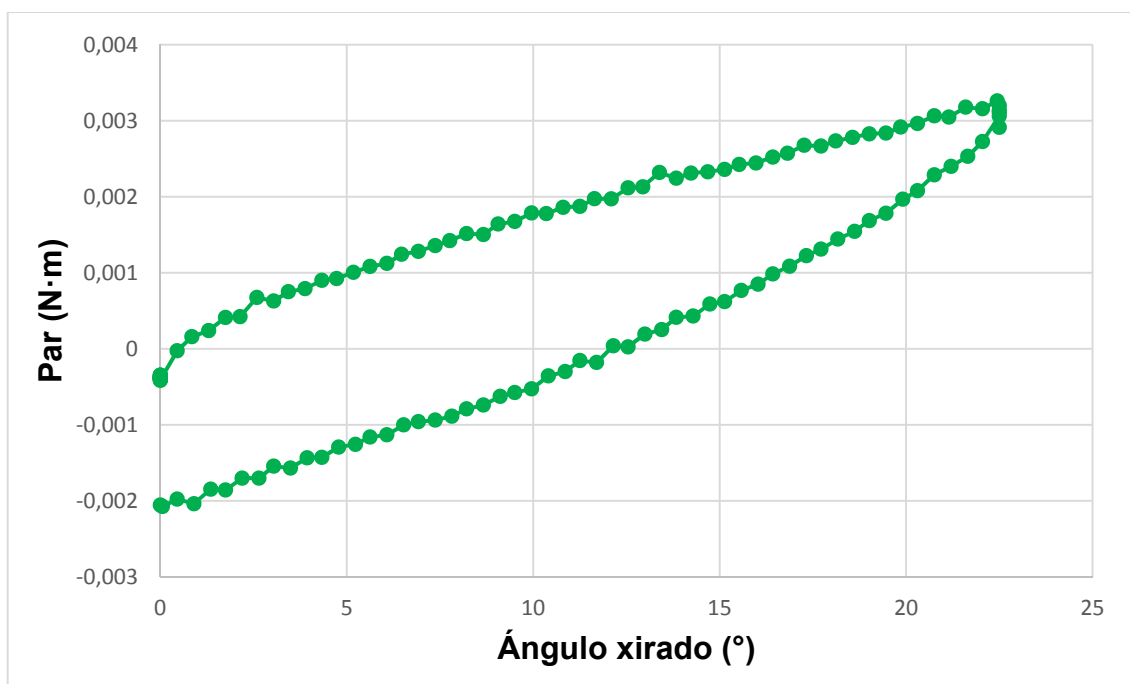
Figura 31. Resultados do ensaio de rulo homoxéno

## 6.2. Fío PE novo

Para a mostra de fío de polietileno trezado, estudada directamente según ven da fábrica, realizáronse dous ensaios, nos que se pode comprobar entre as figuras 32 e 33 que o resultado foi moi similar.



**Figura 32.** Resultados do 1º ensaio de fio PE



**Figura 33.** Resultados do 2º ensaio de fio PE

Nas gráficas pode observar-se que a histerese experimentada é considerável.

Superpoñendo ambas gráficas pode comprobarse que os resultados coinciden e pendente que presentan ambas curvas coincide.

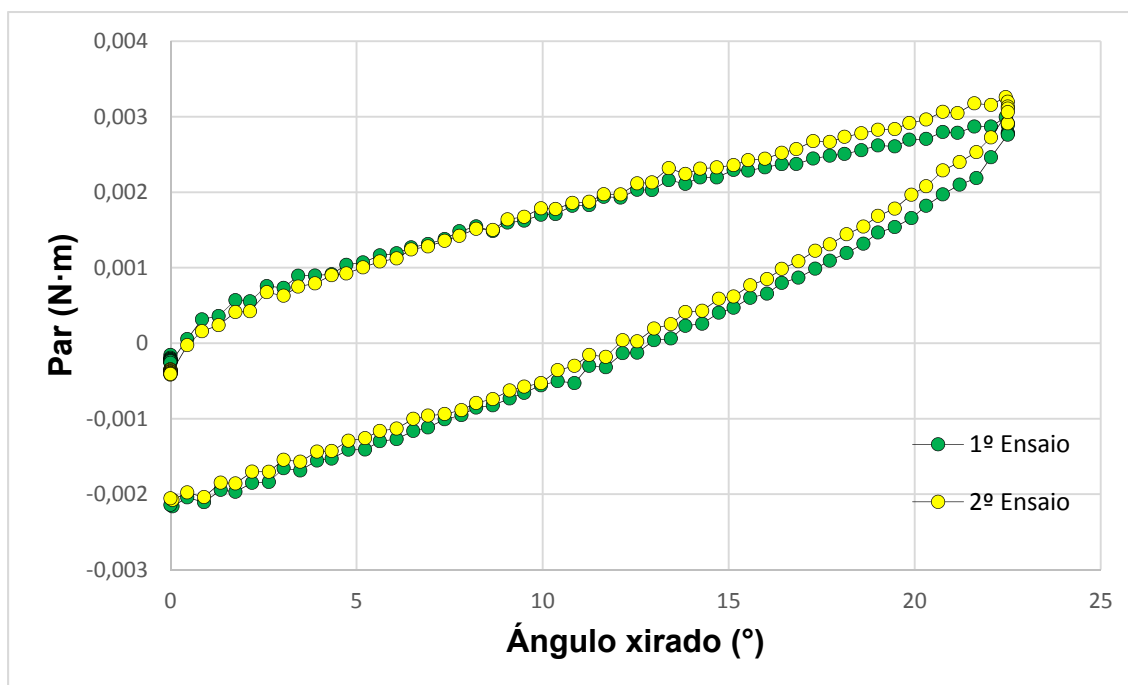
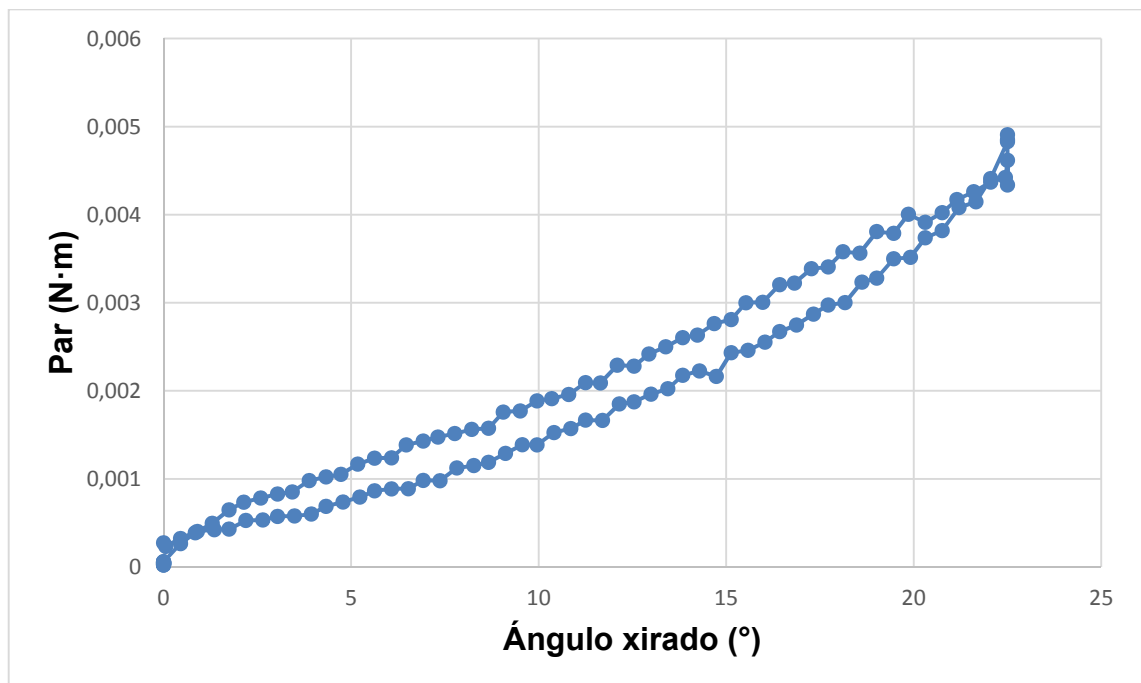


Figura 34. Comparación de resultados para fío PE novo

### 6.3. Fío PE Pretensado

Para a mostra de fío de polietileno trenzado sometida a tensión previamente, foron realizados tres ensaios. No primeiro deles (figura 35) obsérvase un comportamento practicamente lineal, onde a penas se aprecia histérese, xa que nalgúns tramos coincide a traxectoria de carga coa de descarga da mostra e, unha vez na posición inicial o valor final coincide co inicial.





**Figura 35.** Resultados do 1º ensaio de fio PE pretensado

Para o ensaio realizado posteriormente (figura 36), os resultados non son exactamente como os do primeiro, pois obsérvanse uns pequenos saltos para dous puntos da gráfica. Estes saltos foron causados, probablemente, porque a tuerca que aproxima o tornillo de M3 ao perfil en L de aluminio estaba floxa e o perfil saltaba nos pasos da rosca, coincidindo este salto co salto na gráfica.

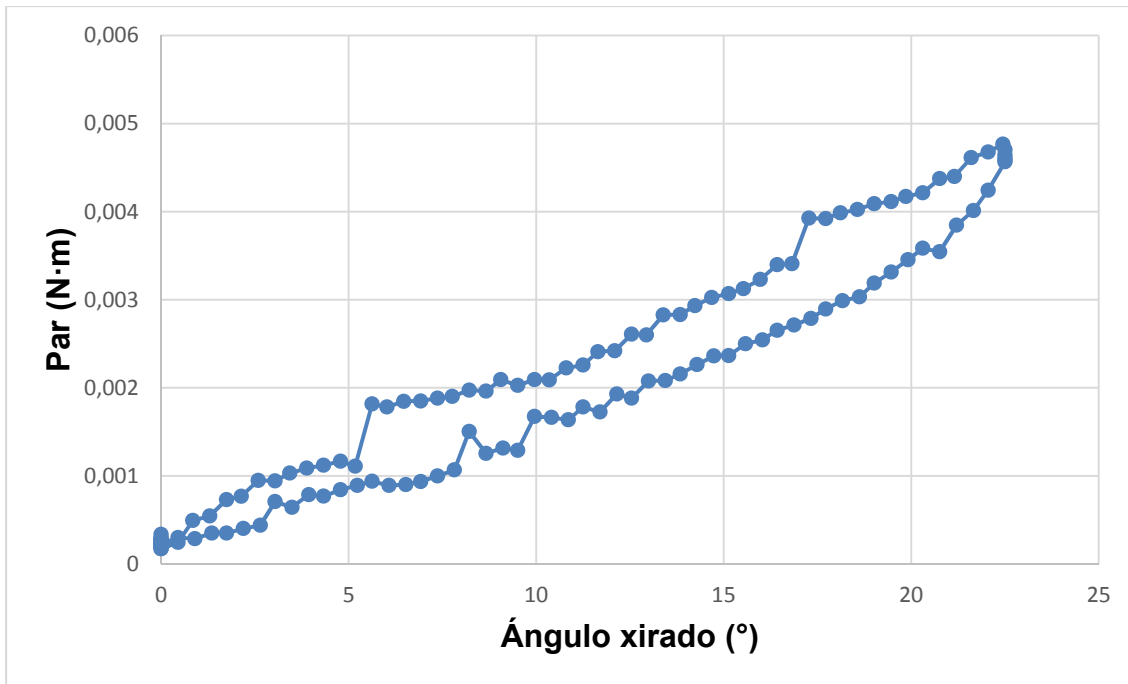


Figura 36. Resultados do 2º ensaio de fio PE pretensado

Ao superpor ambas gráficas, pode comprobarse que son coincidentes, non sendo nas zonas onde se produciron os saltos do 2º ensaio; polo tanto, as pendentes tamén son as mesmas.

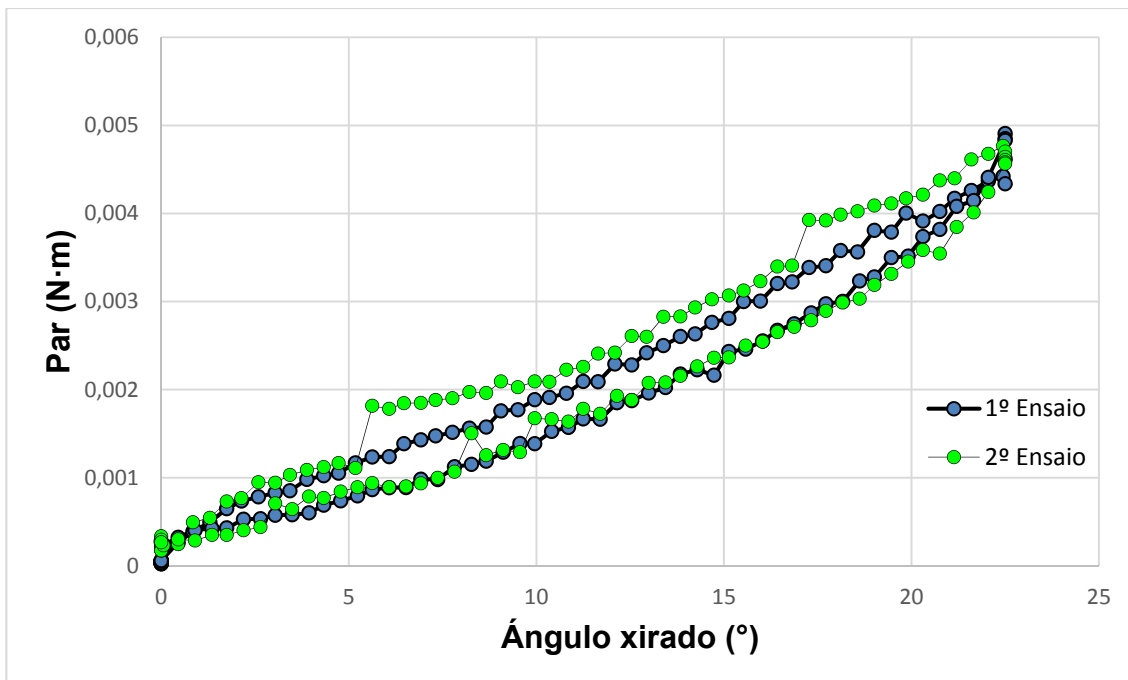
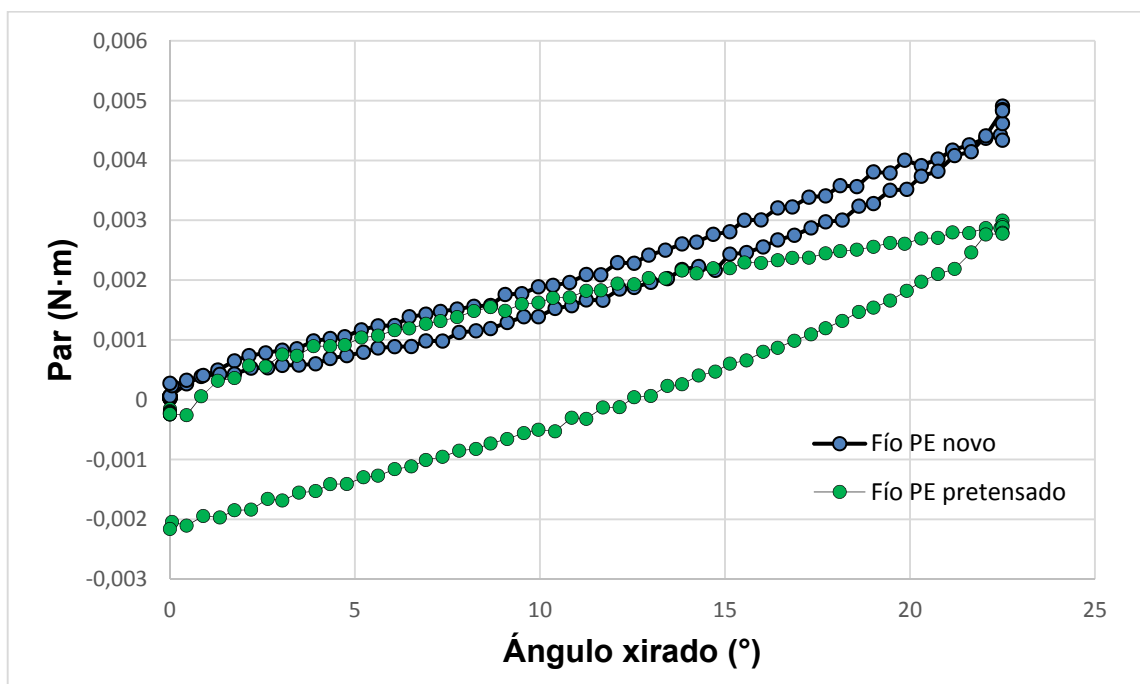


Figura 37. Comparación de resultados para fio PE pretensado

## 6.4. Conclusións

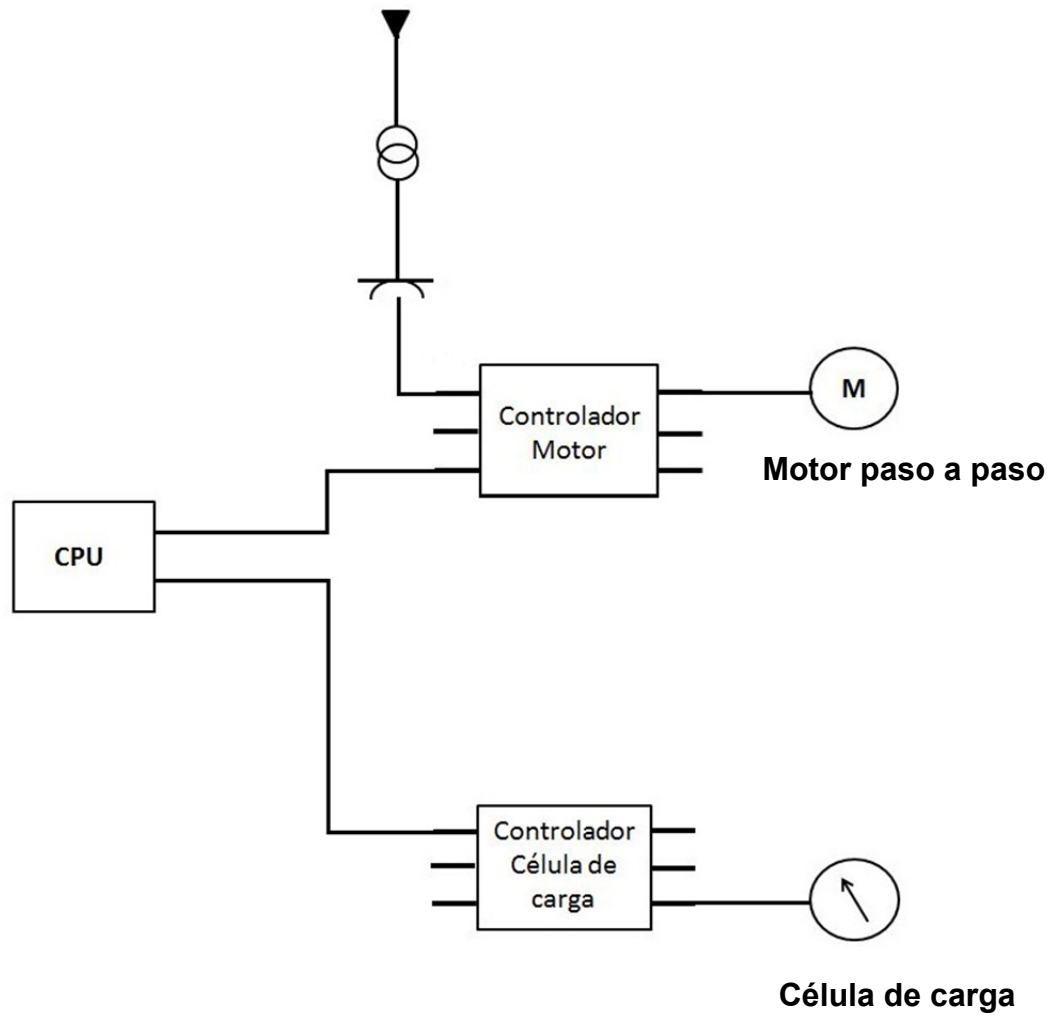
Ao comparar os resultados obtidos para as dúas mostras de fío de polietileno trezado demóstrase que o comportamento deste tipo de fío varía en función das cargas ás que se ve sometido. Este é un gran problema no mundo das redes, xa que os materiais polos que están compostas varían de propiedades a medida que se van utilizando, polo que unha rede nova non se comporta de igual modo que unha rede moi usada. Isto afecta, por exemplo, na apertura das mallas, que é un parámetro importante no obxectivo da redución de descartes na pesca.



**Figura 38.** Comparación das dos ensaios das dúas mostras de fío PE

Na figura 38 obsérvase que as traxectorias descritas non coinciden e as súas pendentes non teñen valores semellantes polo que os resultados para o mesmo tipo de fío pero con distinto trato, non teñen nada que ver.

## ANEXO I. Esquema eléctrico



## **ANEXO II. Resultados de calibración célula de carga**

# Informe de calibración da célula de carga libre

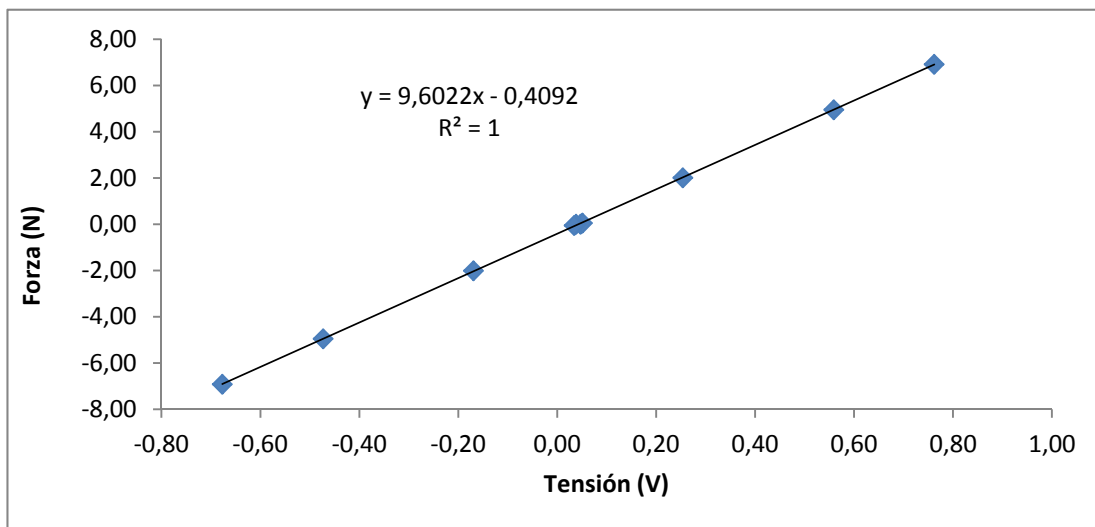
**Autor:** David Casal Freire

**Data:** 03/01/2017

Célula de carga		Amplificador	
Identificador:	24/2/16-1-1	Serial No.:	479534
Fabricante:	Phidgets	Fabricante:	Phidgets
Modelo:	3132_0 - Micro Load Cell (0-780 g) - CZL616C	Modelo:	1046_0 - PhidgetBridge 4-Input
Capacidade:	780 g	Porto:	0
		Ganancia:	128

## Datos carga-tensión

Ciclo	Obxecto	Tensión (V)	Masa (kg)	Forza (N)
Carga positiva	Libre	0,0471	0,00	0,000
	Gancho	0,0510	0,01	0,049
	Pesa 200g	0,2540	0,21	2,011
	Pesa 500g	0,5590	0,51	4,954
	Pesas 200g+500g	0,7620	0,71	6,916
Carga negativa	Libre	0,0380	0,00	0,000
	Gancho	0,0342	-0,01	-0,049
	Pesa 200g	-0,1692	-0,21	-2,011
	Pesa 500g	-0,4730	-0,51	-4,954
	Pesas 200g+500g	-0,6770	-0,71	-6,916



## Regresión lineal

$$F \text{ (N)} = a + b \cdot \text{Tensión (unidades do amplificador)}$$

a = -0,409150394

b = 9,6022153

r2 = 0,999955348

# Informe de calibración da célula de carga montada

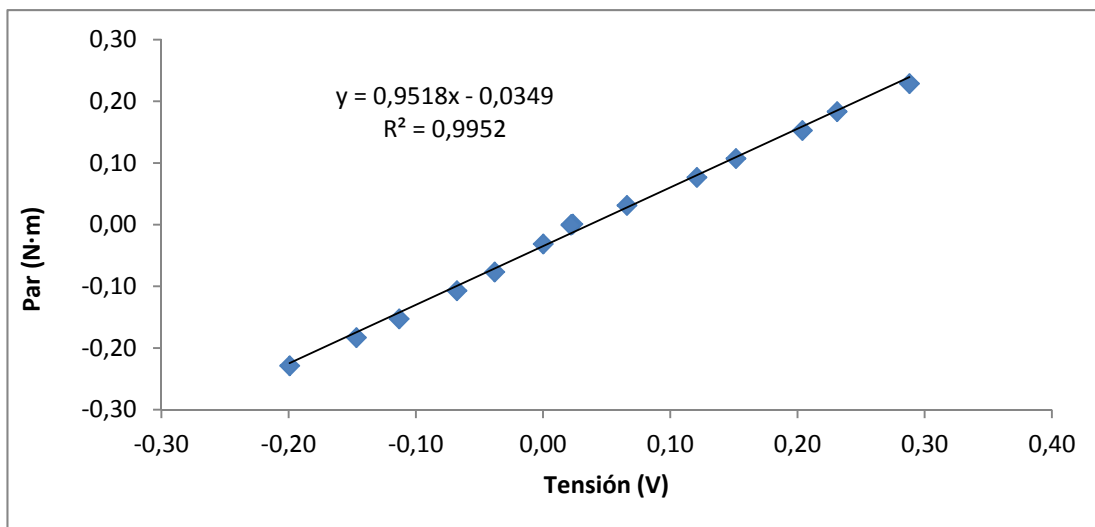
**Autor:** David Casal Freire

**Data:** 06/01/2017

Célula de carga		Amplificador	
Identificador:	24/2/16-1-1	Serial No.:	479534
Fabricante:	Phidgets	Fabricante:	Phidgets
Modelo:	3132_0 - Micro Load Cell (0-780 g) - CZL616C	Modelo:	1046_0 - PhidgetBridge 4-Input
Capacidade:	780 g	Porto:	0
		Ganancia:	128

## Datos carga-tensión

Ciclo	Obxecto	Tensión (V)	Masa (kg)	Par (N·m)
Carga positiva	Libre	0,0224	0,00	0,000
	Gancho	0,0234	0,01	0,001
	Pesa 200g	0,0660	0,21	0,031
	Pesa 500g	0,1209	0,51	0,077
	Pesas 200g+500g	0,1517	0,71	0,107
	Pesa 1000g	0,2039	1,01	0,153
	Pesas 1000g+200g	0,2312	1,21	0,183
	Pesas 1000g+500g	0,2880	1,51	0,229
Carga negativa	Libre	0,0221	0,00	0,000
	Gancho	0,0219	-0,01	-0,001
	Pesa 200g	0,0001	-0,21	-0,031
	Pesa 500g	-0,0380	-0,51	-0,077
	Pesas 200g+500g	-0,0677	-0,71	-0,107
	Pesa 1000g	-0,1131	-1,01	-0,153
	Pesas 1000g+200g	-0,1467	-1,21	-0,183
	Pesas 1000g+500g	-0,1992	-1,51	-0,229



## Regresión lineal

$$\text{Par (N·m)} = (a + b \cdot \text{Tensión (unidades do amplificador)}) / 0,0155$$

a = -0,034913582

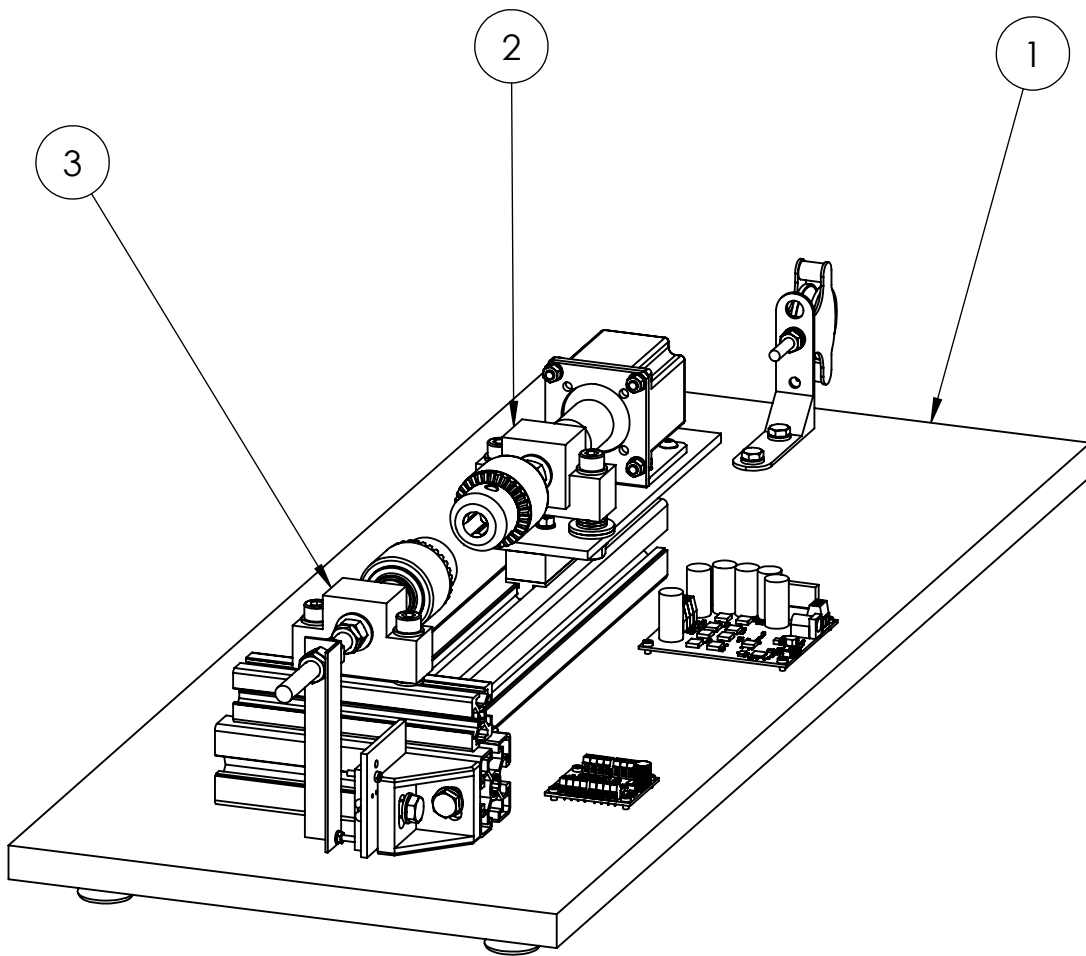
b = 0,95181004

r2 = 0,995223939

## **ANEXO III. PLANOS**



N.º DE ELEMENTO	ELEMENTO	CANTIDADE
1	Mesa	1
2	Mordaza movil	1
3	Mordaza fija	1



TÍTULO:

## MÁQUINA DE ENSAIO A TORSIÓN

AUTOR

David Casal Freire

PROXECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:1:4

FOLLA 1 DE 12

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

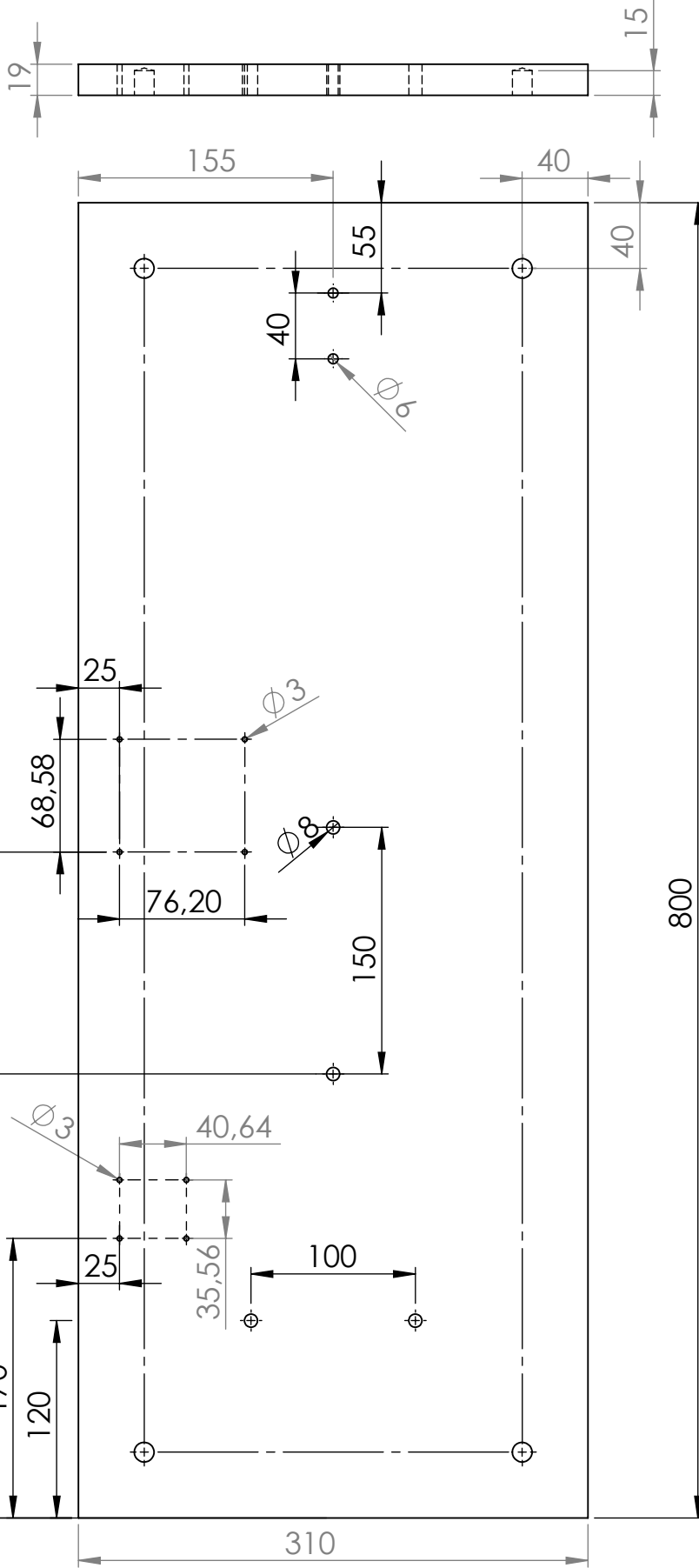
C

B

B

A

A



TÍTULO:

### TABOLEIRO

AUTOR

David Casal Freire

PROXECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:1:4

FOLLA 2 DE 12

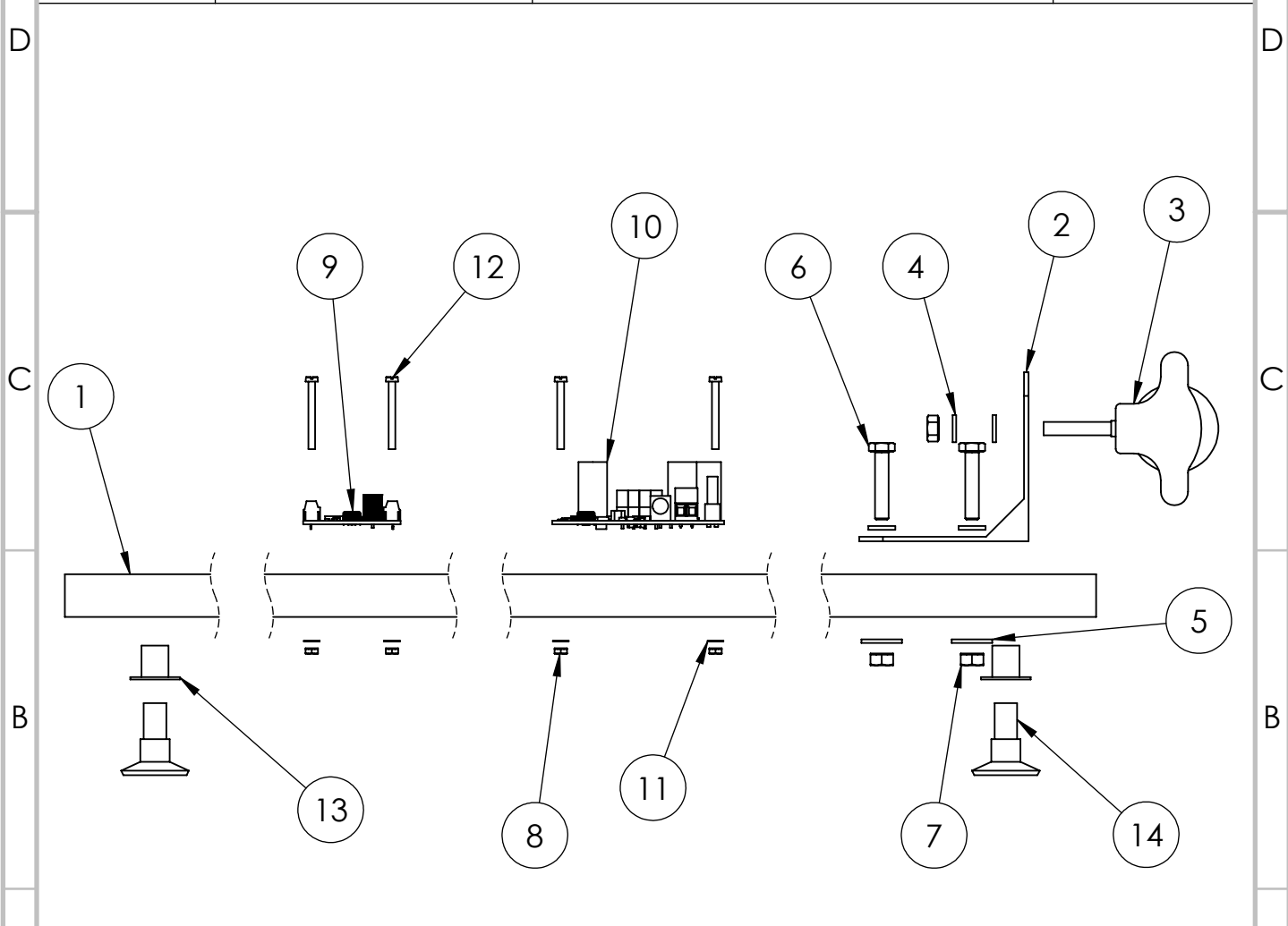
4

3

2

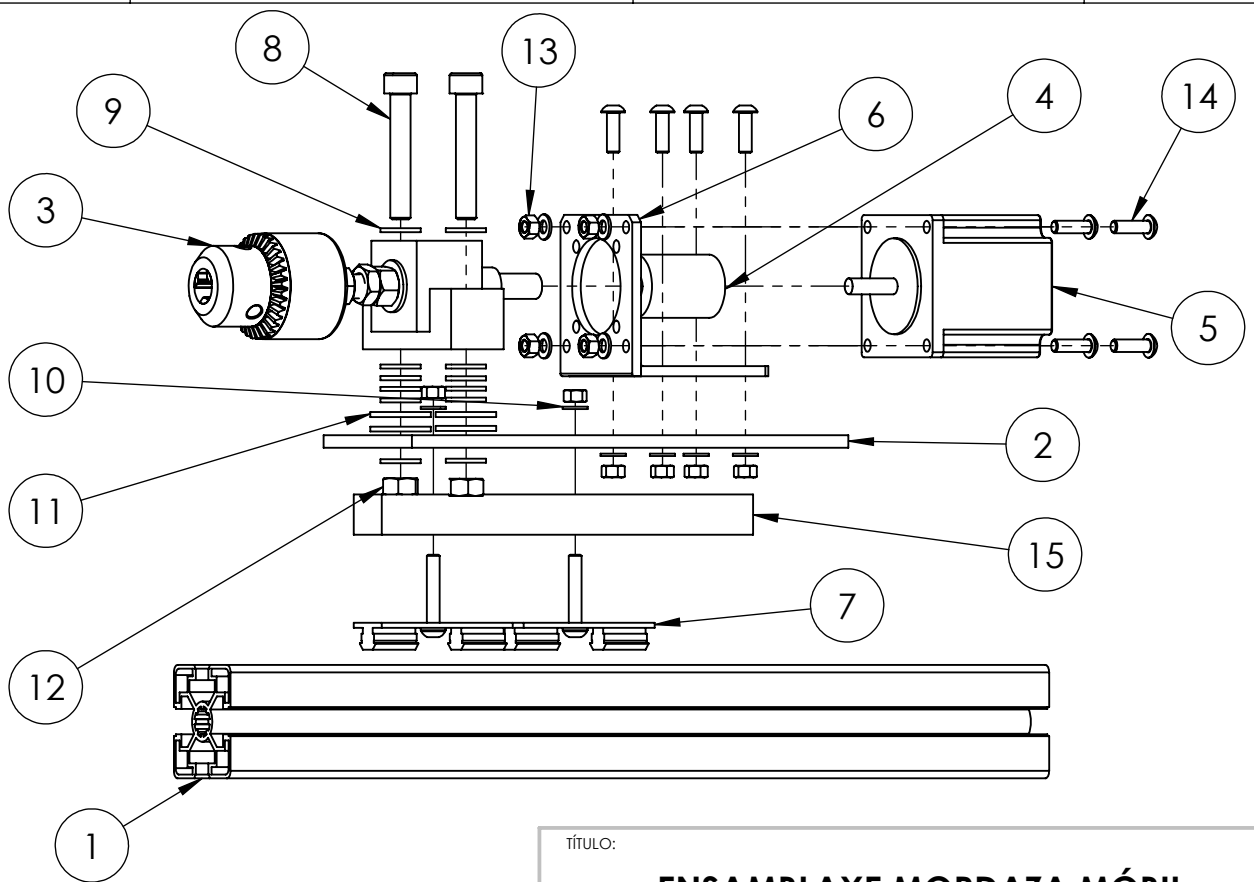
1

	4	3	2	1	
	N.º DE ELEMENTO	N.º DE PEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDADE	
F	1	Taboleiro	Taboleiro madeira MDF	1	F
	2	Escuadra_baldas	Escuadra aceiro lacado	1	
	3	Polea	Polea	1	
	4	Washer ISO 7091 - 6	Arandela ISO 7091 - 6	4	
	5	Washer ISO 7093 - 6	Arandela ancha ISO 7093 - 6	2	
E	6	ISO 4017 - M6 x 30-N	Tornillo cabeza hexagonal M6x30	2	E
	7	Hexagon Nut ISO - 4032 - M6 - W - N	Tuerca hexagonal M6	3	
	8	Hexagon Nut ISO - 4032 - M3 - W - N	Tuerca hexagonal M3	8	
	9	Phidgets-1046_0	Controlador célula de carga	1	
	10	Phidgets-1067_0	Controlador motor	1	
	11	Washer ISO 7089 - 3	Arandela ISO 7089 - 3	8	
	12	ISO 1207 - M3 x 30 --- 30N	Tornillo cabeza hexagonal M3x30	8	
	13	Tuerca púas	Tuerca de púas M10	4	
	14	Elevador	Elevador M10	4	



TÍTULO:		<b>ENSAMBLAXE MESA</b>	
AUTOR		PROXECTO	
David Casal Freire		<b>CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA</b>	
COTAS EN MILÍMETROS		ESCALA:1:3	
		FOLLA 3 DE 12	

4	3	2	1		
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDA-DE		
F	1	Perfil estructural de aluminio de 375 mm de lonxitude	1	F	
	2	Chapa	1		
	3	Mordaza	1		
	4	Spiral_Beam_Coupling 6-10mm	1		
	5	NEMA 23 Bipolar_Gearless_Stepper	1		
E	6	NEMA 23_Stepper_Mounting_Bracket	1	E	
	7	Deslizadera	2		
	8	socket head cap screw_din	Tornillo cabeza allen DIN 912 M8x50	2	
	9	plain washer grade a_din	Arandela DIN 8	12	
	10	plain washer grade a_din	Arandela DIN 5	10	
	11	Washer ISO 7093 - 8	Arandela ancha 8	4	
	12	hex nut style 1 gradeab_iso	Tuerca hexagonal M8	2	
D	13	hex nut style 1 gradeab_iso	Tuerca hexagonal M5	10	D
	14	socket button head screw_iso	Tornillo cabeza allen ISO 7380 M5x16	8	
	15	Deslizadera_elevador	Suplemento	1	



TÍTULO:

## ENSAMBLAXE MORDAZA MÓBIL

AUTOR

David Casal Freire

PROXECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:1:3

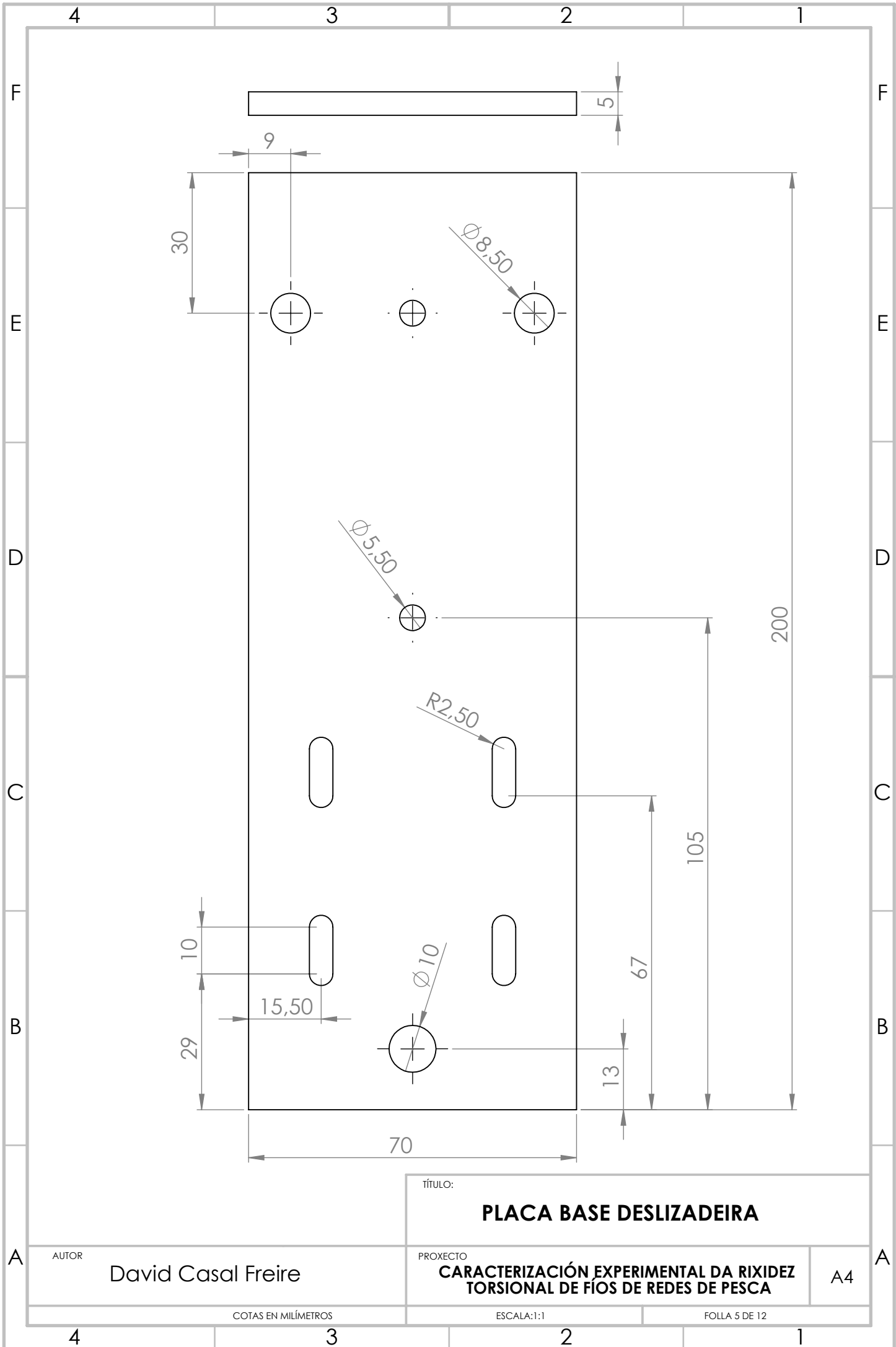
FOLLA 4 DE 12

4

3

2

1



TÍTULO:

**PLACA BASE DESLIZADEIRA**

AUTOR

David Casal Freire

PROXECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:1:1

FOLLA 5 DE 12

4

3

2

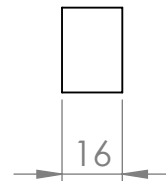
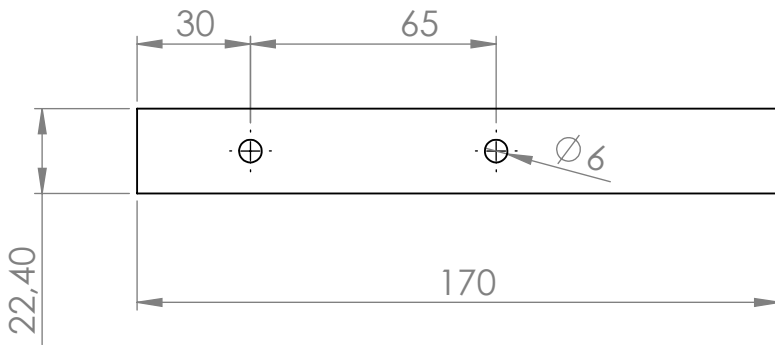
1

F

F

E

E

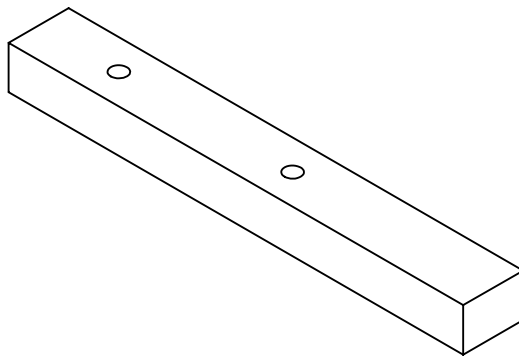


D

D

C

C



B

B

A

A

TÍTULO:

### SUPLEMENTO DESLIZADEIRA

AUTOR

David Casal Freire

PROXECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:1:2

FOLLA 6 DE 12

4

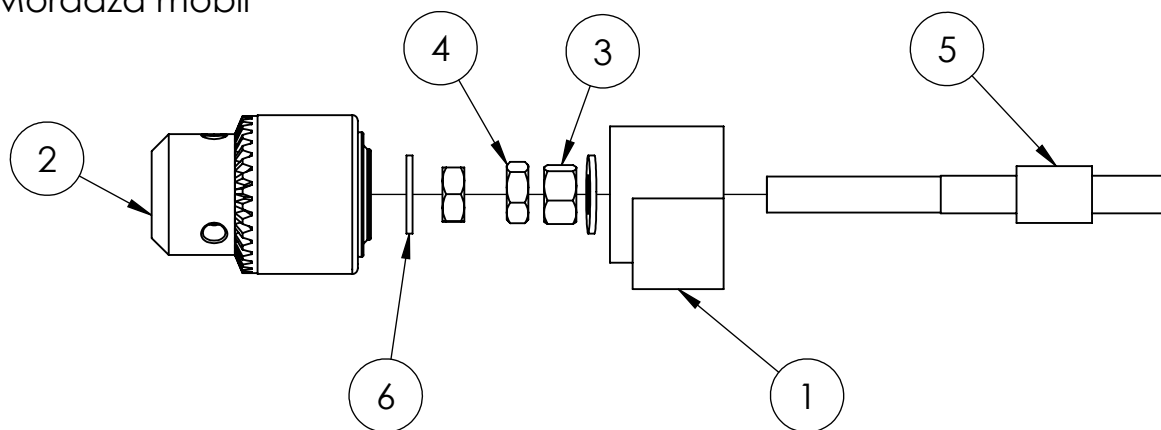
3

2

1

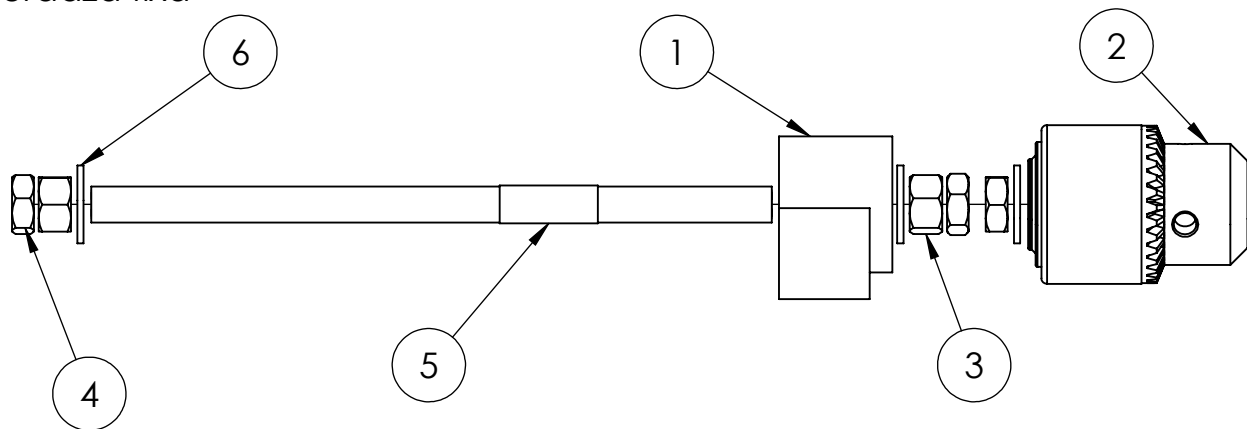
4	3	2	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDADE
F 1	Soporte EK10	Soporte con rodamentos	1
2	Mandril	Portabrocas	1
3	hex nut_ai	Tuerca 3/8 "	1
4	HJNUT 0.3750-24-D-N	Contratuerca 3/8 "	2
5	Eixo_mordaza_móbil	Eixo da mordaza móbil	1
6	Preferred Narrow FW 0.375	Arandela 3/8 "	2

Mordaza móbil



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDADE
1	Soporte EK10	Soporte con rodamentos	1
2	Mandril	Portabrocas	1
3	hex nut_ai	Tuerca 3/8 "	2
4	HJNUT 0.3750-24-D-N	Contratuerca 3/8 "	3
5	Eixo_mordaza_fixa	Eixo da mordaza fixa	1
6	Preferred Narrow FW 0.375	Arandela 3/8 "	3

Mordaza fixa



TÍTULO:

**ENSAMBLAXE MORDAZAS**

AUTOR

David Casal Freire

PROXECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

4

3

2

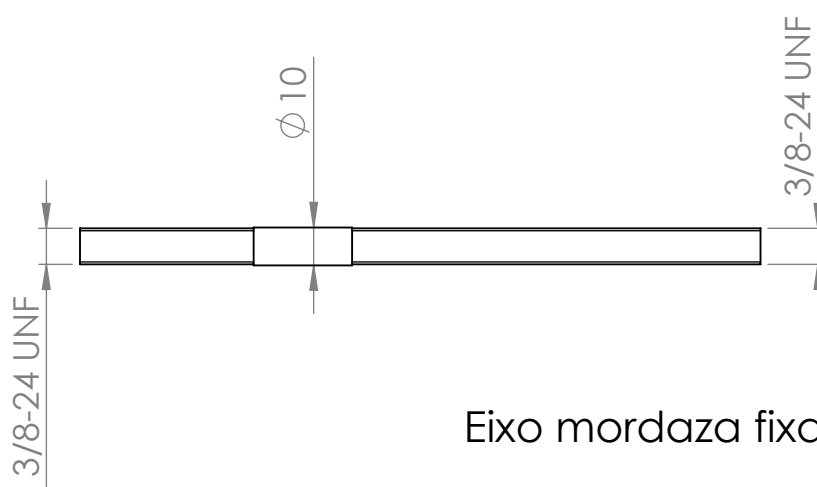
1

F

F

E

E



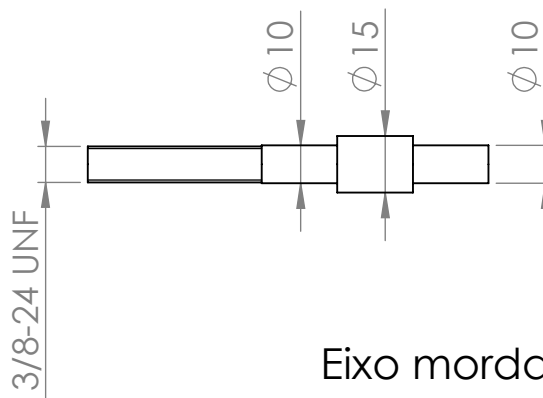
Eixo mordaza fixa

D

D

C

C



Eixo mordaza móbil

B

B

A

A

TÍTULO:

**EIXOS**

AUTOR

David Casal Freire

PROXECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:1:2

FOLLA 8 DE 12

4

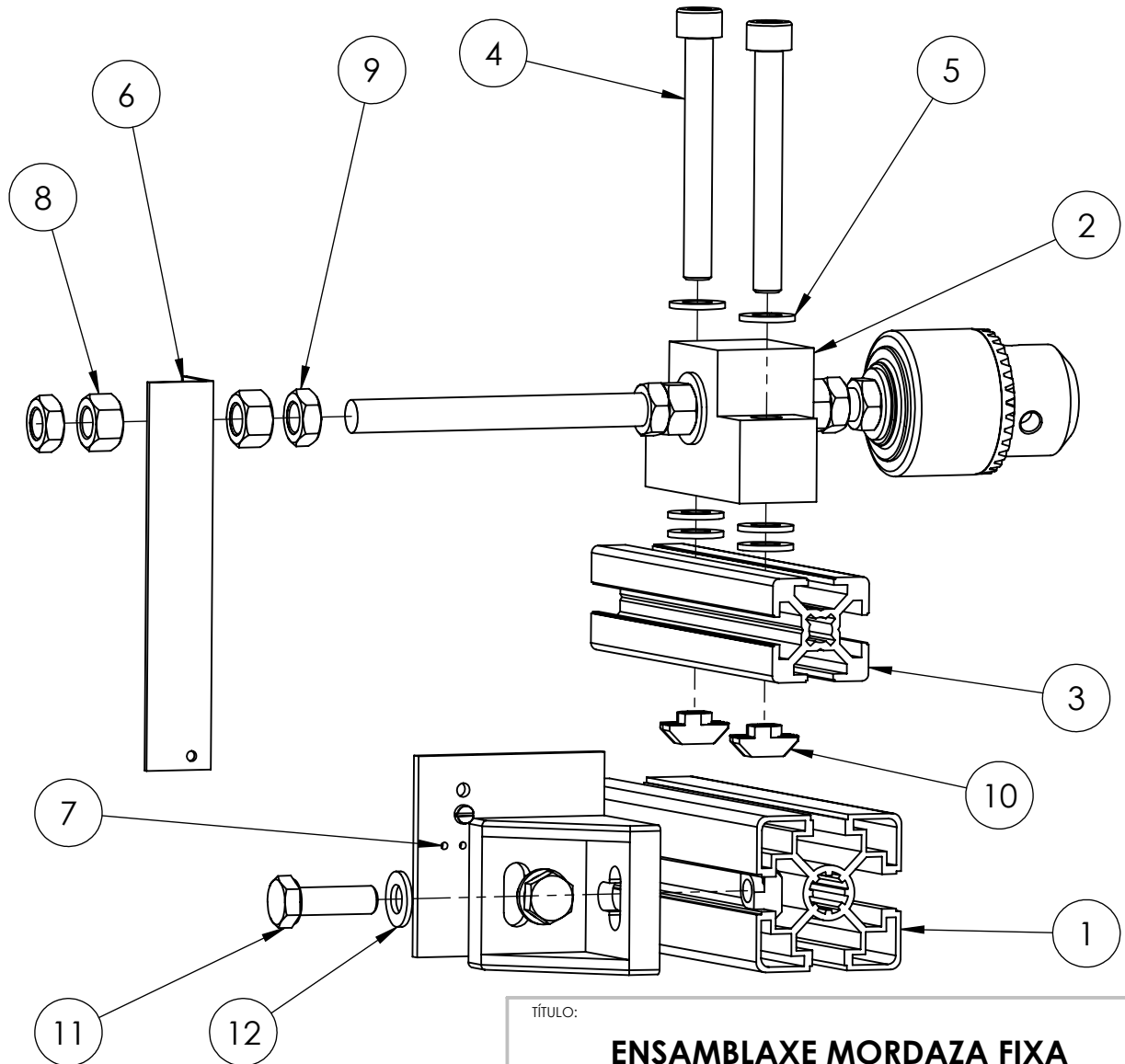
3

2

1



4	3	2	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDADE
F 1	Perfil-2 45x45	Perfil estrutural de aluminio de 150 mm de lonxitude	1
2	Mordaza	Ensamblaxe con eixe fixo	1
3	Perfil 30x30 L70	Perfil estrutural de 120 mm de lonxitude	1
4	socket head cap screw_din	Tornillo cabeza allen DIN 912 M8x70	2
5	plain washer grade a_din	Arandela DIN 8	6
6	Perfil_L	Perfil de aluminio en L	1
E 7	Phidgets_LoadCell_780g	Célula de carga	1
8	HNUT 0.3750-24-D-N	Tuerca 3/8 "	2
9	HJNUT 0.3750-24-D-N	Contratuerca 3/8 "	2
10	T_NUT_Groove10_M8	Tuerca con cabeza de martillo M8	3
11	ISO 4017 - M8 x 25-N	Tornillo cabeza hexagonal M8x25	1
12	Washer ISO 7089 - 8	Arandela ISO 7089 - 8	1



TÍTULO:

### ENSAMBLAXE MORDAZA FIXA

AUTOR

David Casal Freire

PROXECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:1:2

FOLLA 9 DE 12

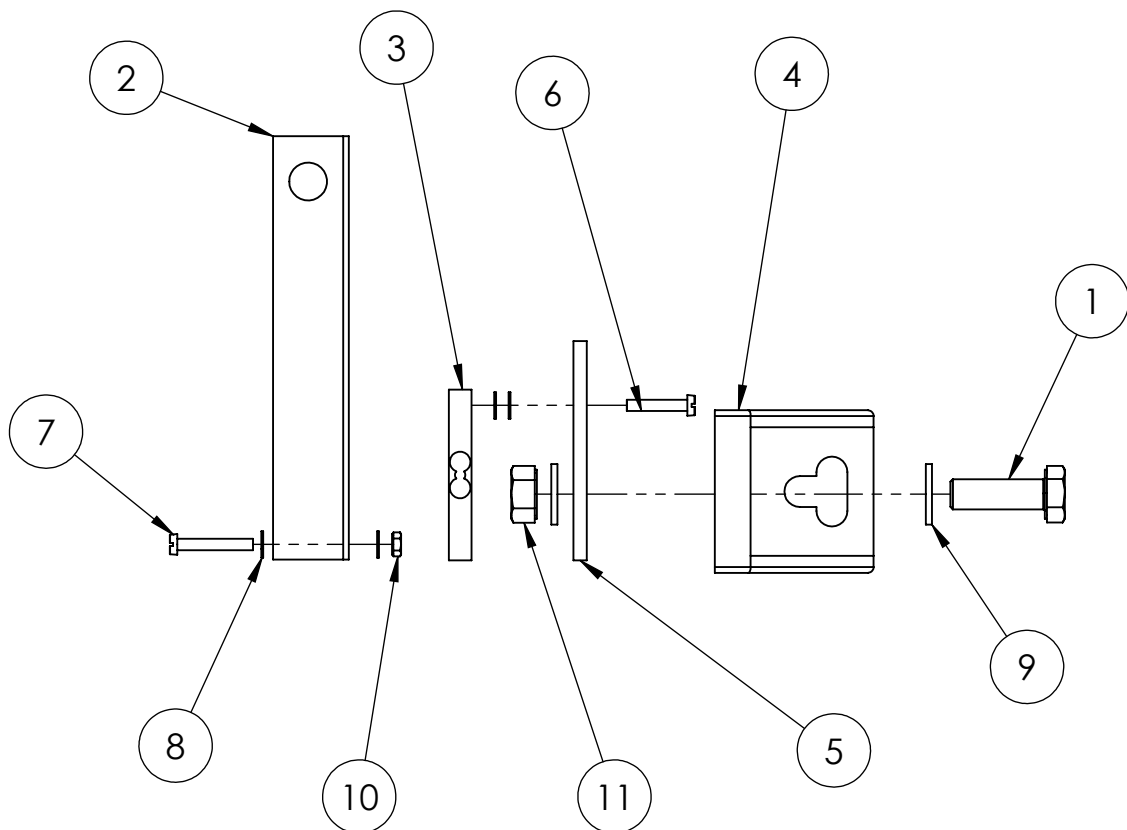
4

3

2

1

4	3	2	1		
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDADE		
F	1	Tornillo cabeza hexagonal M8x25	1	F	
	2	Perfil_L	1		
	3	Phidgets_LoadCell_7 80g	1		
	4	Escuadra_45	Escuadra perfilería de aluminio	1	
	5	soporte_celula	Chapa soporte célula de carga	1	
E	6	ISO 1207 - M3 x 16 --- 16N	Tornillo cabeza ranurada M3x16	1	E
	7	ISO 1207 - M3 x 20 --- 20N	Tornillo cabeza ranurada M3x20	1	
	8	Washer ISO 7089 - 3	Arandela ISO 7089 - 3	4	
	9	Washer ISO 7089 - 8	Arandela ISO 7089 - 8	2	
	10	Hexagon Nut ISO - 4032 - M3 - W - N	Tuerca hexagonal M3	1	
	11	Hexagon Nut ISO - 4032 - M8 - W - N	Tuerca hexagonal M8	1	



TÍTULO:

## ENSAMBLAXE SOPORTE CÉLULA DE CARGA

AUTOR

David Casal Freire

PROXECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:1:2

FOLLA 10 DE 12

4

3

2

1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

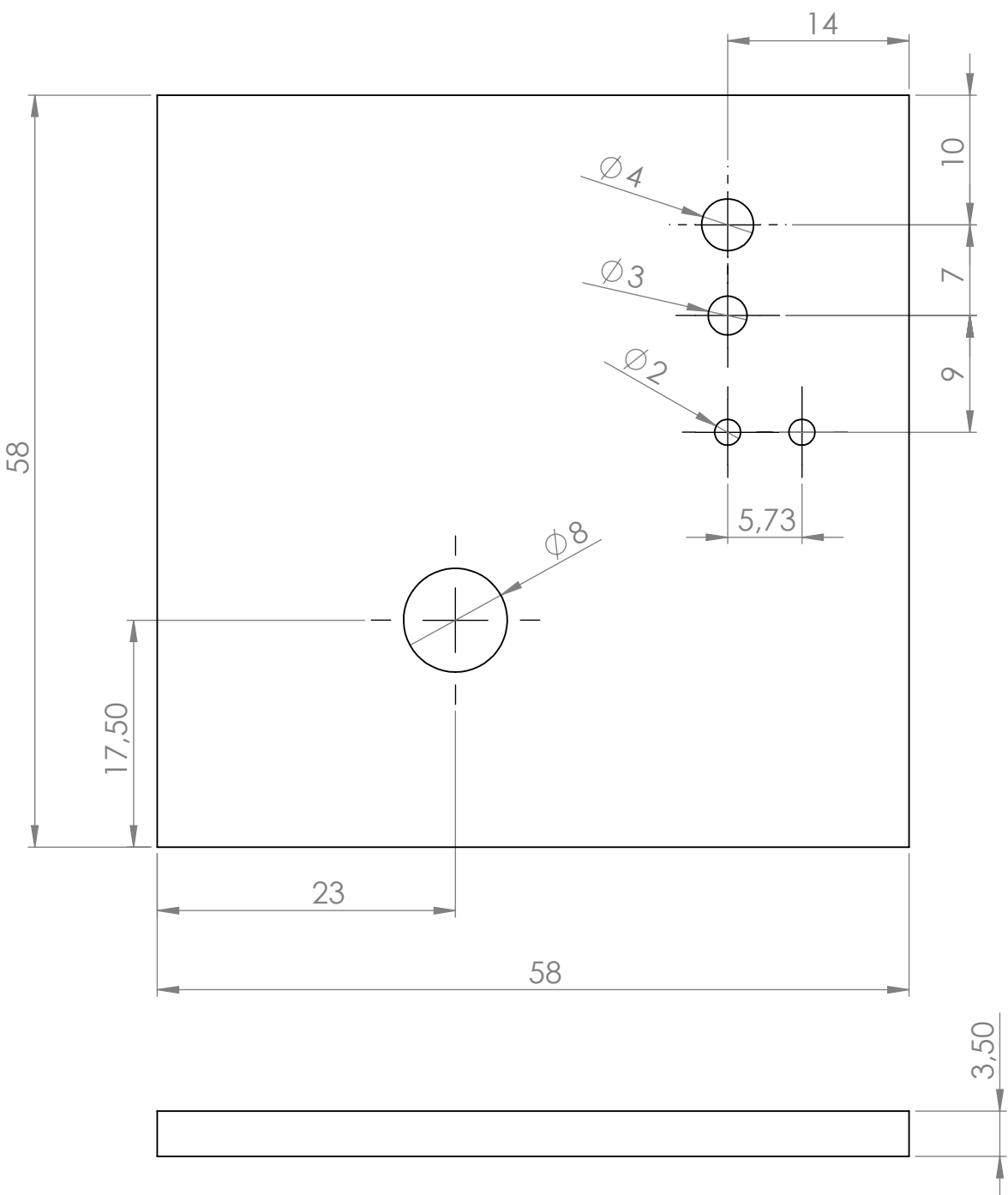
C

B

B

A

A



TÍTULO:

### PLACA SOPORTE CÉLULA DE CARGA

AUTOR  
**David Casal Freire**

PROXECTO  
**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:2:1

FOLLA 11 DE 12

4 3 2 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

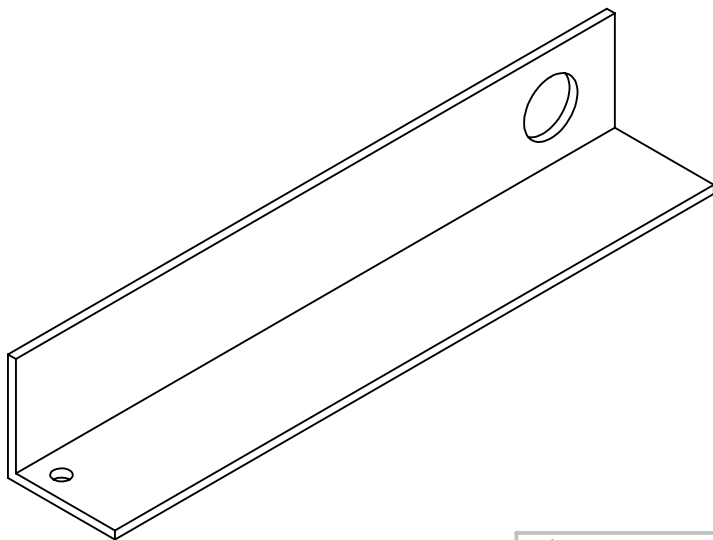
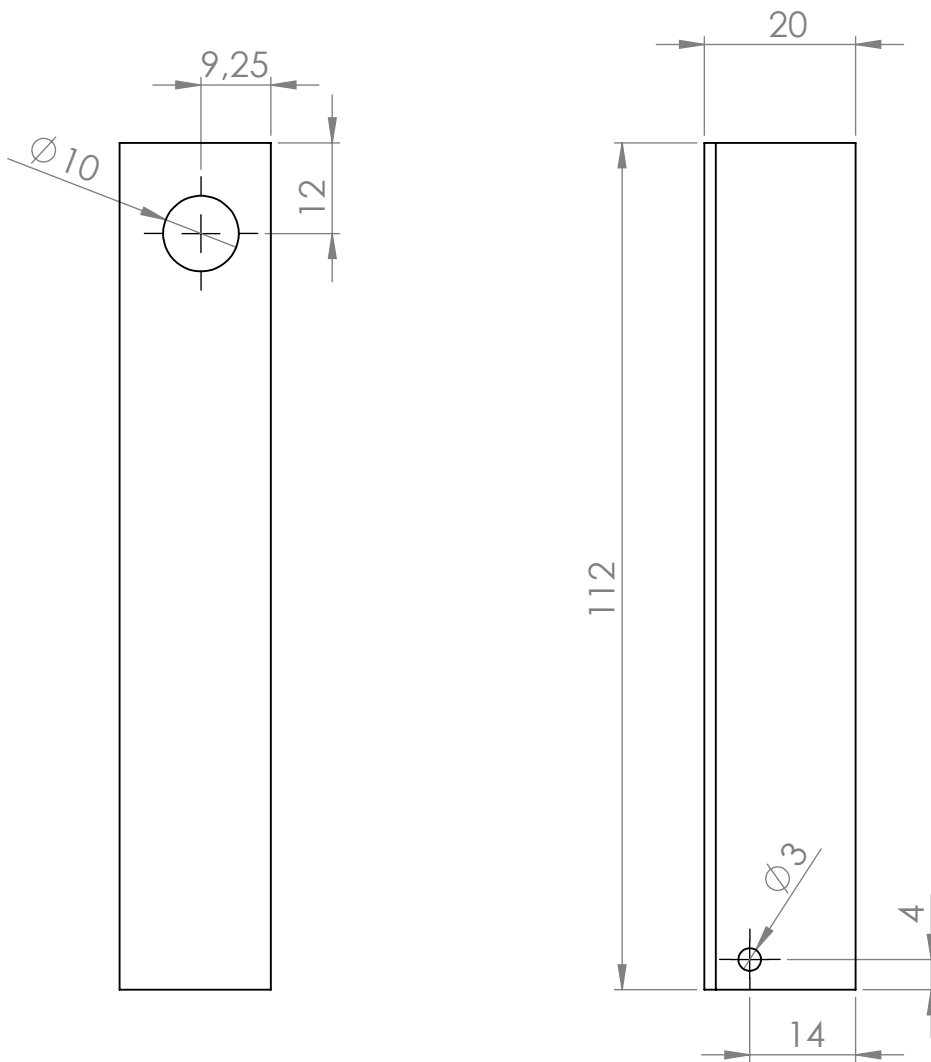
C

B

B

A

A



TÍTULO:

PERFIL EN L DE ALUMINIO

AUTOR

David Casal Freire

PROYECTO

**CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DA RIXIDEZ TORSIONAL DE FIOS DE REDES DE PESCA**

A4

COTAS EN MILÍMETROS

ESCALA:1:1

FOLLA 12 DE 12

4

3

2

1

## **ANEXO IV. Presuposto**

**CAPÍTULO I. Perfilaría de aluminio especializada, conectores e tornillería asociada**

Proveedor	Cantidade	Descrición	Prezo	Importe
KJN	0,53	45x45 Aluminium profile	10,00 €/m	5,30 €
KJN	0,12	30x30 Aluminium profile	7,00 €/m	0,84 €
KJN	3	45x45 Bracket	2,98 €/ud.	8,94 €
KJN	11	T_NUT_Groove10_M8	0,39 €/ud.	4,29 €
KJN	2	Deslizadeira plástica	0,75 €/ud.	1,5 €
LaserMaster	1	Placa base deslizadeira	14 €/ud.	14 €
			<b>TOTAL</b>	<b>34,87 €</b>

**CAPÍTULO II. Tornillería Estándar**

Proveedor	Cantidade	Descrición	Prezo	Importe
Formoso Pico	5	Arandela 3/8 "	0,09 €/ud.	0,45 €
Formoso Pico	12	Arandela ISO 7089 - 3	0,01 €/ud.	0,12 €
Formoso Pico	12	Arandela ISO 7091 - 5	0,03 €/ud.	0,36 €
Formoso Pico	4	Arandela ISO 7091 - 6	0,03 €/ud.	0,12 €
Formoso Pico	2	Arandela ancha ISO 7093 - 6	0,04 €/ud.	0,08 €
Formoso Pico	25	Arandela ISO 7089 - 8	0,04 €/ud.	1 €
Formoso Pico	8	Arandela Ancha ISO 7093 - 8	0,05 €/ud.	0,4 €
Formoso Pico	1	Tornillo cabeza hexagonal ISO 1207 - M3 x 16	0,12 €/ud.	0,12 €
Formoso Pico	1	Tornillo cabeza hexagonal ISO 1207 - M3 x 20	0,15 €/ud.	0,15 €
Formoso Pico	8	Tornillo cabeza ranurada ISO 1207 - M3 x 30	0,17 €/ud.	1,36 €
Formoso Pico	2	Tornillo cabeza allen ISO 7380 - M5 x 30	0,29 €/ud.	0,58 €
Formoso Pico	8	Tornillo cabeza allen ISO 7380 M5x16	0,24 €/ud.	1,92 €
Formoso Pico	2	Tornillo cabeza hexagonal M6x30 ISO 4017	0,32 €/ud.	0,64 €
Formoso Pico	2	Tornillo cabeza allen DIN 912 M8x50	0,47 €/ud.	0,94 €
Formoso Pico	2	Tornillo cabeza allen DIN 912 M8x70	0,54 €/ud.	1,08 €
Formoso Pico	6	Tornillo cabeza hexagonal M8x25 ISO 4017	0,35 €/ud.	2,1 €
Formoso Pico	4	Tornillo cabeza hexagonal M8x30 ISO 4017	0,38 €/ud.	1,52 €
Formoso Pico	5	Tuerca hexagonal 3/8 " 24 UNF	0,14 €/ud.	0,7 €
Formoso Pico	7	Contratuerca 3/8 " 24 UNF	0,12 €/ud.	0,84 €
Formoso Pico	9	Tuerca hexagonal ISO -4032 - M3	0,05 €/ud.	0,45 €
Formoso Pico	10	Tuerca hexagonal ISO - 4032 M5	0,07 €/ud.	0,7 €
Formoso Pico	2	Tuerca hexagonal ISO - 4032 M6	0,07 €/ud.	0,14 €
Formoso Pico	3	Tuerca hexagonal ISO - 4032 M8	0,09 €/ud.	0,27 €
			<b>TOTAL</b>	<b>16,04 €</b>

**CAPÍTULO III. Eixos, soportes e rodamentos**

Proveedor	Cantidade	Descrición	Prezo	Importe
Mecace	1	Eixo mordaza fixa	75 €/ud.	75,00 €
Mecace	1	Eixo mordaza móbil	75 €/ud.	75,00 €
Moore Int.	2	Soporte EK10	54,6 €/ud.	109,20 €
Tecman	4	FAG 6000-C-2Z-C3	2,50 €/ud.	10,00 €
			<b>TOTAL</b>	<b>269,20 €</b>

**CAPÍTULO IV. Electrónica e electricidade**

Proveedor	Cantidad	Descrición	Prezo	Importe
EmmeShop	1	1046_0 - PhidgetBridge 4-Input	90,00 €/ud.	90,00 €
EmmeShop	1	3808_2 - Acrylic Enclosure for the 1046	8,45 €/ud.	8,45 €
EmmeShop	1	3330_0 - 57STH56 NEMA 23 Bipolar Precision Gearless Stepper	34,00 €/ud.	34,00 €
EmmeShop	1	3339_0 - Stepper Mounting Bracket (NEMA 23)	4,80 €/ud.	4,80 €
EmmeShop	1	1067_0 - PhidgetStepper Bipolar HC	95,00 €/ud.	95,00 €
EmmeShop	1	3081_0 - Power Supply 12VDC 5.0A - EU	28,00 €/ud.	28,00 €
EmmeShop	1	Shipping UE intra	25,00 €/ud.	25,00 €
EmmeShop	1	3132_0 - Micro Load Cell (0-780g) - CZL616C	7,60 €/ud.	7,60 €
World of CNC	1	Jaw Coupling SRJ-25C-RD-6,35	5,65 €/ud.	5,65 €
World of CNC	1	Jaw Coupling SRJ-25C-RD-10	5,65 €/ud.	5,65 €
			<b>TOTAL</b>	<b>304,15 €</b>

**CAPÍTULO V. Varios**

Proveedor	Cantidad	Descrición	Prezo	Importe
Amazon	2	Mandril	9 €/ud.	18,00 €
Aki	0,3	Taboleiro MDF espesor 19 mm	13,4 €/m <sup>2</sup>	4,02 €
Aki	1	Polea con soporte acero zincado	1,75 €/ud.	1,75 €
Aki	1	Pack 4 niveladores M10	4,55 €/ud.	4,55 €
Aki	1	Pack 4 tuercas púas M10	2,09 €/ud.	2,09 €
Brico Depot	1	Soporte Estantería AM. 75	1,2 €/ud.	1,2 €
Aki	0,6	Esmalte branco	3,09 €/m <sup>2</sup>	1,85 €
Aki	1	Cable aceiro forrado	0,67 €/m	0,67 €
Aki	2	Abrazadeira cable 4 mm	0,49 €/ud.	0,98 €
Aki	0,12	Pefil en L aluminio anodizado 20x20	2,95 €/m	0,35 €
Aki	34	Chapa aluminio lacada de 3 mm	0,03 €/cm <sup>2</sup>	1,02 €
			<b>TOTAL</b>	<b>36,49 €</b>

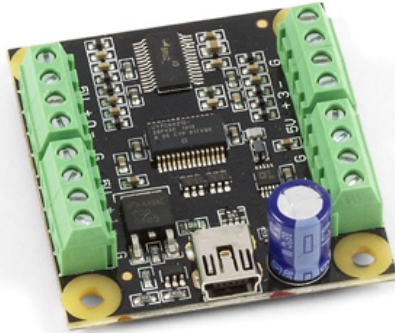
**RESUMEN POR CAPÍTULOS**

CAPÍTULO I. Perfilaría de aluminio especializada, conectores e tornillería asociada	34,87 €
CAPÍTULO II. Tornillería estándar	16,04 €
CAPÍTULO III. Eixos, soportes e rodamentos	269,20 €
CAPÍTULO IV. Electrónica e electricidade	304,15 €
CAPÍTULO V. Varios	36,49 €

<b>IMPORTE DE EXECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>660,75 €</b>
13% Gastos xerais	85,90 €
Man de obra (25 €/h)	1250,00 €
<b>IMPORTE DE EXECUCIÓN</b>	<b>1996,65 €</b>
21% IVA	419,30 €
<b>IMPORTE DE CONTRATA</b>	<b>2415,94 €</b>

## **ANEXO V. Follas de características**



**1046\_0 - PhidgetBridge 4-Input**

**Product Description**

The PhidgetBridge lets you connect up to 4 un-amplified Wheatstone bridges, such as:

- strain gauges
- compression load cells
- pressure sensors/Barometers
- piezoresistive accelerometers
- Magnetoresistive sensors (Compasses)

The data rate and gain values can be configured in software.

**Product Specifications**
**Board**

API Object Name	Bridge
Number of Bridge Inputs	4
Bridge Data Rate Min	8 ms
Bridge Data Rate Max	1000 ms
Bridge Input Current Max	± 3 nA
Differential Voltage Resolution	24 bit

**Electrical Properties**

USB Voltage Min	4.5 V DC
USB Voltage Max	5.3 V DC
USB Speed	Full Speed
Current Consumption Min	35 mA
Current Consumption Max	500 mA
Available External Current	465 mA
Input Voltage Limit Min	Ground + 0.25V DC
Input Voltage Limit Max	5V Supply - 0.25V DC

**Physical Properties**

Recommended Wire Size	16 - 26 AWG
Operating Temperature Min	0 °C
Operating Temperature Max	70 °C

**Comes Packaged with**

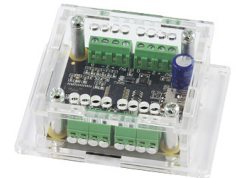
- A [3018 - Mini-USB Cable 180cm](#)
- A Hardware mounting kit (4 nuts and bolts (M3), 4 plastic spacers)

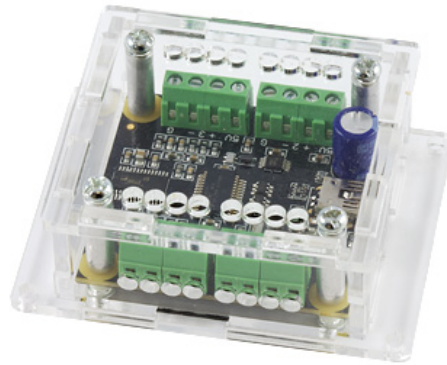
**Product Features**

The PhidgetBridge is the interface board needed to measure the output from a load cell. You can connect up to four load cells, strain gauges, or wheatstone bridge sensors.

**Enclosure**

You can protect your board by purchasing the [3854 - Plastic Shell Enclosure for the 1046](#) or the [3808 - Acrylic Enclosure for the 1046](#).



**3808\_2 - Acrylic Enclosure for the 1046****Product Features**

This clear acrylic enclosure protects your Phidget and is assembled with a Phillips screwdriver.

**Package Includes**

- 6 clear acrylic pieces
- Mounting Hardware (Nuts, bolts, spacers)

**Required Tools**

- Small Phillips screwdriver

**Product Description**

The 3808 Enclosure is designed to protect the Rev 0 version of the [1046 - PhidgetBridge](#) while giving you access to all terminals and connectors through openings in the enclosure.

You can plug and unplug cables, connect and disconnect devices, without having to open the enclosure.

This particular revision of the enclosure has thicker tabs for increased durability.

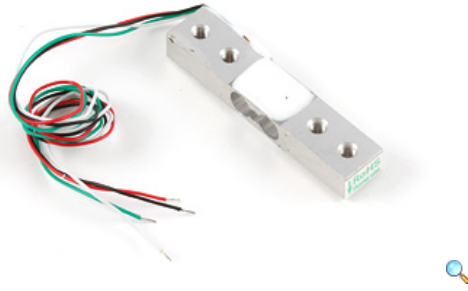
**Note:** The Phidget board is not included with the enclosure and must be purchased separately.

**Warning**

Be careful when tightening the mounting screws as too much tension could crack the acrylic.

**Product Specifications****Physical Properties**

Fits Board Revision	0
Material	Clear Acrylic
Thickness	3.2 mm
IP Rating	20

**3132\_0 - Micro Load Cell (0-780g) - CZL616C**

**Product Description**

A load cell is a force sensing module - a carefully designed metal structure, with small elements called strain gauges mounted in precise locations on the structure. Load cells are designed to measure a specific force, and ignore other forces being applied. The electrical signal output by the load cell is very small and requires specialized amplification. Fortunately, the 1046 PhidgetBridge will perform all the amplification and measurement of the electrical output.

Load cells are designed to measure force in one direction. They will often measure force in other directions, but the sensor sensitivity will be different, since parts of the load cell operating under compression are now in tension, and vice versa.

This Single Point Load Cell is used in small jewelry scales and kitchen scales. It's mounted by bolting down the end of the load cell where the wires are attached, and applying force on the other end in the direction of the arrow. Where the force is applied is not critical, as this load cell measures a shearing effect on the beam, not the bending of the beam. If you mount a small platform on the load cell, as would be done in a small scale, this load cell provides accurate readings regardless of the position of the load on the platform.

**Product Specifications**
**Sensor Properties**

Sensor Type	Shear Load Cell
Weight Capacity Max	780 g
Maximum Overload	936 g
Creep	1.6 g/hr
Zero Balance	± 11.7 g
Cell Repeatability Error Max	± 390 mg
Cell Non-Linearity Max	390 mg
Cell Hysteresis Max	390 mg
Temperature Effect on Span	39 mg/°C
Temperature Effect on Zero	39 mg/°C

**Electrical Properties**

Rated Output	800 $\mu$ V/V
Rated Output Error Max	± 100 $\mu$ V/V
Output Impedance	1 k $\Omega$
Supply Voltage Max	5 V DC

**Physical Properties**

Compensated Temperature Min	-10 °C
Compensated Temperature Max	40 °C
Operating Temperature Min	-20 °C
Operating Temperature Max	55 °C
Cable Length	200 mm
Cable Gauge	30 AWG
Material	Aluminium Alloy (LY12CZ)
Screw Thread Size	M3x0.5

**Product Features**

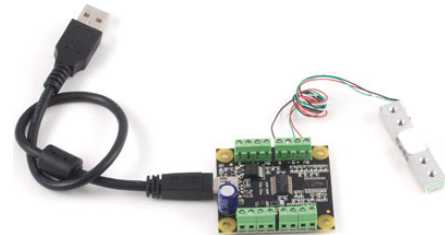
This load cell measures shear force up to 780g and connects to a [bridge input](#).

**Warning**


Make sure to calibrate your load cell before using it. You can find information on how to calibrate the cell in the [Load Cell Primer](#). You should also look at the [1046 - PhidgetBridge User Guide](#).

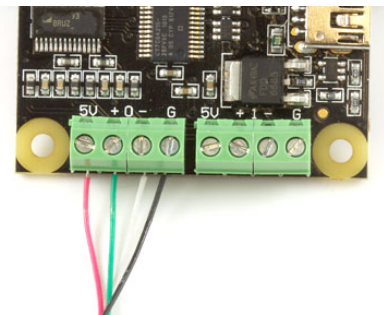
**Connection**

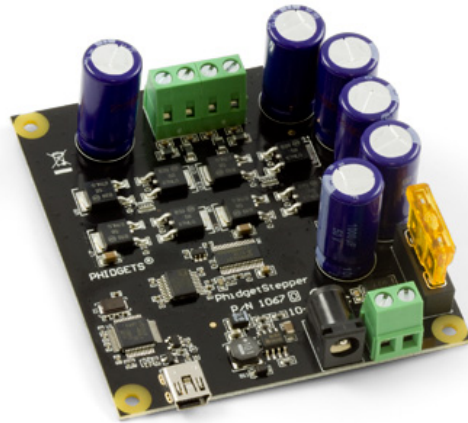
The 3132 connects to a bridge on the [1046 - PhidgetBridge 4-Input](#)



The following table shows how to connect the Load Cell Wires to the bridge connectors.

Wire Color	Red	Green	White	Black
Bridge Connector	5V	+	-	GND



**1067\_0 - PhidgetStepper Bipolar HC**

**Product Description**

The 1067 - PhidgetStepper Bipolar HC allows you to control the position, velocity, and acceleration of one bipolar stepper motor. This is the product you want to use to control larger industrial steppers or for applications that need a lot of torque.

The 1067 can also be used in applications that require very precise positioning. It uses micro-stepping at all times to ensure smooth acceleration.

This board is USB isolated, protecting your system from [ground loops](#), and comes with a built-in replaceable ATP Blade Terminal fuse to protect against an over-current scenario.

**Previous Versions of the 1067**

The 1067 replaces our previous bipolar stepper controller, the [1063\\_1 - PhidgetStepper Bipolar 1-Motor](#). The following features have changed:

- Increased maximum velocity and acceleration, allowing you to drive your stepper motor even faster
- Increased available motor current for larger motors
- Added safety features such as power isolation and a fuse for surge protection
- Now micro-steps at all speeds for smoother acceleration
- Removed motor current sensing
- Removed digital inputs

**Related Products**

If you need motors, we do carry a good selection of [Bipolar stepper motors](#).

If you need a replacement fuse, you can buy a [3700 - Fuse Kit](#).

**Recommended Accessories**
**Power Supplies:**

- [3082 - Power Supply 12VDC 5.0A](#) (North American style plug)
- [3081 - Power Supply 12VDC 5.0A](#) (European style plug)
- [3083 - Power Supply 12VDC 5.0A](#) (UK style plug)
- [3080 - Power Supply 12VDC 5.0A](#) (Australian style plug)
- [3086 - Power Supply 24VDC 1.0A](#) (North American style plug)

**Fuses:**

- [3700 - Fuses - 5/10/20/30A 32V](#)

**Comes Packaged with**

- A [3018 - Mini-USB Cable 180cm](#)
- A Hardware mounting kit (4 nuts and bolts (M3), 4 plastic spacers)
- A 5 Amp ATP Blade Terminal fuse

**Product Features**

Accurately control one bipolar stepper motor with this controller. This board comes with a number of safety features.

**Product Specifications**
**Controller Properties**

API Object Name	Stepper
Motor Type	Bipolar Stepper
Number of Motor Ports	1
Motor Position Resolution	1/16 Step (40-Bit Signed)
Position Max	± 1E+15 1/16 steps
Stepper Velocity Resolution	1 1/16 steps/sec
Stepper Velocity Max	250000 1/16 steps/sec
Stepper Acceleration Resolution	1 1/16 steps/sec <sup>2</sup>
Stepper Acceleration Min	2 1/16 steps/sec <sup>2</sup>
Stepper Acceleration Max	1E+07 1/16 steps/sec <sup>2</sup>

**Electrical Properties**

Available Current per Coil Max	4 A
Supply Voltage Min	10 V DC
Supply Voltage Max	30 V DC
Current Consumption Min	25 mA
USB Speed	Full Speed

**Physical Properties**

Power Jack	5.5 x 2.1mm Center Positive
Recommended Wire Size (Motor Terminal)	12 to 26 AWG
Recommended Wire Size (Power Terminal)	12 to 26 AWG
Operating Temperature Min	-20 °C
Operating Temperature Max	85 °C

**Previous Versions of the 1067**

The 1067 is based on the [1063\\_1 - PhidgetStepper Bipolar 1-Motor Board Revision 1](#)

**Enclosure**

We do not carry enclosures for the 1067\_0, because motor controllers are prone to overheating when kept in enclosed spaces for extended periods of time with no airflow.

**Warning**


Make sure the power supply is unplugged before attaching or removing wires from the terminal blocks. Failure to do so could cause permanent damage to the PhidgetStepper board.

When using larger motors with heavy loads or high speeds, you should take caution because the back EMF generated when stalling or changing directions could damage the motor controller. As a rule of thumb, if the kinetic energy of your application exceeds 10 joules, you are at risk of damaging the controller. Feel free to contact us for advice for such applications.

**3081\_0 - Power Supply 12VDC 5.0A - EU**

**Product Description**

Removable European style wall plug.

The 3081 provides efficient power at 12DC, 5.0 Amps, 60 Watts. It is protected against over-current, over-voltage, short-circuits and over-temperature.

This power supply can be used with Phidgets that accept an external power supply, or for projects that need a power source.

This is the largest power supply we offer and should be used , for example, with the stepper and dc motor controllers that require a larger amount of current and power to meet your project's motor speed and torque requirements.

If you are unsure about how much power your project demands, call us.

**Standards**

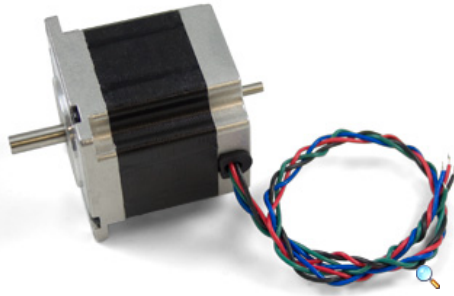
- CE - EN60950/EN55022
- FCC - FCC part 15

**Product Specifications**
**Electrical Properties**

Power Supply Voltage Min	11.4 V DC
Power Supply Voltage Max	12.6 V DC
Power Supply Current	5 A
Output Power	60 W
AC Input Voltage Min	100 V AC
AC Input Voltage Max	240 V AC
AC Input Frequency Min	50 Hz
AC Input Frequency Max	60 Hz
Protection Circuitry	Over-Current, Over-Voltage, Over-Temperature, Short Circuit

**Physical Properties**

Wall Plug Style	European
Power Jack Hole Diameter	5.5 mm
Power Jack Pin Diameter	2.1 mm
Power Jack Polarity	Center Positive
Operating Temperature Min	-20 °C
Operating Temperature Max	40 °C

**3330\_0 - 57STH56 NEMA 23 Bipolar Precision Gearless Stepper**

**Product Description**

This NEMA-23 motor generates 12 kg-cm of holding torque at 2.8 Amps. It comes with the rear shaft exposed, so you can mount an [encoder](#) or [shaft coupler](#).

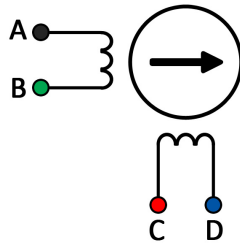
This motor is particularly suited for precision applications due to its 0.9° step angle.

When connected to a [1067 - PhidgetStepper Bipolar HC](#), the 3330 has a maximum speed of approximately 2250 RPM.

**Motor Controller and Connection**

The 3330 stepper motor connects to a bipolar motor controller such as the [1067 - PhidgetStepper Bipolar HC](#).

The following diagram shows how to connect the motor wires to the board connectors to produce a clockwise rotation in the stepper motor when increasing position. To wire for counter-clockwise rotation when increasing position, reverse the red and blue wires.



**Note:** Make sure to unplug the power cord from the motor controller before switching wires around.

The rear shaft of this motor can be equipped with the [HKT22 Optical Encoder](#) for applications where you need to keep track of the exact position, velocity, or acceleration of the motor.


**Mounting Bracket**

The mounting holes on this motor are compatible with the [3339 - Mounting Bracket \(NEMA23\)](#).


**Product Features**

This precision bipolar stepper with rear shaft has a 0.9° step angle and 11.2 kg-cm of torque at low speeds.

**Product Specifications**
**Motor Properties**

Motor Type	Bipolar Stepper
Manufacturer Part Number	57STH56-2804MB
Step Angle	0.9°
Step Accuracy	± 5 %
Holding Torque	12 kg-cm
Rated Torque	11.2 kg-cm
Maximum Speed (w/1067 Motor Controller)	2250 RPM
Acceleration at Max Speed (w/1067 Motor Controller)	800000 1/16 steps/sec <sup>2</sup>

**Electrical Properties**

Recommended Voltage	12 V DC
Rated Current	2.8 A
Coil Resistance	900 mΩ
Phase Inductance	4.5 mH

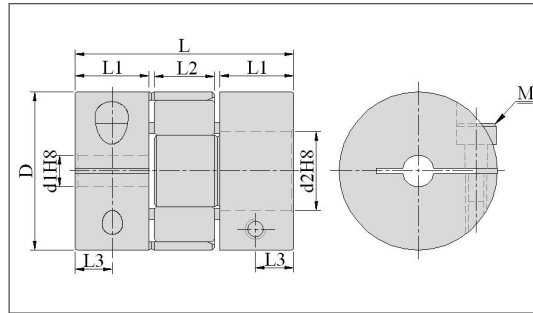
**Physical Properties**

Shaft Diameter	1/4"
Rear Shaft Diameter	3.9 mm
Mounting Plate Size	NEMA - 23
Weight	695 g
Number of Leads	4
Wire Length	300 mm

**Warning**


Connecting the motor directly to a power supply will destroy the motor and void the warranty. If you want to check your motor make sure it is connected to a constant current / chopper drive controller.

## BF Series Jaw Coupling



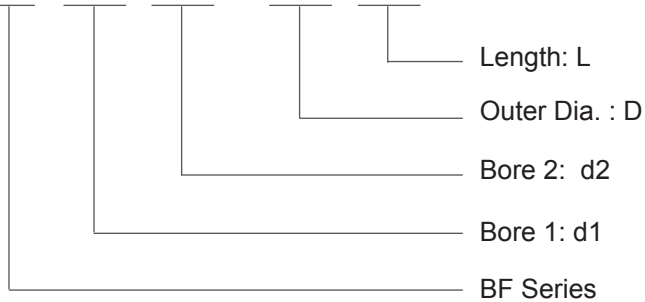
### Features:

- Coupling assembled by pressing a polyurethane sleeve into hubs on both sides;
- Zero backlash;
- For little torque and space, typically applied in servo motor, step motor connection;
- Identical clockwise and anticlockwise rotational characteristics;
- Clamp type;
- Super elastic torque can absorb vibration, parallel, angular misalignments and shaft end play.

Material		Surface Finish Available		Accessories
Body	Sleeve	Body	Sleeve	
Aluminium Alloy	Polyurethane	Anodic oxidation	None	Clamp Screw

## Order Information:

BF-□□×□□-D□□L□□



For example: order **BF-12×15-D30L42**

BF series (clamp style, jaw series)

Bore1: 12mm

Bore2: 15mm

Outer Diam.: 30mm

Length: 42mm

## Dimension

Series	ΦD	Φd1, Φd2	L	L1	L2	L3	Clamp Screw	
	mm						mm	M
BF	20	5 ~ 8	31	11	8	5.5	3	1.5
			34	12.5	8	6	3	1.5
	25	5 ~ 10	34	11.5	10	5.5	3	1.5
			30	8 ~ 15	40	14.5	10	7.5
42	15.5	10			8	4	2.5	

## Specification

Series	ΦD	Rated Torque (N.m)	Angular Misalignment	Parallel Misalignment	Static Tensional Stiffness	Max Speed (r/min)	Moment Inertia (Kg.m <sup>2</sup> )	Axial Motion (mm)
BF	20	5	1.0°	0.1	55N.m/rad	31000	6.7x10 <sup>-4</sup>	+0.8
	25	8		0.1	63N.m/rad	25000	7.2x10 <sup>-4</sup>	+1.0
	30	8		0.1	130N.m/rad	21000	8.5x10 <sup>-4</sup>	+1.2

※ BF Series flexible coupling tightens with bolt. Easy to assemble and disassemble. No damage will be caused to shaft.

※ Customization available for special bore size and slot as per your drawing.

※ The above technical data is for reference only.

## Support Unit EK (fixed-side rectangular type)

Order Coding	Model No.	Surface treatment	Applicable ballscrew accuracy grade	Bearing		Delivery date
				Model No.	Max. Starting torque (gf-cm)	
EK06_C5	EK06	Black Oxide	C5 ~ C10	706A P0	50	EX-STOCK
EK06_C3			C3	706A P5	50	EX-STOCK
EK06_C5N		Electroless Nickel Plating	C5 ~ C10	706A P0	50	EX-STOCK
EK06_C3N			C3	706A P5	50	EX-STOCK
EK08	EK08	Black Oxide	C3 ~ C10	708A P5	90	EX-STOCK
EK08_C5			C5 ~ C10	708A P0	90	EX-STOCK
EK08_C3			C3	708A P5	90	EX-STOCK
EK08_N		Electroless Nickel Plating	C3 ~ C10	708A P5	90	EX-STOCK
EK08_C5N			C5 ~ C10	708A P0	90	EX-STOCK
EK08_C3N			C3	708A P5	90	EX-STOCK
EK10	EK10	Black Oxide	C3 ~ C10	7000A P5	190	EX-STOCK
EK10_C5			C5 ~ C10	7000A P0	190	EX-STOCK
EK10_C3			C3	7000A P5	190	EX-STOCK
EK10_N		Electroless Nickel Plating	C3 ~ C10	7000A P5	190	EX-STOCK
EK10_C5N			C5 ~ C10	7000A P0	190	EX-STOCK
EK10_C3N			C3	7000A P5	190	EX-STOCK
EK12	EK12	Black Oxide	C3 ~ C10	7001A P5	210	EX-STOCK
EK12_C5			C5 ~ C10	7001A P0	210	EX-STOCK
EK12_C3			C3	7001A P5	210	EX-STOCK
EK12_N		Electroless Nickel Plating	C3 ~ C10	7001A P5	210	EX-STOCK
EK12_C5N			C5 ~ C10	7001A P0	210	EX-STOCK
EK12_C3N			C3	7001A P5	210	EX-STOCK



Black Oxide (Application : General case)



Electroless Nickel Plating (Application : Clean room)



Black Oxide (Application : General case)



Electroless Nickel Plating (Application : Clean room)

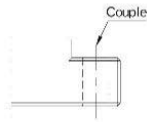
Note :

1. All types make Preload.
2. All of bearings use Japanese & Taiwanese brand bearings (Model No. in blue), Assembly by DF way. The most suitable way for ballscrew use.



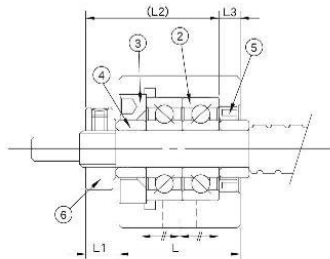
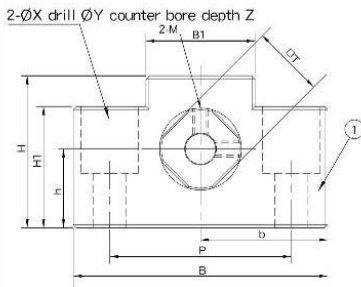
Support Unit EK  
(fixed-side rectangular type)

**EK05**



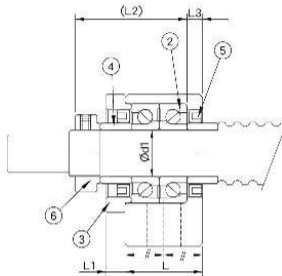
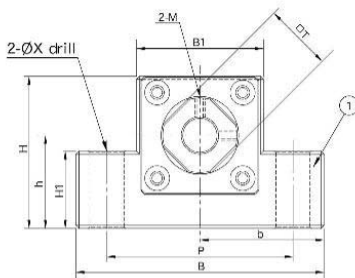
Part No.	Part name	Qty
1	Housing	1
2	Bearing	1 set
3	Holding lid	1
4	Collar	2
5	Seal	1 ( 2 )
6	Lock nut	1

**EK06, EK08**



(EK05~08)

**EK10~EK20**

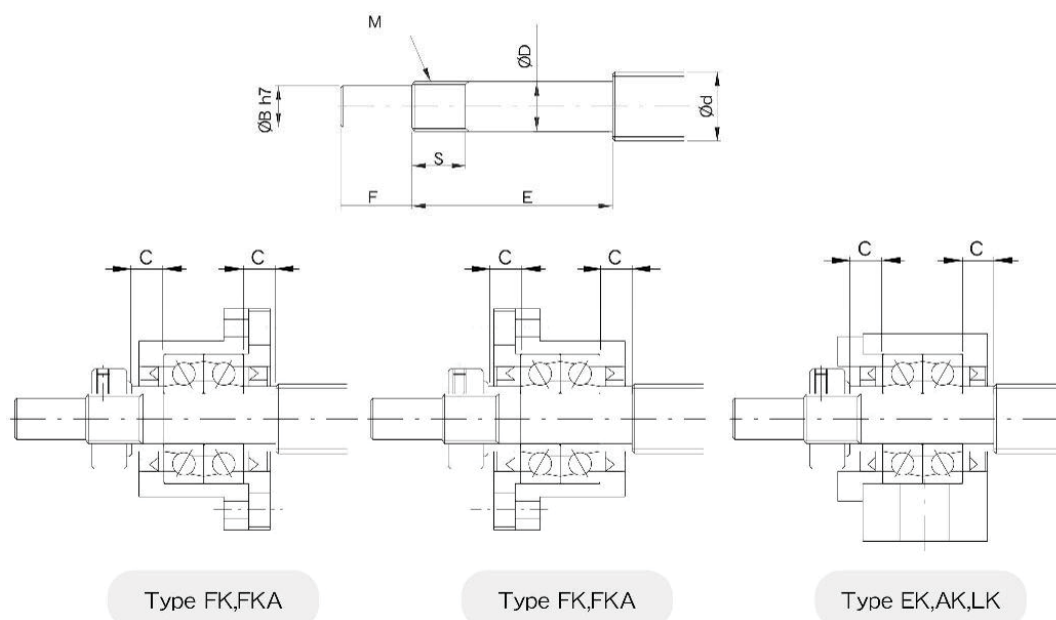


(EK10~20)

Unit : mm

Model No.	Shaft diameter d1	L	L1	L2	L3	B	H	b		B1	H1	P	X	Y	Z	M	T	Weight (Kgs)
								±0.02	±0.02									
EK05	5	16.5	5.5	18.5	3.5	36	21	18	11	20	8	28	4.5	-	-	M3	11	0.1
EK06	6	20	5.5	22	3.5	42	25	21	13	18	20	30	5.5	9.5	11	M3	12	0.15
EK08	8	23	7	26	4	52	32	26	17	25	26	38	6.6	11	12	M3	14	0.26
EK10-1	10	24	6	29.5	6	65	43	32.5	21	36	20	52	6.6	-	-	M3	16	0.45
EK10	10	24	6	29.5	6	70	43	35	25	36	24	52	9	-	-	M3	16	0.45
EK12	12	24	6	29.5	6	70	43	35	25	36	24	52	9	-	-	M4	19	0.44
EK15	15	25	6	36	5	80	49	40	30	41	25	60	11	-	-	M4	22	0.56
EK20	20	42	10	50	10	95	58	47.5	30	56	25	75	11	-	-	M4	30	1.34

## Recommended shaft end shape (Fixed-side) for Support Units types FK,FKA,EK,AK,LK



Unit : mm

Support unit model No.				Ball screw shaft OD	Shaft support portion OD			Metric screw thread			Length of Sleeve
Type FK,FKA	Type EK	Type AK	Type LK	d	D	B	E	F	M	S	C
FK05	EK05	-	-	8	5 -0.008 -0.015	4	23	6	M5×0.5	7	3.5
FK06 FKA06	EK06	-	-	8	6 -0.008 -0.015	4	28	8	M6×0.75	8	5
FK08 FKA08	EK08	-	LK08	10/12	8 -0.008 -0.015	6	32	9	M8×1	10	5.5
FK10 FKA10	EK10	AK10	LK10	12/14/15	10 -0.008 -0.015	8	36	15	M10×1	12	5.5
FK12 FKA12	EK12	AK12	LK12	14/15/16	12 -0.008 -0.017	10	36	15	M12×1	12	5.5
FK15 FKA15	EK15	AK15	LK15	18/20	15 -0.008 -0.017	12	48	20	M15×1	13	10
FK17	-	-	-	20/25	17 -0.008 -0.017	15	59	23	M17×1	17	10
FK20 FKA20	EK20	AK20	-	25/28/30	20 -0.010 -0.020	17	64	25	M20×1	16	11
FK25	-	AK25	-	30/32/36	25 -0.010 -0.020	20	76	30	M25×1.5	20	14
FK30	-	-	-	36/40	30 -0.010 -0.020	25	73	38	M30×1.5	25	9

# Rodamiento rígido a bolas

## 6000-C-2Z (Serie 60..-C-2Z)

construcción interna modificada (Generation C),  
dimensiones principales según DIN 625-1, obturación de  
paso estrecho

Esta hoja de datos sólo es una vista general de medidas y capacidades de carga del producto seleccionado. Tenga en cuenta, sin falta, todas las indicaciones de estas páginas. Para muchos productos encontrará más información bajo el apartado "Descripción" del menú. Además puede solicitar amplio material de información a través de la Solicitud de catálogos (<http://www.fag.de/content.fag.de/en/mediathek/library/library.jsp>) o por teléfono +49 91 32 82 - 28 97.

d	10 mm
D	26 mm
B	8 mm
D2	23,4 mm
d2	13,6 mm
Da	24 mm
da max	
da min	12 mm
ra max	0,3 mm
rmin	0,3 mm
m	0,02 kg Peso
Cr	5000 N Capacidad de carga dinámica, radial
Cor	1970 N Capacidad de carga estática, radial
nG	38000 1/min Velocidad límite
nB	30000 1/min Velocidad de referencia
Cur	133 N Carga límite de fatiga, radial
fo	12,4 Factor de cálculo

