



**EPS**

Escola Politècnica

Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** Banc d'assaig hidràulic per ruptura de peces a fatiga

**Document:** Memòria

**Alumne:** Jordi Camps Castells

**Director/Tutor:** Lluís Ripoll Masferrer

**Departament:** Enginyeria Mecànica i Construcció Industrial

**Àrea:** coneixement de Enginyeria Mecànica

**Convocatòria** (mes/any): 06/2013

**Índex de continguts**

1 INTRODUCCIÓ	5
1.1 Antecedents	5
1.1.1 Peticionari	5
1.1.2 Necessitats del peticionari	5
1.2 Objecte del projecte	6
1.3 Especificacions i abast	7
1.3.1 Especificacions de la petició	7
1.3.2 Abast del projecte	7
2 CICLES DE FORCES	8
3 DESCRIPCIÓ GENERAL	11
3.1 Ubicació i entorn	11
3.2 Aspectes generals	11
3.3 Protecció	14
4 BANCADA	15
4.1 Perfils ITEM quadrats i plans	15
4.2 Subjecció entre perfils i sistema de subjecció de les peces i cilindre	16
4.3 Compartiment interior	17
5 SISTEMA HIDRÀULIC	18
5.1 Principi de funcionament	18
5.2 Elements importants	20
5.2.1 Bomba hidràulica o grup hidràulic	20
5.2.2 Vàlvula proporcional de pressió	20
5.2.3 Vàlvula 4/3 vies o drieccional	21
5.2.4 Sensors	22
5.2.5 Cilindre hidràulic	23
5.2.6 Tubs	23
6 SISTEMA DE SUBJECCIÓ DE LES PECES	26
7 SISTEMA DE REFRIGERACIÓ	27
8 SISTEMA DE SUBJECCIÓ DEL CILINDRE	28
8.1 Principi de funcionament	28
8.2 Elements que el componen	28
9 COMANDAMENTS I FUNCIONAMENT	30
9.1 Sistema de seguretat i control	30
9.2 Sistema d'accionament	32
9.3 Programació	33
10 FABRICACIÓ I PROCÉS DE MUNTATGE	34

10.1 Fabricació	34
10.2 Procés de muntatge	35
11 CONCLUSIONS	36
12 RESUM DEL PRESSUPOST	37
13 RELACIONS DELS DOCUMENTS	37
Annex A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES	39
A.1 Sistema de control	40
A.2 Sistema hidràulic	41
A.3 Estructura	52
A.4 Tubs	54
Annex B: CÀLCULS	57
B.1 Cabal necessari	57
B.2 Bomba hidràulica	57
B.3 Càlcul d'elements	61
Annex C: MANUAL D'USUARI, MANTENIMENT I ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT	69
C.1 Manual d'usuari	69
C.2 Manteniment	69
C.3 Estudi de seguretat i salut	72
Annex D: EXEMPLE DE PECES DELS ALUMNES	75
D.1 Palanca engegada d'una motocicleta de dos temps	75
D.2 Clau en creu	76
D.3 Eina	77
Annex E: PROGRAMA	79

# MEMÒRIA

## 1 INTRODUCCIÓ

### 1.1 Antecedents

#### 1.1.1 Peticionari

Institució: Universitat de Girona

Escola: Escola Politècnica Superior

Departament: de Enginyeria Mecànica i De la Construcció Industrial

Àrea: de coneixement de Enginyeria Mecànica

Adreça: C/ M<sup>a</sup> Aurèlia Capmany, 61

Codi postal: 17071

Població: Girona

Província: Girona

#### 1.1.2 Necessitats del peticionari

A l'assignatura de *Càlculs de màquines del Grau en Enginyeria Mecànica* hi ha una pràctica que consisteix en assajar la ruptura a fatiga d'un pedal de bicicleta. L'objectiu és determinar les tensions fluctuants de la peça sotmesa a càrregues dinàmiques i la vida a fatiga del material. La màquina actual consta d'una lleva i d'una molla que permet unes regulacions molt limitades.

La lleva, accionada per un motor elèctric, és l'encarregada de donar les oscil·lacions a la barra AB de la figura. En aquesta s'hi col·loquen dues galgues per tal de saber les deformacions unitàries en els punts màxims i determinar-ne les forces màximes i mínimes les quals se sotmetran a la peça. Aquestes lectures es fan prèviament a cada pràctica.

La barra AB és l'encarregada de transmetre la força F cap a la biela a través de la barra BD. La peça es troba soldada en el seu extrem H.

Per saber el nombre de cicles hi ha un registrador que conta el temps.

El procediment per realitzar la pràctica és el següent:

- 1) Presa de mides del pedal de bicicleta i de la màquina i fer fotografies de la peça en el seu estat inicial.
- 2) Muntatge del pedal i determinar les forces màximes i mínimes mitjançant les lectures de les galgues.
- 3) Càlcul de la força F i tensions mitjana i alterna en el punt més dèbil.

- 4) Anotar la lectura de temps del registrador i posar en marxa.

Les següent imatges mostren el muntatge i el pedal sotmès a la força  $F$ .

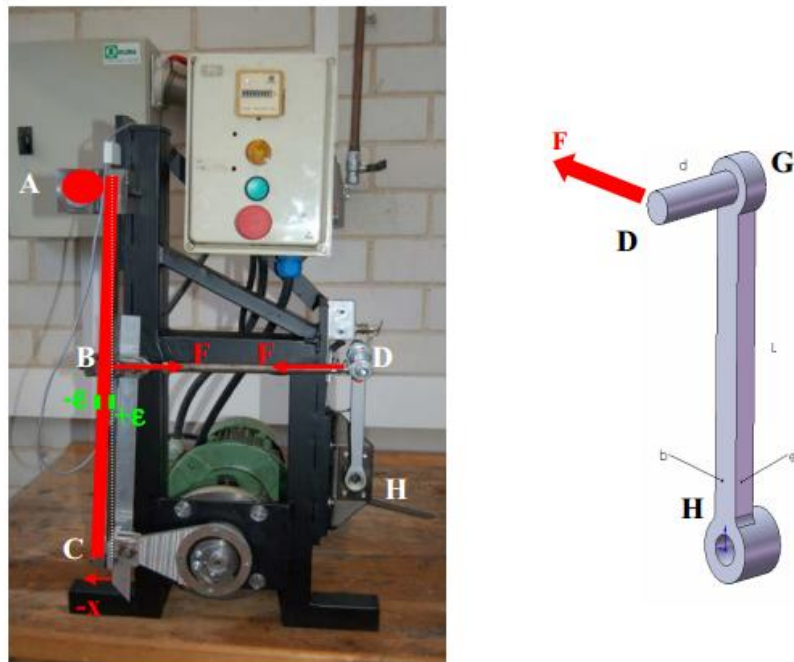


Fig. 1: Funcionament del muntatge i el pedal sotmès a una força  $F$ .

A la mateixa assignatura es desenvolupa un treball en el qual es calcula el coeficient de seguretat a fatiga d'una peça escollida pels propis estudiants prèviament comentat amb el professor de l'assignatura. Aquest treball consisteix en fer un estudi del comportament de la peça durant la seva vida útil. Es determinen quins són els cicles normals de treball de la peça, les forces que rep en condicions normals i les que pot rebre per accident. A partir d'aquí, es determina la secció més desfavorable i es determinen les principals característiques del material. Després, es calculen els coeficients de seguretat estàtic i de fatiga. Cal adjuntar-hi un plànol detallat de la peça. Es va realitzant amb entregues i aquestes van d'acord amb el temari que s'estigui donant en cada moment.

A l'annex *Exemple de peces* s'hi pot trobar exemples.

## 1.2 Objecte del projecte

Es demana el disseny d'un banc de proves per ruptura a fatiga de diferents tipus de peces mecàniques. La força s'aplicarà amb un sistema hidràulic i serà regulable. Les peces a assajar seran les mateixes que els alumnes hagin triat per fer el treball mencionat a l'apartat anterior.

### 1.3 Especificacions i abast

#### 1.3.1 Especificacions de la petició

Les especificacions del projecte es resumeixen en la següent taula:

<b>Tema</b>	<b>R/D</b>	<b>Descripció</b>
Funció	R	Ha de poder assajar diferents peces per ruptura a fatiga.
Dimensions	D	L'amplada màxima ha de ser de 1 m
Dimensions	D	L'altura màxima ha de ser 1 m
Força	R	Ha de disposar de la potència necessària per poder aplicar una força màxima de 3600 Newtons.
Moviments	R	El banc d'assaig serà estàtic.
Manteniment	D	El manteniment desitjat ha de ser el menor possible.
Seguretat	R	La màquina ha de disposar de la seguretat necessària per evitar tot tipus d'accidents.
Senyal i control	R	La màquina ha de disposar dels accionaments necessaris per a poder accionar la màquina i determinar la força a aplicar.
Vida útil	R	La vida útil d'aquest banc d'assaig és de 10 anys.
Fabricació	R	La màquina es fabricarà al taller de la UdG.

Taula 1: Especificacions (R: Requisit D: Desig)

#### 1.3.2 Abast del projecte

L'abast d'aquest projecte contindrà els documents necessaris per fabricar i regular el banc d'assaig hidràulic de ruptura de peces a fatiga.

Aquest constarà de:

- Un sistema hidràulic per a realitzar la càrrega.
- Un nou disseny del sistema de fixació de les peces que pugui ser flexible.
- Un sistema de control que ens assegurï la fiabilitat de les dades i que pugui regular la força a aplicar.

## 2 CICLES DE FORCES

El banc d'assaig hidràulic per ruptura de peces a fatiga es basa en el funcionament d'un cilindre hidràulic accionat per un grup hidràulic.

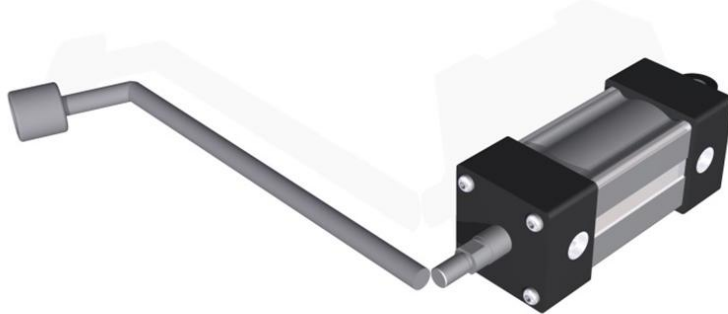


Fig. 2: Principi de funcionament: força del cilindre hidràulic

A partir d'un sistema de control incorporat en el propi banc, l'usuari determinarà els valors de la força màxima i mínima les quals es vol realitzar l'assaig. A continuació, la *bomba hidràulica* donarà una pressió a l'oli. Aquesta pressió serà regulable, dependrà de la força màxima seleccionada i estarà incrementada un 20% respecte la pressió que necessita el cilindre per realitzar la força màxima seleccionada. Amb l'ajuda d'un sensor de pressió, s'anirà comprovant que la bomba subministri la pressió adequada en cada moment.

A continuació, una *vàlvula reguladora de pressió* serà l'encarregada de variar la pressió de l'oli. Aquesta anirà oscil·lant des de la pressió mínima (donada per la força mínima seleccionada) i la pressió màxima (donada per la força màxima seleccionada). A més, amb l'ajuda d'un altre sensor de pressió, s'anirà comprovant la fiabilitat de la vàlvula.

La següent figura mostra un gràfic que representa el funcionament de la bomba i la vàlvula reguladora en funció de la pressió subministrada i el temps.



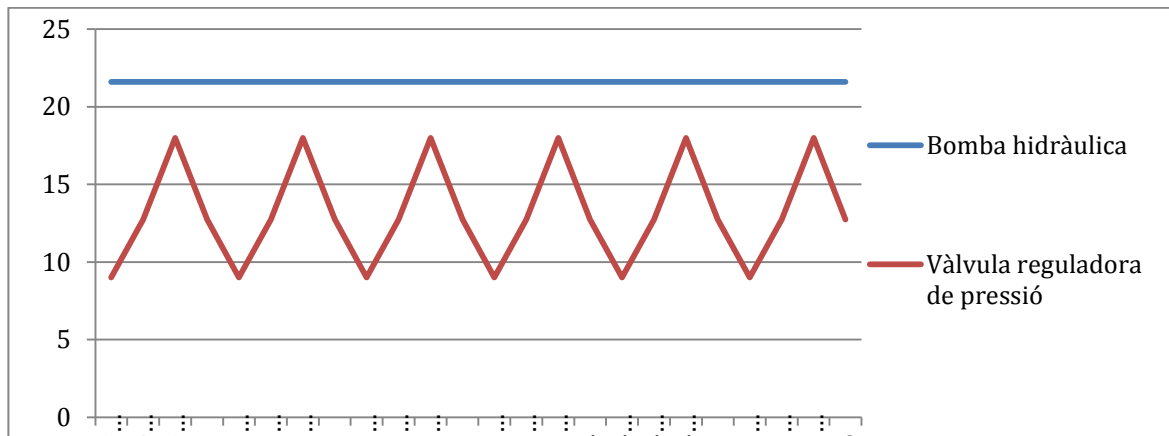


Fig. 3: Gràfic representatiu del funcionament de la bomba i la vàlvula proporcional. Força màxima de 3600N i força mínima de -1800 Newtons.

Més endavant, una vàlvula de 4/3 vies serà l'encarregada de seleccionar el sentit del cilindre hidràulic de doble efecte. En el següent gràfic es mostra la posició i la velocitat del cilindre hidràulic respecte al temps. Es considera que l'allargament màxim de la tija serà de 10 mil·límetres.

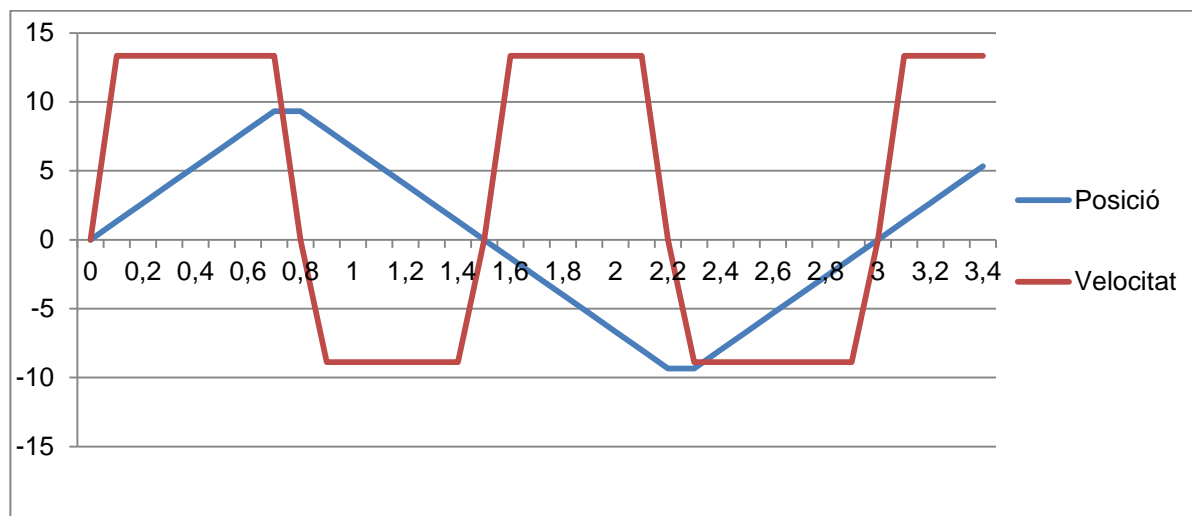


Fig. 4: Posició i velocitat del cilindre hidràulic al llarg del temps.

Per acabar, un cop trencada la peça, un final de carrera s'accionarà i farà que l'assaig finalitzi.

A continuació es mostra el diagrama de blocs del banc d'assaig.

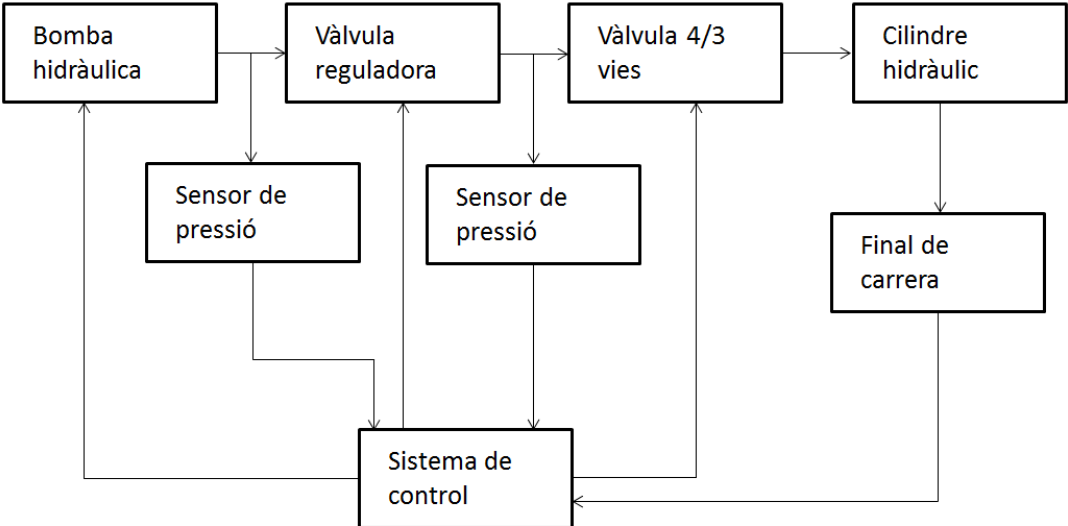


Fig. 5: diagrama de blocs

### 3 DESCRIPCIÓ GENERAL

#### 3.1 Ubicació i entorn

El banc d'assaig hidràulic per ruptura de peces a fatiga serà utilitzat únicament a la Universitat de Girona, concretament als laboratoris de l'àrea d' Enginyeria Mecànica.

Aquest haurà d'estar recolzat sobre una taula del laboratori i en cap cas a terra.

L'entorn de la màquina serà un ambient en condicions normals. No hi haurà pols ni humitat ja que es trobarà, en la gran majoria de la seva vida útil, dins d'una aula.

#### 3.2 Aspectes generals

L'aspecte general del banc d'assaig serà el que es mostra a la següent imatge:

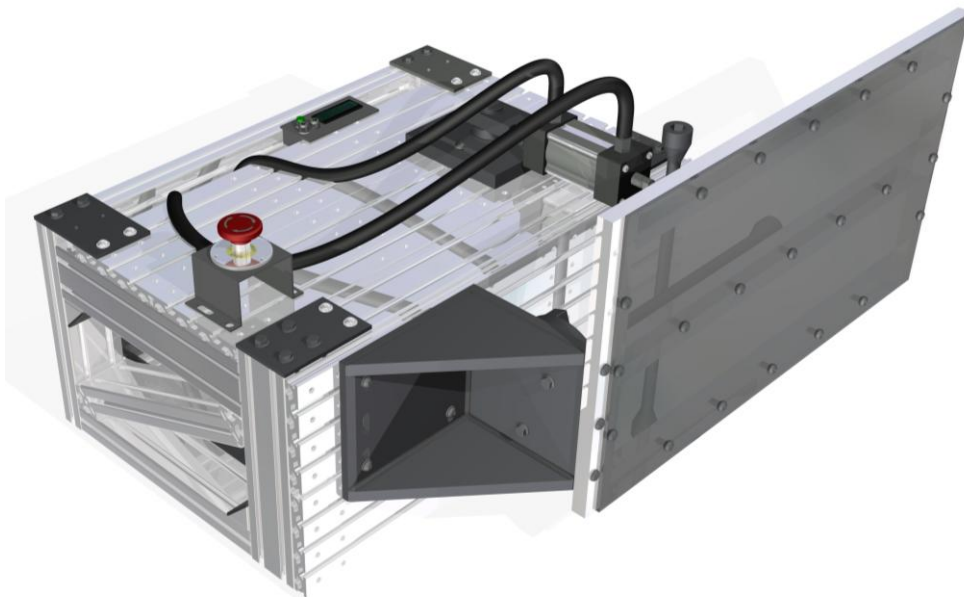


Fig. 6: Banc d'assaig

Tal i com es pot veure, la màquina està composta per quatre grans grups: la bancada, el sistema de fixació de les peces a assajar a la bancada, la fixació del cilindre a la bancada i el sistema hidràulic ubicat a l'interior d'aquesta.

La bancada està formada per uns perfils ITEM d'alumini quadrats, el funcionament dels quals es detallarà més endavant. També consta d'uns perfils ITEM d'alumini plans que ens serviran per collar-hi els dos sistemes de fixació.



Fig. 7: Muntatge de l'estructura amb els perfils ITEM

El sistema de fixació de les peces a assajar està compost per una platina en forma de "L", les seves peces estan soldades entre elles. Es fixa a la bancada amb un sistema de cargols. A l'altre extrem hi ha tres forats per poder-hi fixar una grapa, aquesta serà l'encarregada de subjectar les diferents peces a assajar.

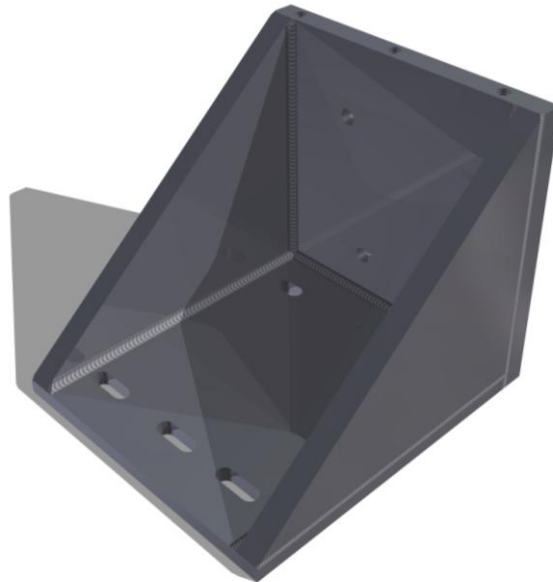


Fig. 8: Sistema de fixació de les peces a la bancada

La fixació del cilindre està formada per una doble articulació. El cilindre es fixarà en un passador que li permetrà el gir. D'aquesta manera, si l'assaig ho demana, el cilindre podrà girar respecte el passador.

Després, l'estructura que aguanta el passador pot girar a través d'un eix soldat en un suport.

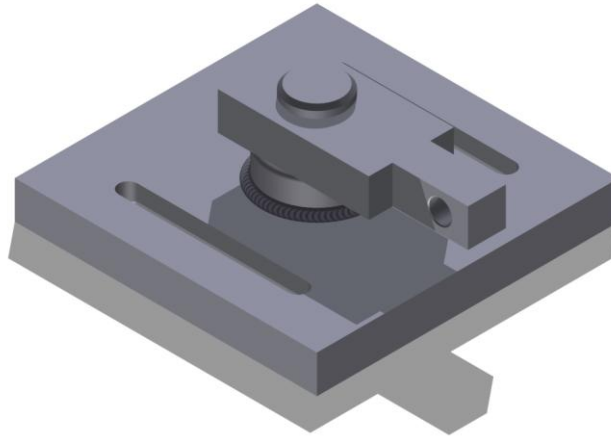


Fig. 9: Sistema de fixació cilindre

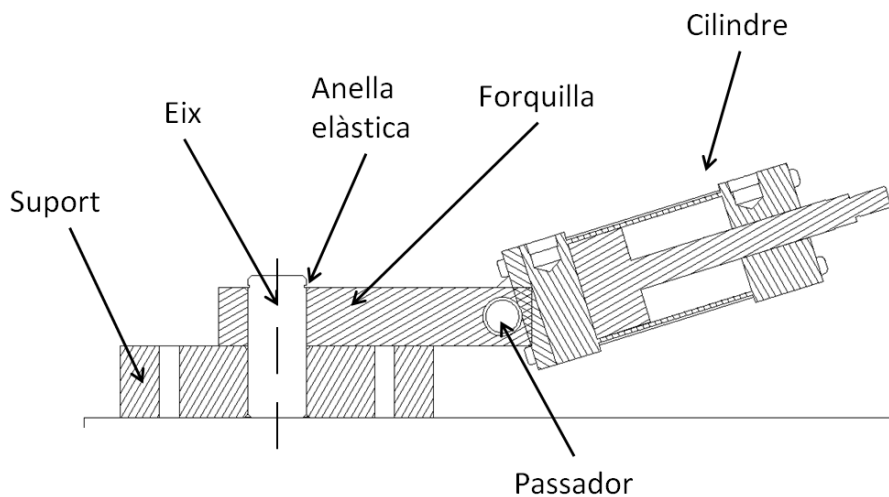


Fig. 10: Secció del conjunt

Per tal de fixar el sistema a la bancada, la base d'aquest incorpora uns forats que amb l'ajuda d'un sistema de cargols es podrà acoblar correctament al perfil ITEM pla.

Per últim, el sistema hidràulic està format per una bomba, uns tubs, unes vàlvules i un cilindre, que amb l'ajuda d'una electrònica, fan possible la ruptura de les peces que es volen assajar.

### 3.3 Protecció

El banc d'assaig hidràulic per ruptura de peces a fatiga tindrà una protecció per possibles accidents que hi pugui haver durant l'assaig i/o en el trencament de la peça.

La protecció constarà de quatre perfils quadrats units on s'hi col·locarà una placa de metraquilat mitjançant cargols. Aquesta també anirà collada per un perfil col·locat a l'interior que tindrà la funció de disminuir la probabilitat que el metraquilat es trenqui en cas d'impacte d'alguna peça.

L'estructura de protecció anirà collada a la part superior del sistema de fixació de peces mitjançant tres cargols. A més a més, la posició serà regulable.

A continuació es mostra una imatge del conjunt:

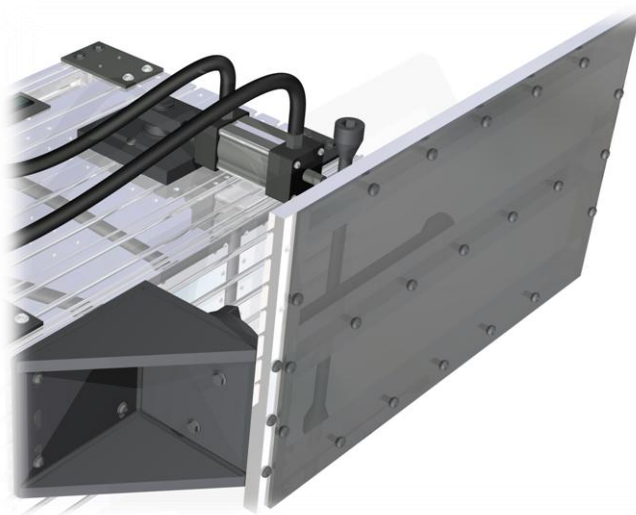


Fig. 11: Sistema de protecció d'accidents

## 4 BANCADA

La bancada de la màquina consta, tal i com s'ha explicat anteriorment, de dos perfils ITEM diferents i uns reforços.

### 4.1 Perfils ITEM quadrats i plans

Els perfils ITEM quadrats són estriats i d'alumini, tenen la funció de reforçar l'estructura del banc de proves. Com que es pot assajar les peces en dues dimensions, cal que hi hagi una estructura triangular. Per tant, n'hi haurà que estaran posicionats diagonalment tal i com està representat en els plànols. Tots tenen uns estriats als laterals (els seleccionats en tenen dos a cada cara) que serveixen per fixar els perfils entre ells.

Aquests perfils, de la marca "Item24", seran de compra. Posteriorment caldrà mecanitzar quatre rosques segons els plànols per poder-hi collar la platina de reforç.

En l'estructura del banc de proves, hi haurà un total de 16 perfils d'aquest estil, les mesures dels quals són:

- Dos perfils de 80mm x 80mm x 344mm.
- Dos perfils de 80mm x 80mm x 312mm.
- Dos perfils de 80mm x 80mm x 145mm.
- Dos perfils de 80mm x 80mm x 540mm.
- Dos perfils de 80mm x 40mm x 344mm.
- Dos perfils de 40mm x 40mm x 312mm.
- Dos perfils de 40mm x 40mm x 540mm.
- Dos perfils de 80mm x 40mm x 331mm.

En canvi, els perfils ITEM plans, que també estan fets d'alumini, incorporen uns estriats que ens serviran per a subjectar els diferents sistemes de fixació que es descriuran més endavant.

Aquests perfils, de la marca "Item24", també seran de compra. Posteriorment, caldrà mecanitzar 32 forats segons els plànols per tal de poder fixar correctament aquests perfils amb els anteriors.

Les dimensions d'aquests perfils seran de 20mm x 152mm x 700mm i n'hi haurà quatre unitats.

#### 4.2 Subjecció entre perfils i sistema de subjecció de les peces i cilindre

La subjecció de cada perfil es realitzarà amb un sistema de cargols comprats a la mateixa empresa dels perfils, recomanats pel propi fabricant.

El cargol serà allen per tal que ningú pugui desenroscar-ne cap sense una eina adequada. Aquest cargol roscarà dins d'un taco d'alumini col·locat a un estriat del perfil quadrat vertical. Per l'altra banda es col·locarà el cargol amb la seva arandela dins de l'estriat del perfil pla.

Gràcies als forats del perfil estriat pla que s'hauran mecanitzat podrem collar sense problemes els diferents cargols. A la següent figura es mostra la disposició del sistema de subjecció al llarg de tota l'estructura.

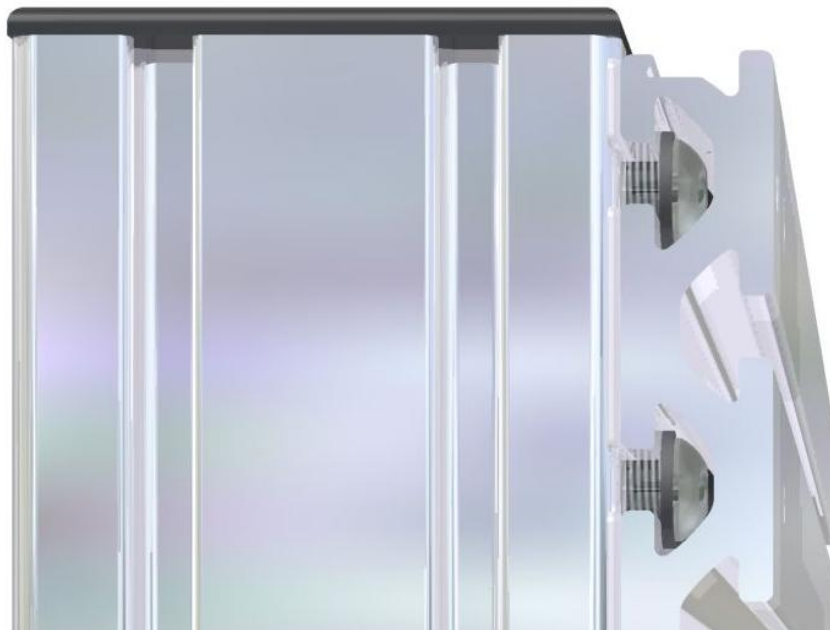


Fig. 12: Fixació de l'estructura

Per tal de fixar els perfils ITEM quadrats horitzontals amb els verticals s'incorporarà un escaire a la part interior i una platina a la part exterior. Per fixar els perfils que es col·locaran en diagonal, es farà a partir d'un element de compra i recomanat pel propi fabricant per tal funció.

A l'hora de collar el sistema de fixació de les peces a assajar i el del cilindre, també s'utilitzarà el mateix sistema de cargols. En aquests casos, es farà ús dels forats de cada sistema de fixació per collar-los correctament.



### 4.3 Compartiment interior

La màquina tindrà un compartiment interior on hi haurà ubicada la bomba hidràulica, les vàlvules i l'equip de control.

Estarà pels mateixos perfils ITEM d'alumini quadrats i plans comentats anteriorment.

Hi haurà dues portes que, amb l'ajuda d'unes xarneres, es podran obrir o tancar. El tancament serà magnètic.



Fig. 13: Compartiment interior

## 5 SISTEMA HIDRÀULIC

### 5.1 Principi de funcionament

El banc d'assaig hidràulic per ruptura de peces a fatiga es basa en el funcionament d'un cilindre hidràulic accionat per un grup hidràulic.

L'usuari determinarà els valors de la força màxima i mínima les quals es vol realitzar l'assaig mitjançant un microcontrolador *Arduino* model *Uno*, incorporat en al propi banc. A continuació, la *bomba hidràulica* donarà una pressió a l'oli. Aquesta pressió serà regulable, dependrà de la força màxima indicada per l'usuari i estarà incrementada un 20% respecte a la que necessita el cilindre per realitzar la força màxima seleccionada. Amb l'ajuda d'un sensor de pressió, s'anirà comprovant que la bomba en subministri l'adequada.

A continuació, una *vàlvula reguladora de pressió* serà l'encarregada de variar la de l'oli. Aquesta pressió anirà oscil·lant entre la mínima (donada per la força mínima seleccionada) i la màxima (donada per la força màxima). Amb l'ajuda d'un altre sensor s'anirà comprovant la fiabilitat de la vàlvula.

El gràfic següent mostra el funcionament de la bomba hidràulica i el de la vàlvula reguladora.

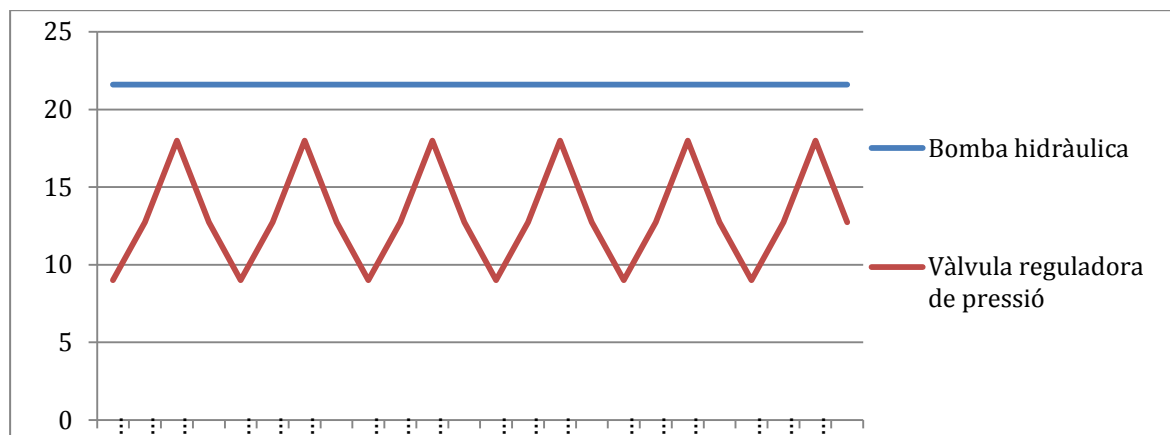


Fig. 14: Funcionament de la bomba hidràulica i de la vàlvula reguladora de pressió en funció de la pressió i el temps de l'assaig.

En el següent gràfic es mostra la posició i la velocitat del pistó en funció del temps. Això és possible gràcies a la vàlvula 4/3 vies.

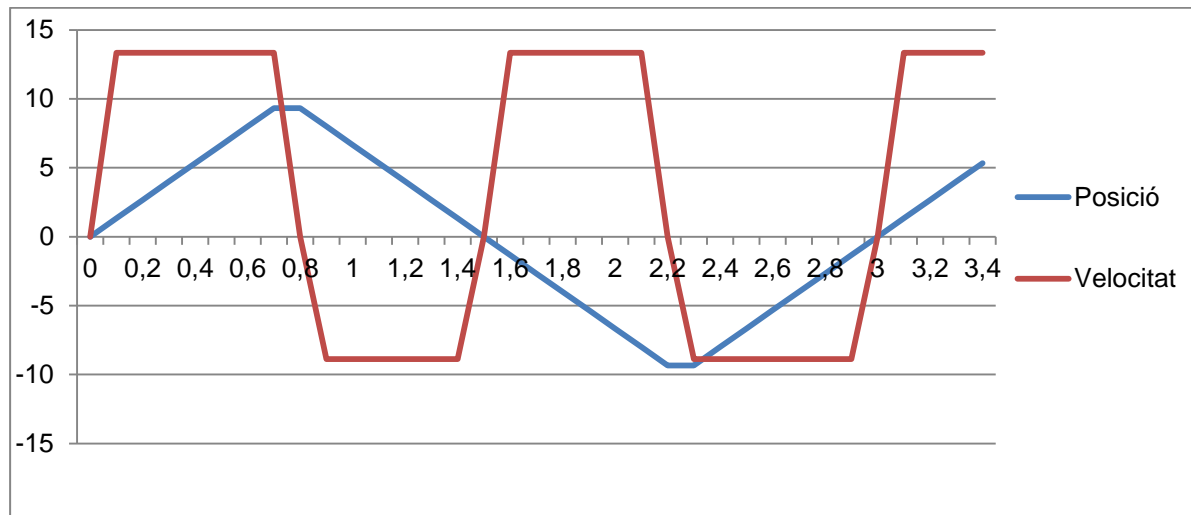


Fig. 15: Posició i velocitat del cilindre hidràulic al llarg del temps

Seguidament es mostra un esquema del circuit hidràulic amb els seus components.

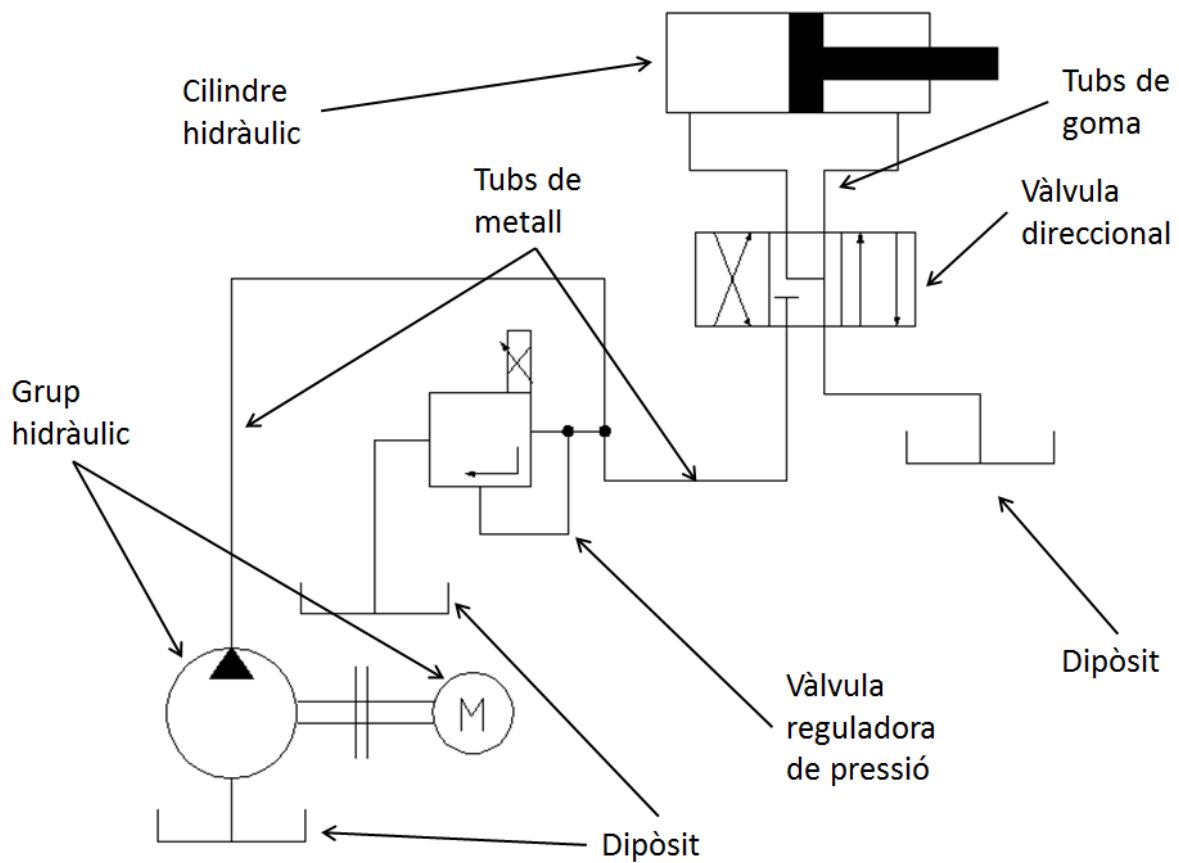


Fig. 16: Esquem del circuit hidràulic

## 5.2 Elements importants

### 5.2.1 Bomba hidràulica o grup hidràulic

La bomba hidràulica és l'encarregada de donar pressió a l'oli per tal que el cilindre hidràulic pugui convertir-la en força.

El grup hidràulic serà de la marca *Parker®*, concretament de la sèrie 165. Aquest incorpora un motor de corrent continua a 12 volts, una bomba d'engranatges i un dipòsit de metall d'una capacitat de 2 litres. Es pot muntar tant vertical com horitzontalment.

L'oli que s'utilitzarà serà el recomanat pel mateix fabricant del grup hidràulic. Així doncs, l'oli serà un ATF amb un índex de viscositat de 32 Cst fins a 64'7 Cst a una temperatura de 38°C. L'oli seleccionat dels recomanats pel fabricant serà de la marca *Shell* i el producte serà el "*Shell Spirax S2 ATF AX*".

La temperatura de treball de la bomba és aproximadament entre -6°C i 60°C. En el nostre cas s'arribarà a una temperatura aproximada de 50°C controlada gràcies al sistema de refrigeració integrat en el propi banc d'assaig.

El codi del producte correspon al: 165-AY-S-65-H-NN-1-H-01-00.

### 5.2.2 Vàlvula proporcional de pressió

La vàlvula proporcional de pressió serà l'encarregada de variar la pressió subministrada per la bomba per tal de que el cilindre pugui rebre les fluctuacions adequades.

Aquesta vàlvula serà de la marca *Parker®*, concretament de la sèrie RE06M\*W. Tenint en compte la següent imatge i el catàleg, quan la pressió en el port P o en l' A sobrepassa el valor de la pressió desitjada, el con de la figura s'obra fins al port T i, així, limita la pressió al port P al nivell ajustat. L'oli que va pel port T retorna al dipòsit del grup hidràulic.

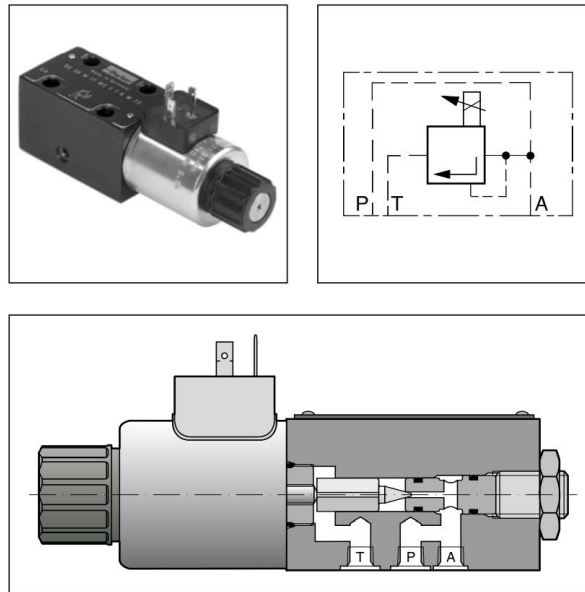


Fig. 17: Vàlvula proporcional *Parker*®

### 5.2.3 Vàlvula 4/3 vies o drieccional

La vàlvula 4/3 vies serà l'encarregada de seleccionar el sentit de moviment del cilindre hidràulic.

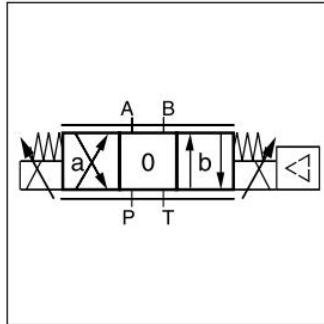
Aquesta serà també de la marca *Parker*®, concretament de la sèrie D1FB. El model seleccionat és el D1FB-E02C-C-O-N-F-O-3. Tenint en compte la següent imatge i la documentació adjunta a l'annex, aquesta tindrà tres posicions:

- Posició central: serà la posició de repòs.
- Posició dreta: farà passar l'oli del port P al port A.
- Posició esquerra: farà passar l'oli del port P al port B.

Les dues últimes posicions esmentades són les que s'utilitzaran per fer que el cilindre es mogui en un sentit o un altre. L'oli sobrant que ja ha estat al cilindre retornarà al dipòsit pel port T. Per tal de no escalfar més el sistema, la vàlvula seleccionada és del tipus centre obert.



D1FB OBE



D1FB OBE

Fig. 18: Vàlvula 4/3 vies.

#### 5.2.4 Sensors

Els sensors que s'utilitzaran seran de dos tipus; de pressió i de posició. N'hi haurà dos de pressió i un de posició, concretament un final de carrera. Els sensors de pressió els utilitzarem perquè el control electrònic sàpiga en cada instant si està subministrant la pressió adequada.

Dels sensors de pressió, un el col·locarem just després de la bomba i ens servirà per detectar si la bomba ens proporciona la pressió que li hem demanat. L'altre el col·locarem just després de la vàlvula proporcional i servirà per donar el valor de la pressió en cada instant a la vàlvula.

El final de carrera ens servirà per detectar el moment en el qual la peça assajada es trenqui, ja que la tija del cilindre s'allargarà més i tocarà el final de carrera. Quan això passi, la màquina s'aturarà.

### 5.2.5 Cilindre hidràulic

El cilindre hidràulic és l'encarregat de convertir la pressió que se li subministra a força.

Aquest serà de la marca *Parker®*, concretament el model 2A-NFPA-MP1. Tenint en compte que la força màxima que es vol assajar les peces és de 3600 Newtons, el diàmetre de l'èmbol seleccionat és de 2" (50'8 mil·límetres). Així doncs, la força màxima que pot subministrar és de 3600 Newtons a una pressió de 18 bar, mentre que la força més petita és de 400 Newtons a una pressió de 2 bars.

La taula següent en mostra alguns dels valors:

<b>Força subministrada pel cilindre hidràulic (kN)</b>				
<b>2 bar</b>	<b>3.5 bar</b>	<b>5.5 bar</b>	<b>7 bar</b>	<b>18 bar</b>
0.4	0.7	1.1	1.4	3.6

Taula 2: Relació pressió-força del cilindre hidràulic

El cilindre anirà fixat a la bancada mitjançant el sistema de fixació explicat anteriorment.

### 5.2.6 Tubs

Els tubs seran els encarregats de transportar l'oli de la bomba fins al cilindre tot passant per les vàlvules i fer-lo retornar al dipòsit.

En el banc d'assaig hidràulic, l'oli podrà fer dos recorreguts diferents: el d'impulsió i el de retorn al dipòsit.

En la impulsió, hi haurà un tub metàl·lic, doblegat 90° per fer les corbes, que portarà l'oli de la bomba fins a la vàlvula 4/3 vies i d'aquest a la de pressió. Aquest serà d'acer inoxidable 316L, amb un diàmetre interior de 7'5 mil·límetres, un diàmetre exterior de 9,52 mil·límetres i es comprarà a l'empresa *Parker®*. El seu número de referència és el *R3/8X0.035TP316/L*. El fet de que sigui de metall és per millorar la refrigeració de l'oli ja que el metall la dissipa millor que els termoplàstics. En la següent taula se'n mostren les seves principals característiques.

**Característiques principals del tub d'impulsió (metall)**

Material	Acer inoxidable 316 L ASTM A269
Especificacions de fabricació	Estirat en fred
Diàmetre exterior	9.52 mil·límetres
Longitud de compra	6 metres
Gruix	0.9 mil·límetres
Diàmetre interior	7.5 mil·límetres

Taula 3: Característiques principals del tub metàl·lic d'impulsió

Per tal de transportar l'oli des de la vàlvula proporcional de pressió fins al cilindre hidràulic es farà a partir d'uns tubs fets de goma per tal de tenir la maniobrabilitat necessària per poder fixar el suport del cilindre on es vulgui del perfil pla. Aquest serà de la marca *Parker®* i el seu número de referència és el *PFA12X1*. Aquest té un diàmetre interior de 10 mil·límetres, un diàmetre exterior de 12 mil·límetres i el material el qual està fabricat és PFA. El rang de temperatures de treball del tub és entre els -200°C i els 260°C, suficient pels 50°C que arribarà l'oli. A continuació se'n mostren les seves principals característiques en forma de taula.

**Característiques principals del tub d'impulsió (goma)**

Material	PFA
Diàmetre exterior	12 mil·límetres
Longitud de compra	A granel
Gruix	1 mil·límetres
Diàmetre interior	10 mil·límetres
Rang de temperatures de treball	De -200°C a 260°C

Taula 4: Característiques principals del tub de goma d'impulsió

En el circuit de retorn, també tindrem els dos tipus de tubs. El de metall serà de la mateixa marca i el seu número de referència és el *R1/2X0.083TP316/L*. Aquest anirà del dipòsit del grup hidràulic fins a les vàlvules i estarà connectat al retorn d'aquestes. La taula següent en mostra les seves principals característiques.



**Característiques principals del tub de retorn (metall)**

Material	Acer inoxidable 316 L ASTM A269
Especificacions de fabricació	Estirat en fred
Diàmetre exterior	12,7 mil·límetres
Longitud de compra	6 metres
Gruix	2.1 mil·límetres
Diàmetre interior	8.5 mil·límetres

Taula 5: Característiques principals del tub metàl·lic de retorn

Pel que fa al tub de goma, aquest serà idènticament el mateix que el d'impulsió i estarà connectat de les vàlvules al cilindre hidràulic.

## 6 SISTEMA DE SUBJECCIÓ DE LES PECES

Una de les necessitats d'aquest projecte era la importància de poder assajar qualsevol peça tot i la complexitat de la seva geometria. En la màquina antiga només es podia assajar un pedal de bicicleta degut a la dificultat de poder-hi fixar una altra peça. Així doncs, en aquest banc d'assaig, es podrà fixar tot tipus de peça degut a la incorporació d'una grapa com mostra la següent figura.



Fig. 19: Grapa

Així doncs, la grapa serà l'encarregada de subjectar la peça i assegurar que no es mogui durant l'assaig. Aquesta serà de compra a la casa *Alaska* i el seu número de referència és el 3440714.

Per estacar la grapa a la bancada, es farà mitjançant tres cargols que aniran roscats a la part del darrera de la grapa i que es collaran a un sistema de fixació compost per un conjunt de platines en forma de "L" i soldades entre elles mateixes. Aquesta es fixa a la bancada amb el mateix sistema de cargols que es fixa l'estructura i a través d'uns traus colissos per donar més flexibilitat de posicionament (veure la següent figura).

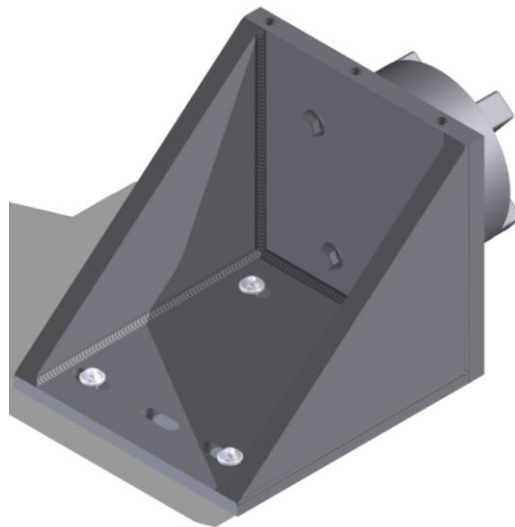


Fig. 20: Sistema de subjecció de les peces a assajar

## **7 SISTEMA DE REFRIGERACIÓ**

La bomba està preparada per treballar a un rang de temperatures de  $-6^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$ . Per tal d'evitar que, quan aquesta funcioni, la temperatura augmenti per sobre dels  $60^{\circ}\text{C}$ , es col·locarà un ventilador.

Aquest ventilador tindrà una potència de 10 watts i estarà connectat a 12 volts. També portarà un filtre per tal de que no entri pols durant la refrigeració.

Per tal de que l'aire flueixi per tota l'àrea de la bomba, es col·locaran unes xapes al costat d'aquesta.

El ventilador anirà al darrera de la bomba i es subjectarà al terra.

## 8 SISTEMA DE SUBJECCIÓ DEL CILINDRE

### 8.1 Principi de funcionament

La fixació del cilindre està formada per una doble articulació. El cilindre es fixarà en el passador que es pot veure a la següent figura. D'aquesta manera, si l'assaig ho demana, el cilindre podrà girar respecte el passador.

Després, l'estructura que aguanta el passador pot girar a través d'un eix que està soldat a la base. Aquesta base es fixa a la bancada mitjançant un sistema de cargols.

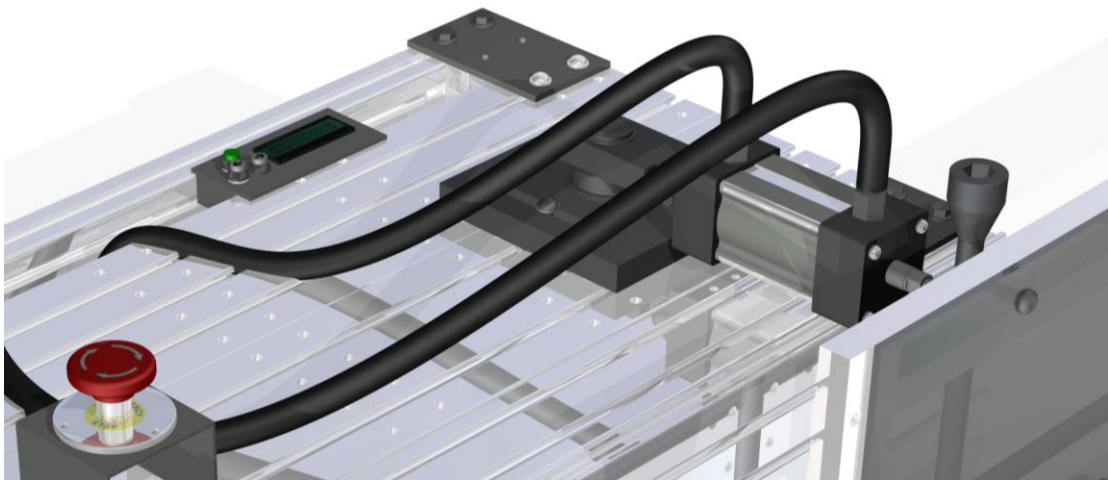


Fig. 21: Sistema de subjecció del cilindre

### 8.2 Elements que el componen

Els elements que componen aquest sistema són: el passador, la forquilla, l'eix i el suport.

El passador és l'encarregat de subjectar el cilindre amb la forquilla. Aquest permet que el cilindre pugui girar a través seu.

La forquilla és l'estructura que suporta la força del cilindre i la transmet al suport a través d'una articulació formada per un eix. Aquest permet un gir de 360°.

L'eix i el suport estan soldats. El suport és l'encarregat de fixar tot el sistema a la bancada a través del mateix sistema de cargols que la fixació de l'estructura.

A la següent figura es veuen les parts que formen el sistema de subjecció del cilindre hidràulic mitjançant el plànol del conjunt.

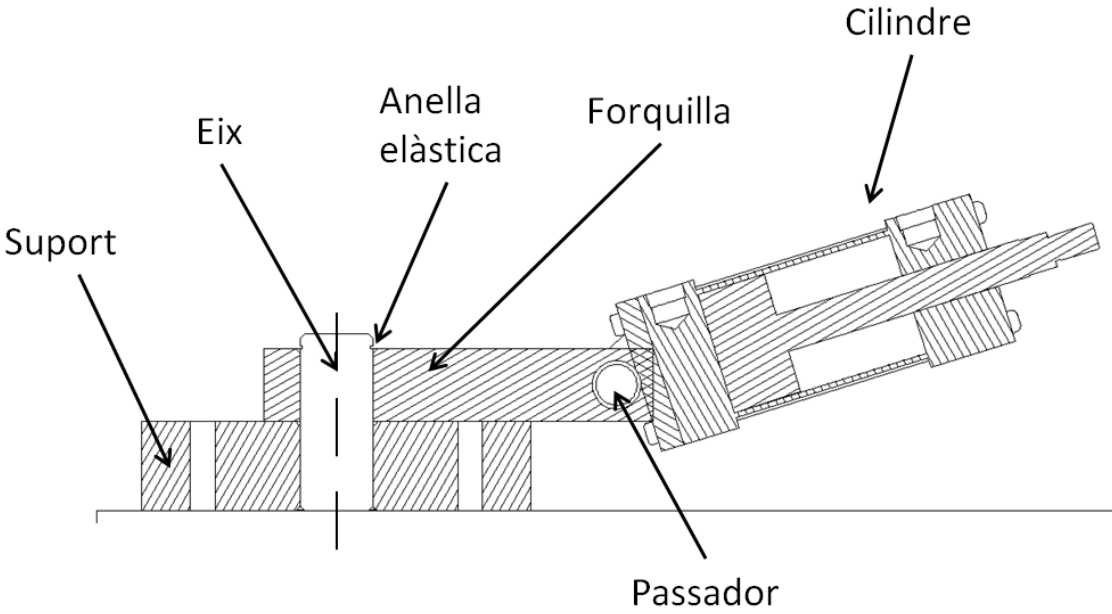


Fig. 22: Parts del sistema de subjecció del cilindre hidràulic

## 9 COMANDAMENTS I FUNCIONAMENT

### 9.1 Sistema de seguretat i control

Per tal que l'usuari no pateixi cap accident, es col·locaran unes proteccions a la zona del davant del banc. Aquesta protecció ha estat comentada a anteriors apartats.

La màquina incorpora un polsador de parada d'emergència tipus bolet per si hi hagués algun problema durant l'assaig.

En cap cas es podrà rearmar el banc si no s'ha deixat d'accionar el polsador d'emergència. Per tornar-hi a treballar s'ha de fer l'assaig des de l'inici.

Per tal que tot això sigui possible, hi haurà un sistema de control integrat. Aquest es farà a partir d'un microcontrolador de la marca Arduino i model Uno. Aquest és un microcontrolador basat en el xip "ATmega328". Té catorze entrades/sortides digitals, sis de les quals poden ser utilitzades com a PWM, sis entrades analògiques o connexió USB.

La següent imatge mostra el microcontrolador Arduino Uno que s'utilitzarà al banc de proves.

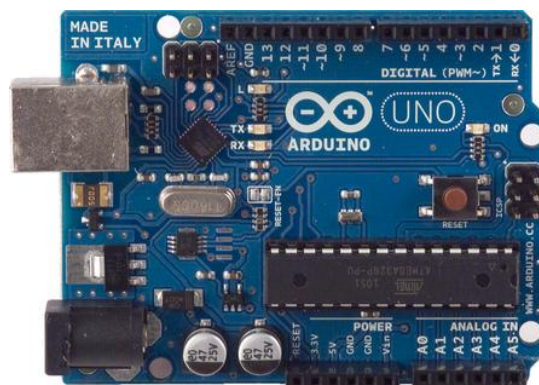


Fig. 23: Microcontrolador Arduino UNO

L'Arduino, a més de controlar la seguretat de l'equip, serà l'encarregat de donar les ordres necessàries a la bomba i vàlvules per tal que l'assaig sigui possible. Aquest es realimentarà de les dades dels sensors i el final de carrera. El següent diagrama de blocs mostra l'esquema del sistema de control.

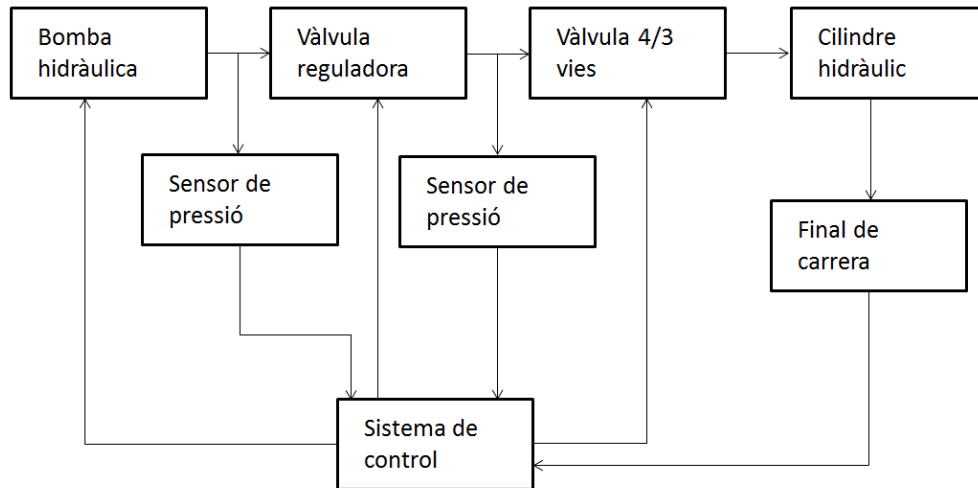


Fig. 24: Diagrama funcional del banc d'assaig hidràulic

Aquest microcontrolador ens donarà les dades necessàries per poder fer un estudi del trencament de la peça un cop finalitzat l'assaig. Les dades seran: el número de cicles i el temps que ha tardat en trencar-se.

Quan l'usuari, a través d'unes botoneres i una pantalla LCD, determini les forces màximes i mínimes de l'assaig, l'Arduino obtindrà uns valors de pressió que necessàriament la bomba haurà de subministrar. Per tal que la bomba no doni una pressió més elevada de la que es vol, l'Arduino serà l'encarregat de, mitjançant una senyal PWM, variar la velocitat de la bomba respecte altres assajos per tal d'obtenir una pressió un 20% més elevada que la necessària. La pressió no serà variable durant l'assaig, sinó que serà constant. Gràcies a aquest fet, la pèrdua d'energia per calor serà més petita.

Un cop accionada la bomba, el microcontrolador donarà les ordres necessàries a la vàlvula reguladora de pressió per tal que variï durant l'assaig la pressió, anant de la pressió màxima a la pressió mínima.

El següent gràfic en mostra el funcionament.

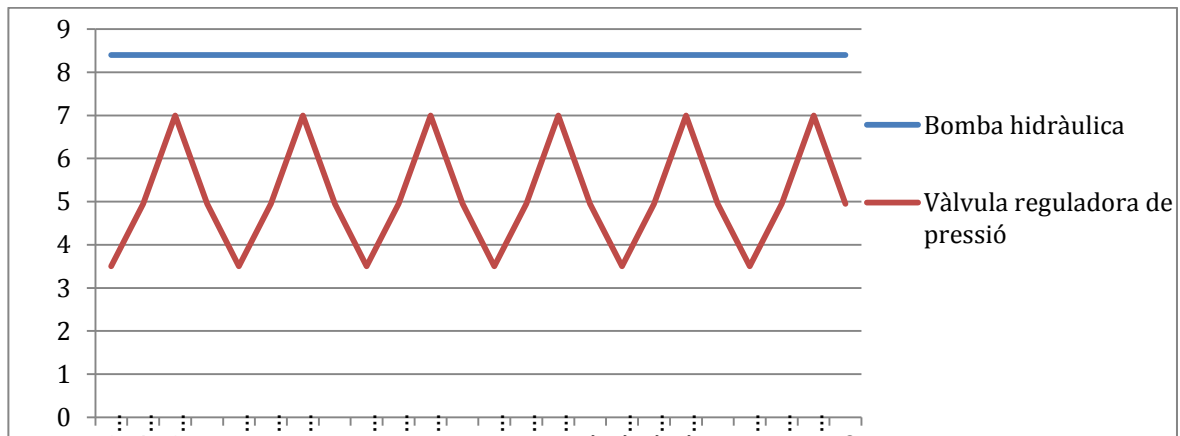


Fig. 25: Funcionament de la pressió subministrada per la bomba i la controlada per la vàlvula reguladora de pressió durant l'assaig

Seguidament, el microcontrolador donarà les senyals adients perquè la vàlvula de 4/3 vies estigui en una posició en un altre per tal que el cilindre es pugui moure en el sentit que toqui en aquell instant de temps. El següent gràfic en mostra la posició i la velocitat del cilindre en cada instant de temps.

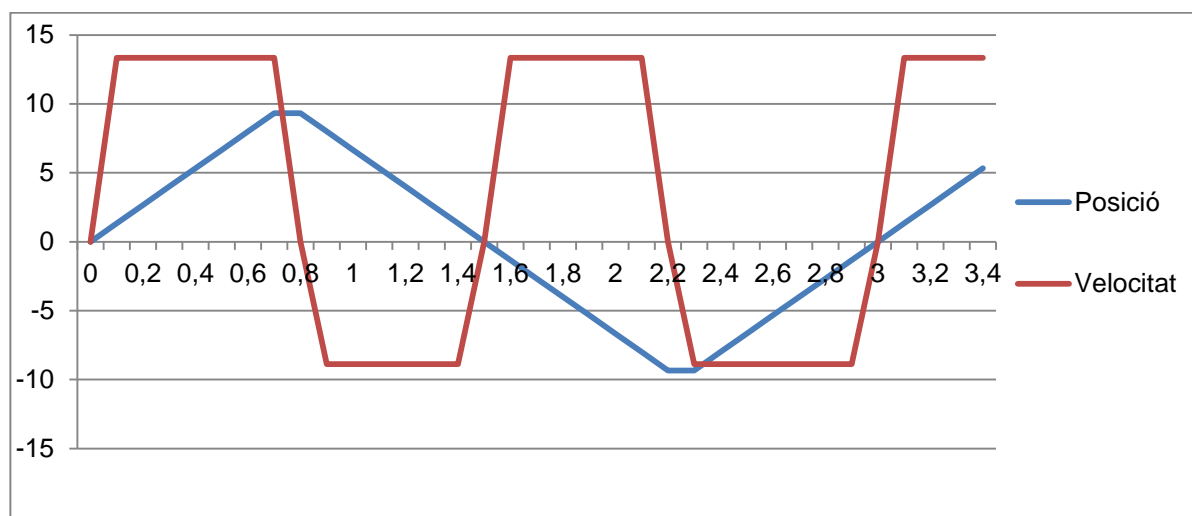


Fig. 26: Velocitat i posició del cilindre hidràulic en cada instant de temps.

## 9.2 Sistema d'accionament

El banc d'assaig hidràulic s'accionarà mitjançant un polsador de color verd. Seguidament, en una pantalla LCD apareixerà una sèrie de caràcters perquè seleccionem la força que volem realitzar i, mitjançant dos botons amb dues fletxes ( $\leftarrow$  o  $\rightarrow$ ) juntament amb el botó verd, es fixarà la força màxima i mínima de l'assaig. Un cop seleccionades les forces, l'assaig començarà.



Tant el panell de control com el suport del polsador del bolet seran mòbils. Això és per donar una certa flexibilitat a l'hora de fer l'assaig i que no pugui molestar cap comandament. La següent imatge mostra una possible solució de la posició dels comandaments.

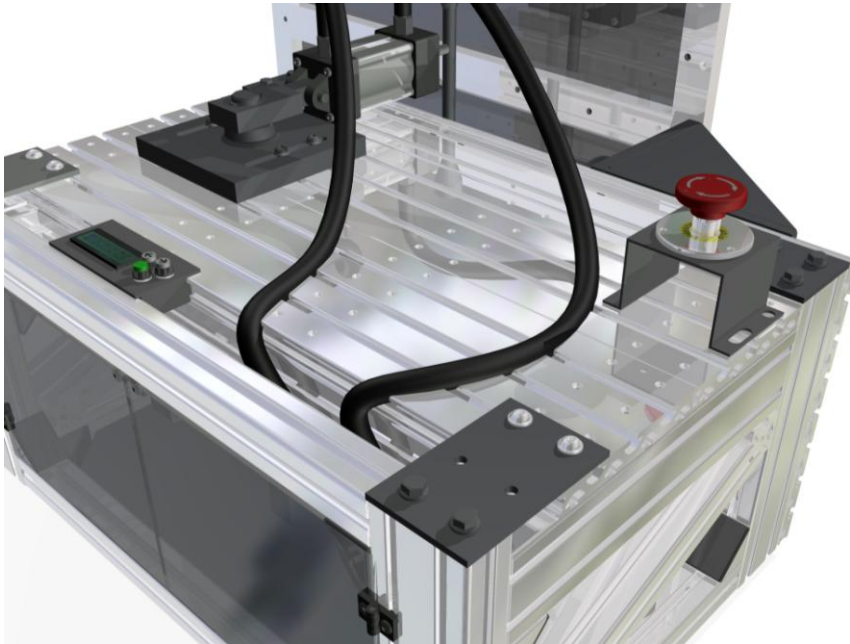


Fig. 27: Situació dels polsadors i pantalla LCD

### 9.3 Programació

Per tal que el microcontrolador Arduino Uno doni les instruccions adients en cada moment, aquest ha d'estar governat per un programa integrat. Amb l'ajuda d'un programa de la mateixa casa, es pot programa i carregar el programa a l'Arduino.

L'Arduino Uno es programa en "C".

A l'annex de programa, es poden veure totes les seves línies.

## 10 FABRICACIÓ I PROCÉS DE MUNTATGE

### 10.1 Fabricació

Els subconjunts o les peces a fabricar o mecanitzar per al posterior muntatge són: el sistema de subjecció de les peces a assajar, el sistema de subjecció del cilindre, les xapes del compartiment interior i mecanitzar els forats dels perfils ITEM plans.

- Sistema de subjecció de les peces a assajar:

Per tal de fabricar el sistema de subjecció de les peces a assajar, primer es mecanitzaran les cartelles. Es partirà de una xapa de 200mm x 200mm x 15mm i es cisallarà per la seva diagonal.

Tot seguit, en una xapa de 200mm x 200mm x 15mm, es faran els tres forats passants amb un trepant i es rosaran amb un mascler.

Després, en una xapa de dimensions 200mm x 200mm x 10mm, es mecanitzaran els traus colissos.

Tot seguit es soldaran totes les parts segons plànols.

- Sistema de subjecció del cilindre hidràulic:

Per tal de fabricar el sistema de subjecció del cilindre hidràulic es seguiran els següents passos:

- Primer de tot es mecanitzarà la forquilla. Es partirà d'una peça de dimensions 120mm x 50mm x 20mm i es farà el rebaix per poder-hi acoblar el cilindre a partir d'una fresadora. Posteriorment es faran els forats amb un trepant: un per poder posar el passador i un altre per on anirà l'eix. Finalment, es mecanitzaran els xamfrans en tots dos forats.
- Seguidament es farà l'eix. Aquest es partirà d'un rodó de diàmetre 50 mil·límetres i longitud 80 mm. Es tallarà fins a la longitud que indica el plànol. Seguidament, es tornejarà les diferents parts i per últim es farà el xamfrà.
- Després, es mecanitzarà el suport. Es partirà d'una peça de dimensions 180mm x 180mm x 20mm. Amb un trepant es mecanitzarà el forat central i amb una fresadora es mecanitzaran els traus colissos.
- Finalment, es soldarà el suport amb l'eix tal i com es mostra en els plànols.

- Perfils ITEM plans i quadrats:

Per últim, s'haurà de mecanitzar els forats dels perfils ITEM plans i fer les rosques dels perfils ITEM quadrats segons plànols.

- Suport del polsador d'emergència:

Per tal de fabricar el suport, es partirà d'una xapa de 350mm x 80mm i espessor 2 mil·límetres. Es tallarà de tal manera que quedi una xapa de 330mm x 80mm x 2mm. Seguidament, es plegarà i es foradarà tal i com es mostra en els plànols.

- Suport dels polsadors:

En aquest cas, es partirà de diferents xapes que es soldaran entre elles. Només a la superior es mecanitzaran els diferents forats (tres per posar-hi els polsadors i quatre més per poder fixar la pantalla) i també el forat quadrat per on sortirà la pantalla. Aquests es mecanitzaran amb làser.

## 10.2 Procés de muntatge

A continuació es descriu el procés de muntatge a seguir. Ajudar-se amb els plànols.

- 1) Fixar els perfils ITEM plans amb els quadrats verticals de l'estructura. Utilitzar el sistema de cargols.
- 2) Fixar els perfils ITEM quadrats horitzontals de l'estructura amb els verticals mitjançant els angles i el sistema de cargols.
- 3) Acabar de fixar els perfils ITEM quadrats mitjançant les platines que aniran a la part superior fixades amb dos cargols i dos sistemes de cargols per cada una.
- 4) Fixar els perfils quadrats horitzontals i diagonals del compartiment interior amb els perfils de l'estructura mitjançant el sistema de cargols.
- 5) Es col·loquen les xarneres.
- 6) Muntar les portes a les xarneres.
- 7) Col·locar els tancament magnètics tant a la xapa com a la porta.
- 8) Col·locar polsadors, pantalla, electrònica, sensors i vàlvules dins del compartiment.
- 9) Fixar el grup hidràulic i el ventilador amb el seu filtre.
- 10) Col·locar els tubs.
- 11) Col·locar el transformador i l'endoll.

## 11 CONCLUSIONS

S'ha arribat a l'objectiu del projecte amb les següents característiques.

Aquest es basa en el disseny d'un banc d'assaig hidràulic per ruptura a fatiga de diferents tipus de peces mecàniques. La força s'aplicarà amb un sistema hidràulic i serà regulable.

La màquina consta dels següents elements:

- Una bancada formada per uns perfils ITEM i subjectats mitjançant un sistema de cargols.
- El sistema de subjecció de les peces el qual està format per una grapa i unes platines en forma de "L". Aquest anirà subjectat a la bancada pel mateix sistema de cargols.
- El sistema de subjecció del cilindre el qual està format per un passador, una forquilla, un eix i un suport. Aquest permetrà el gir del cilindre i estarà fixat a la bancada pel mateix sistema de cargols.
- El sistema hidràulic el qual està format per una bomba, encarregada de donar pressió a l'oli, el cilindre, encarregat de convertir la pressió en força, unes vàlvules i uns conductes.
  - o Bomba hidràulica *Parker®*, 12 volts, 2 litres d'oli amb número de referència: 165-AY-S-65-H-NN-1-H-01-00.
  - o Oli hidràulic *Shell Spirax S2 ATF AX*.
  - o Vàlvula proporcional de pressió *Parker®* amb número de referència RE06M\*W.
  - o Cilindre hidràulic *Parker®* model NFPA MP1, diàmetre de l'èmbol de 50'4 mil·límetres i una pressió màxima de treball de 18 bars (3600 Newtons).
- El sistema de refrigeració té com a finalitat mantenir la temperatura de la bomba a uns 50°C aproximadament.
- El sistema de control permetrà accionar la màquina, seleccionar les forces que volem aplicar a la peça a assajar, parará la màquina en cas d'emergència i donarà les dades necessàries pel posterior estudi de la ruptura.

## 12 RESUM DEL PRESSUPOST

Els costos totals del banc d'assaig hidràulic per ruptura de peces a fatiga seran de 7625,98€.

## 13 RELACIONS DELS DOCUMENTS

- Document 1.
  - Memòria
  - Annex A. Descripcions tècniques
  - Annex B. Càlculs
  - Annex C. Manual d'usuari, manteniment i estudi de seguretat i salut
  - Annex D. Exemples de peces dels estudiants.
  - Annex E. Programa
- Document 2. Plànols
- Document 3. Plec de condicions
- Document 4. Estat d'amidaments
- Document 5. Pressupost

# ANNEXOS

# **ANNEX A: Descripcions Tècniques**

## Annex A Descripcions tècniques

### A.1 Sistema de Control

#### A.1.1 Arduino UNO

Un microcontrolador és un microprocessador especialitzat en controlar equips electrònics i inclou un sol xip. Les seves tres parts funcionals són: una CPU, memòria i unitats d'entrada i sortida, és a dir, es tracta d'un computador complet en un sol circuit integrat.

Per tal de controlar la màquina, utilitzarem el microcontrolador "Arduino Uno". Aquest és un microcontrolador basat en el xip "ATmega328". Té 14 entrades/sortides digitals, sis de les quals poden ser utilitzades com a PWM, sis entrades analògiques, connexió USB, ...

La següent imatge mostra un microprocessador Arduino Uno.



Fig. 28: Microcontrolador Arduino UNO



La següent taula en mostra les característiques més importants:

Microcontrolador	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recomended)	7-12 V
Input Voltage (límits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3'3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0'5 KB used by bootleader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16MHz

Taula 6: taula de característiques extretes de *Arduino*

El PWM és un mètode de controlar digitalment una sortida amb una tensió variable equivalent. Si tu agafes la mitjana de les senyals en un temps determinat pots obtenir una sortida analògica variant.

## A.2 Sistema hidràulic

### A.2.1 Bomba hidràulica

La bomba seleccionada per a aquesta aplicació és de la marca *Parker®*, concretament de la seva sèrie 165. El seu número de referència és el 165-AY-S-65-H-NN-1-H-01-00.

A la següent figura es poden veure les dimensions del motor de la bomba (també conté mesures escollint el dipòsit de tipus G que no és el cas).

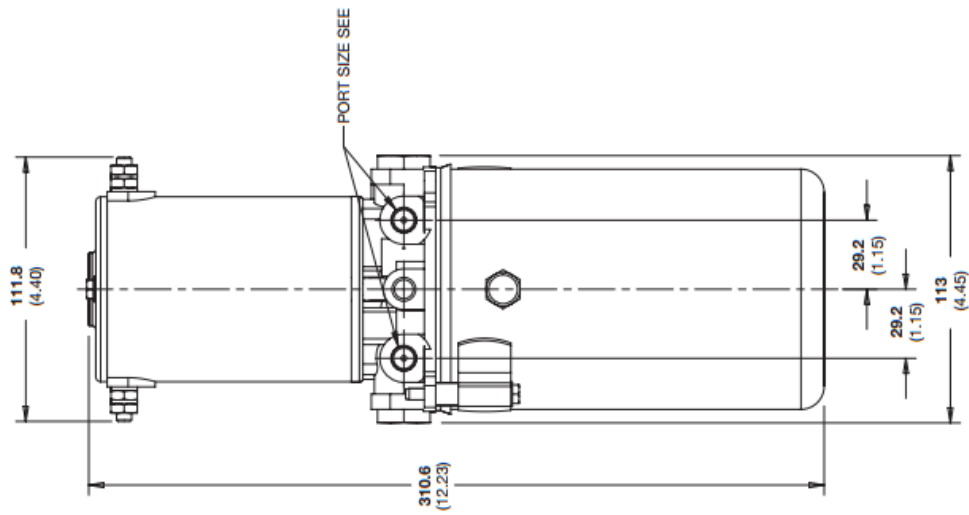


Fig. 29: Dimensions en **mm** (polsades)

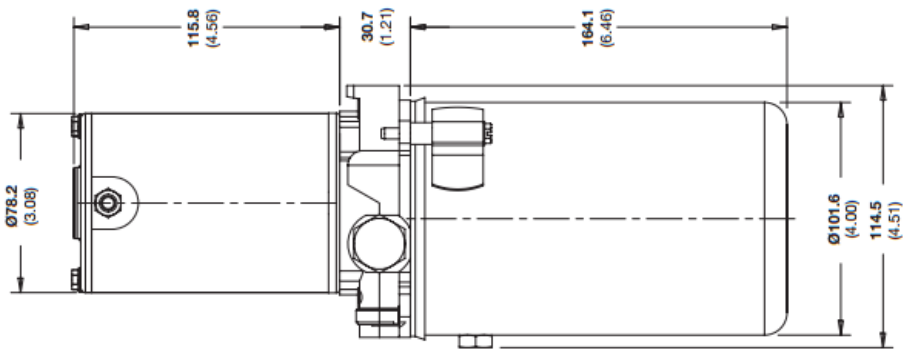


Fig. 30: Dimensions en **mm** (polsades)

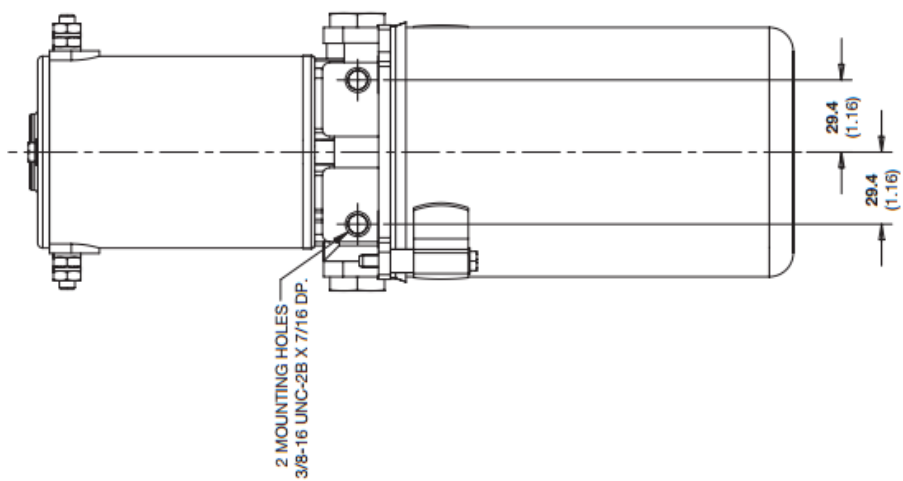


Fig. 31: Dimensions en **mm** (polsades)

La següent imatge mostra les mides del conjunt del grup hidràulic amb el dipòsit seleccionat.

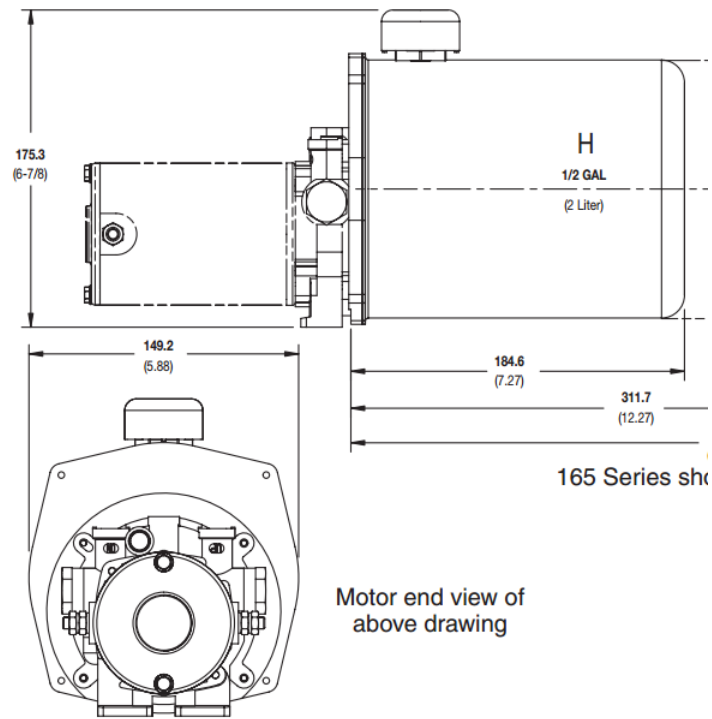


Fig. 32: Dimensions en mm (polsades). Dipòsit tipus H.

La següent gràfica mostra la relació que hi ha entre la pressió que subministra la bomba, el cabal i els ampers que necessita:

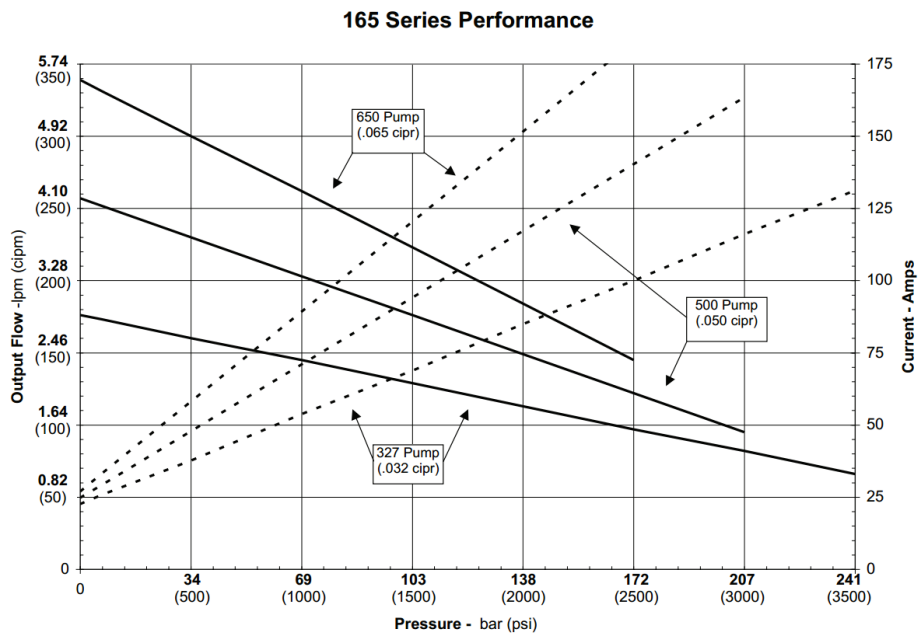
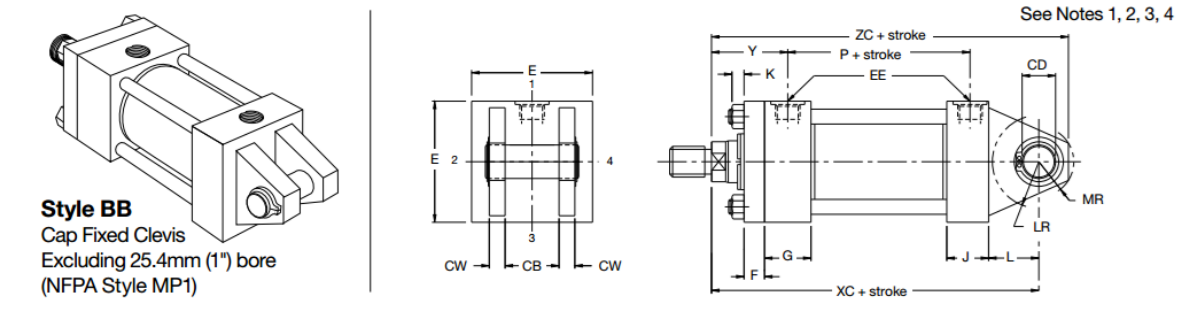


Fig. 33: relació entre pressió – cabal – intensitat de corrent. Seleccionada la 650.

**A.2.2 Cilindre hidràulic**

El cilindre hidràulic seleccionat per aquesta aplicació és de la marca *Parker®*, concretament el seu número de referència és el 2A-NFPA-MP1. Aquest té un diàmetre de l'èmbol de 2" (50.8 mil·límetres).

En la següent figura se'n mostren les seves mides:



**Dimensions BB & BC** See also Rod End Dimensions, page 20

Bore Ø	Rod No.	CB	CD <sup>1</sup> +0.00 -0.05	CW	E	EE <sup>4</sup> (BSPP)	F	G	H <sup>3</sup>	J	K
25.4 (1")	1 2	-	11.13	-	38.1 <sup>3</sup>	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	9.5	38.1	6.4	25.4	5.0
38.1 (1 1/2")	1 2	19.9	12.73	12.7	50.8 <sup>3</sup>	G <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	9.5	38.1	- 3.2	25.4	6.4
50.8 (2")	1 2 3	19.9	12.73	12.7	63.5 <sup>3</sup>	G <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	9.5	38.1	- 2.4 -	25.4	7.5
63.5	1 2								- 2.4		

Fig. 34: Dimensions en mm (polsades)

**Dimensions BB & BC** Continued

Bore Ø	Rod No.	L	LR	MR	Y	+ stroke					
						LB	P	XC	XD	ZC	ZD
25.4 (1")	1 2	12.7	12.7	12.7	49 49	98.4	54	127.0	136.5	138.1	147.6
								127.0	136.5	138.1	147.6
38.1 (1 1/2")	1 2	19.1	15.9	15.9	49 58	101.6	58	136.5	146.1	149.2	158.8
								146.1	155.6	158.8	168.3
50.8 (2")	1 2 3	19.1	15.9	15.9	49 65 58	101.6	58	136.5	146.1	149.2	158.8
										152.4	161.9
	1				49			139.7	149.2	152.4	161.9

Fig. 35: Dimensions en mm (polsades)

**Rod End Details – 25.4mm to 152.4mm (1" to 6") bore sizes only**

Piston Rod End Data for 203.2mm to 355.6mm (8" to 14") bore size cylinders is shown on page 30.

**Rod End Styles 4 & 8**

Style 4 rod ends are recommended for all applications in which the work piece is secured against the rod shoulder. Where the work piece is not shouldered, Style 8 rod ends are recommended. If a rod end style is not specified, Style 4 will be supplied.

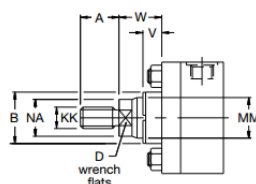
**Rod End Style 9**

For applications where a female thread is required.

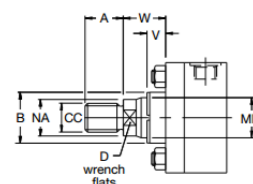
**Rod End Style 3**

Non-standard piston rod ends are designated 'Style 3'. A dimensional sketch or description should accompany the order. Please specify dimensions KK or CC, and A.

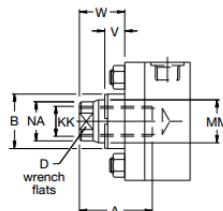
**Rod End Style 4**



**Rod End Style 8**



**Rod End Style 9**



**Rod End Dimensions – 25.4mm to 152.4mm (1" to 6") bore sizes**

Bore Ø	Rod No.	MM Rod Diameter	Styles 4 & 9		Style 8		A	B <sup>+0.00</sup> <sub>-0.05</sub>	D	NA	V	W
			KK Metric	KK UNF 1	CC Metric	CC UNF						
25.4 (1")	1	12.7 (1/2")	M8x1.25	5/16-24	M10x1.5	7/16-20	15.9	25.37	10	11.1	6.4	15.9
	2	15.9 (5/8")	M10x1.5	7/16-20	M12x1.5	1/2-20	19.0	28.55	13	14.3	6.4	15.9
38.1 (1 1/2")	1	15.9 (5/8")	M10x1.5	7/16-20	M12x1.5	1/2-20	19.0	28.55	13	14.3	6.4	15.9
	2	25.4 (1")	M20x1.5	3/4-16	M22x1.5	7/8-14	28.6	38.07	22	22.6	12.7	25.4
50.8 (2")	1	15.9 (5/8")	M10x1.5	7/16-20	M12x1.5	1/2-20	19.0	28.55	13	14.3	6.4	15.9
	2	34.9 (1 3/8")	M26x1.5	1-14	M30x2	1 1/4-12	41.3	50.77	30	32.2	15.9	31.8
	3	25.4 (1")	M20x1.5	3/4-16	M22x1.5	7/8-14	28.5	38.07	22	22.6	12.7	25.4

Fig. 36: Dimensions en mm (polsades). Mesures de la rosca de la tija

La taula següent mostra la força que pot realitzar el cilindre hidràulic en funció de la pressió que rep:

**Força subministrada pel cilindre hidràulic (kN)**

2 bar	3.5 bar	5.5 bar	7 bar	18 bar
0.4	0.7	1.1	1.4	3.6

Taula 7: Relació pressió-força del cilindre hidràulic

**A.2.3 Sensors de pressió**

Els sensors de pressió que es faran servir seran de la marca *Keller*. Seran de la sèrie 27 W i el model serà el *PR 27 W*.

A la següent taula es mostren les seves principals característiques:

	Transmitter			Transducer	
	Signal Output	4...20 mA	0...20 mA	± 0...10 VDC	0...100 mV
Supply Voltage	8...28 VDC		13...28 VDC	8...28 VDC***	10 VDC**
Current required	up to 25 mA	up to 25 mA	4 mA max.	4 mA max.	4 mA max.
Configuration	2-Wire	3-Wire		4-Wire	
Electrical Connection: Cable 5 m, PE	OUT/GND: Red	GND: White		-Vcc: White	
		+OUT: Red		+OUT: Red	
	+Vcc: Black	+Vcc: Black		+Vcc: Black	
				-OUT: Blue	
Load (Ω)	< (U-8 V) / 0,02 A	< (U-7 V) / 0,02 A	> 5 k	> 10 M	
Linearity	± 0,2% typ. / ± 0,5% max.				
Total Error Band* + 18...+ 22 °C	± 0,3% typ. / ± 0,5% max.				
Total Error Band* 0...+ 50 °C	± 0,6% typ. / ± 1,0% max.				
Total Error Band* -10...+ 80 °C	± 2,5% typ. / ± 4,0% max.				
Stability	200 mbar / 500 mbar:		2 mbar typ.	4 mbar max.	
	≥ 2 bar:		0,1 %FS typ.	0,2 %FS max.	

Taula 8: Característiques tècniques

La següent imatge mostra les seves dimensions:

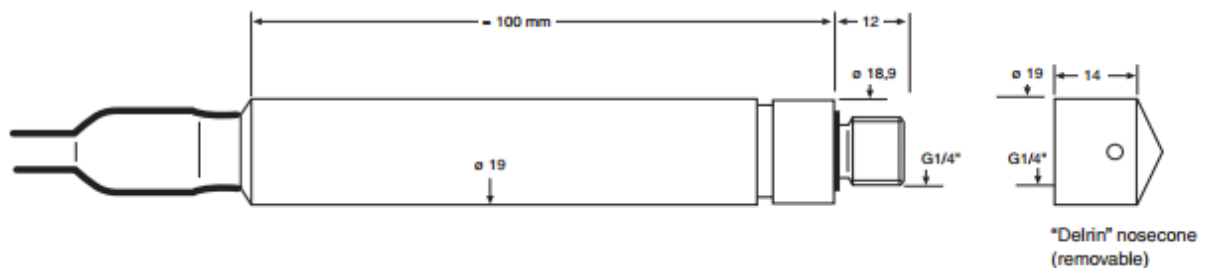


Fig. 37: Dimensions del sensor de pressió

#### A.2.4 Vàlvula proporcional de pressió

Aquesta serà de la marca Parker®, concretament del model RE06M\*W i el seu número de referència és el RE-06-M-35-W-2-N-1-K-W.

La següent taula extreta de la documentació de la vàlvula mostra les característiques tècniques d'aquest.

**Technical data**

General		
Nominal size		DIN NG06 / CETOP03 / NFPA D03
Interface		Subplate mounting according to ISO 6264
Mounting position		as desired, horizontale mounting preferred
Ambient temperature	[°C]	-20 ... +70
MTTF <sub>D</sub> value	[years]	150
Weight	[kg]	1.8
Hydraulic		
Max. operating pressure	[bar]	Ports P and A up to 350; port T 30
Pressure stages	[bar]	105, 175, 250, 350
Nominal flow	[l/min]	See p/Q curves
Fluid		Hydraulic oil as per DIN 51524 ... 51525
Viscosity, recommended permitted	[cSt] / [mm <sup>2</sup> /s]	30 ... 80 12 ... 380
Fluid temperature	[°C]	-20 ... +60
Filtration		ISO 4406 (1999), 18/16/13 (acc. NAS 1638:7)
Linearity	[%]	±2.8
Repeatability	[%]	<±1
Hysteresis	[%]	±1.5 of p <sub>max</sub>
Electrical		
Duty ratio	[%]	100 ED
Protection class		IP 65 in accordance with EN 60529 (with correctly mounted plug-in connector)
Nominal voltage	[V]	12 (2.3 A max. current), 16 (1.3 A max. current)
Coil resistance	[Ohm]	4 at 20°C
Solenoid connection		Connector as per EN 175301-803
Power amplifier, recommended		PCD00A-400

Taula 9: Característiques tècniques de la vàlvula proporcional model RE06M\*W

Els gràfics següents mostren el funcionament i la relació entre la pressió i el cabal.

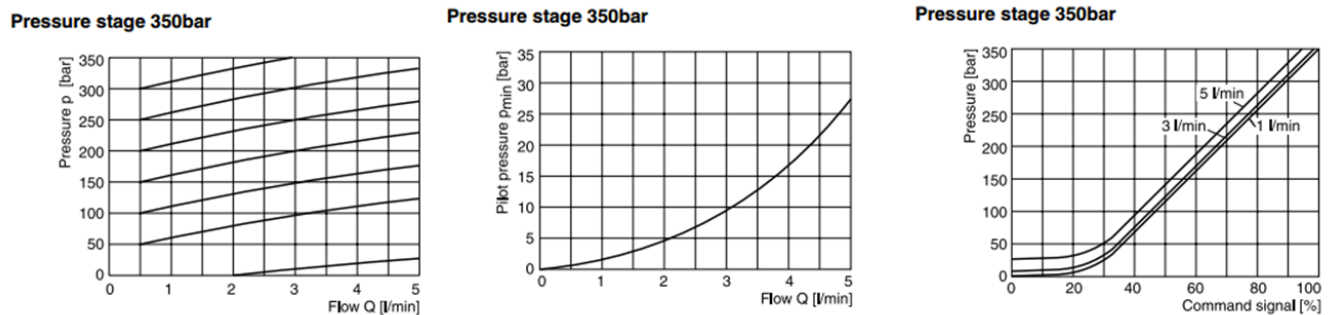


Fig. 38: Relació pressió – cabal de la vàlvula proporcional de pressió

Les següents figures mostren les mides de la vàlvula proporcional de pressió.

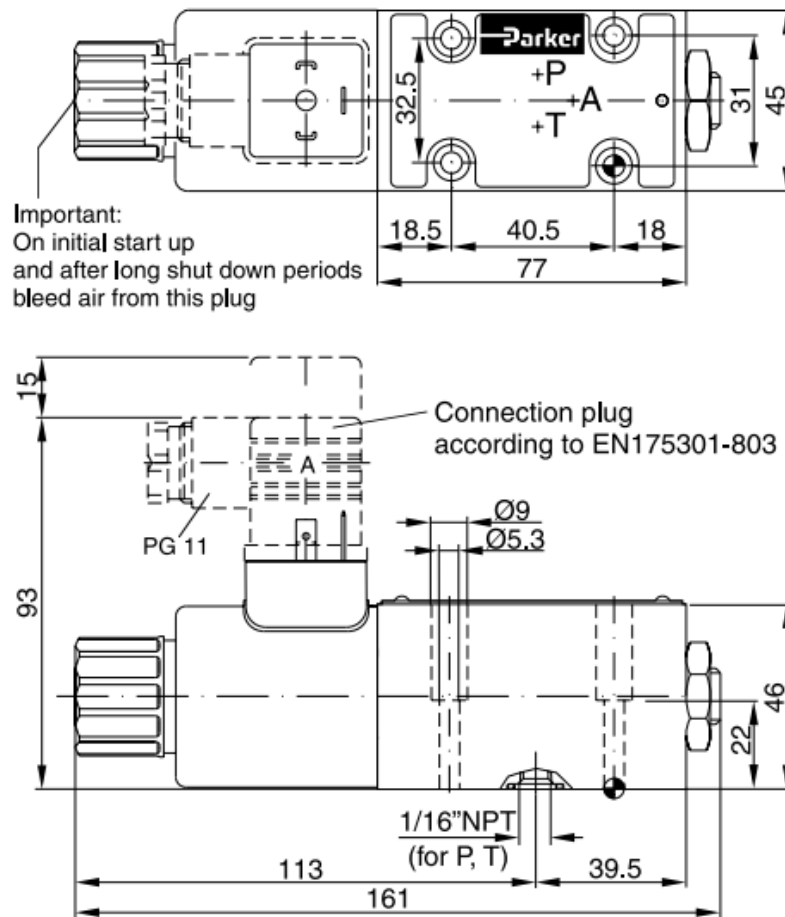


Fig. 39: Mides en mm. Mesures de la vàlvula proporcional de pressió

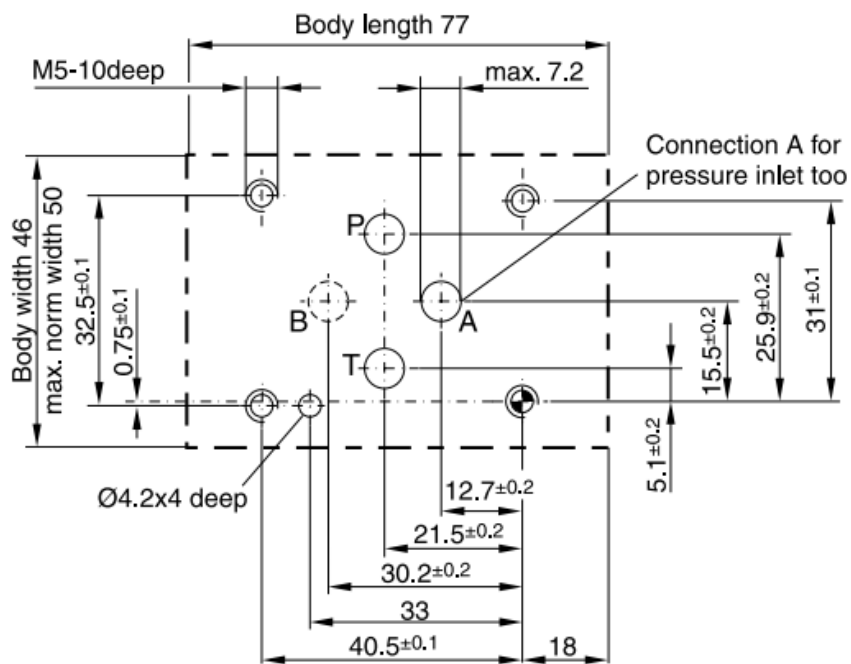


Fig. 40: Mides en mm. Mesures de la vàlvula proporcional de pressió



### A.2.5 Vàlvula 4/3 vies

Aquesta serà de la marca Parker®, concretament el model D1FB amb número de referència D1FB-E01C-C-O-N-F-O-3.

Les següents taules extretes de la documentació de la vàlvula mostren les característiques tècniques d'aquest.

<b>General</b>			
Design	Direct operated proportional DC valve		
Actuation	Proportional solenoid		
Size	NG06/CETOP 03/NFPA D03		
Mounting interface	DIN 24340 / ISO 4401 / CETOP RP121 / NFPA		
Mounting position	unrestricted		
Ambient temperature	[°C]	-20...+60	
MTTF <sub>0</sub> value (OBE)	[years]	150 (75)	
Weight (OBE)	[kg]	2.2 (2.9)	
Vibration resistance	[g]	10 Sinus 5...2000 Hz acc. IEC 68-2-6 30 Random noise 20...2000 Hz acc. IEC 68-2-36 15 Shock acc. IEC 68-2-27	
<b>Hydraulic</b>			
Max. operating pressure	[bar]	Ports P, A, B 350; Port T 210	
Max. pressure drop PABT / PBAT	[bar]	350	
Fluid	Hydraulic oil as per DIN 51524...535, other on request		
Fluid temperature	[°C]	-20...+60	
Viscosity permitted	[cSt] / [mm <sup>2</sup> /s]	20...380	
Viscosity recommended	[cSt] / [mm <sup>2</sup> /s]	30...80	
Filtration	ISO 4406 (1999) 18/16/13 (meet NAS 1638: 7)		
Nominal flow at $\Delta p=5\text{bar}$ per control edge *	[l/min]	<b>D1FB*0 (Spool/sleeve)</b> 6 / 12 / 20	<b>D1FB*3 (Spool/body)</b> 10 / 20 / 30
Leakage at 100 bar	[ml/min]	<50 (overlapped spool); <400 (zerolapped spool)	<60
Overlap	[%]	25, electrically normalized at 10 (see flow characteristics)	
<b>Static / Dynamic</b>			
Step response at 100% step	[ms]	30	30
Hysteresis	[%]	<4	<6
Temperature drift solenoid current	[%/K]	<0.02	
<b>Electrical characteristics</b>			
Duty ratio	[%]	100	
Protection class	Standard (as per EN175301-803) IP65 in accordance with EN60529 (with correctly mounted plug-in connector) DT04-2P "Deutsch" IP69K (with correctly mounted plug-in connector)		
Solenoid		<b>Code "M"</b>	<b>Code "K"</b> <b>Code "J"</b> (Spool/sleeve)
Supply voltage	[V]	9	12 24
Current consumption	[A]	2.7	2.2 1.1 (0.8)
Resistance	[Ohm]	2.7	4.4 18.6
Coil insulation class	F (155 °C)		
Solenoid connection	Connector as per EN 175301-803 (code W), DT04-2P "Deutsch" connector (code J). Solenoid identification as per ISO 9461.		
Wiring min.	[mm <sup>2</sup> ]	3x1.5 (AWG 16) overall braid shield (Code W), "Deutsch" connector DP4 2-Pin (Code J)	
Wiring lenght max.	[m]	50	

Taula 10: Característiques (1)

Electrical characteristics OBE		
Duty ratio	[%]	100
Protection class		IP65 in accordance with EN 60529 (with correctly mounted plug-in connector)
Supply voltage/ripple DC	[V]	18...30, ripple < 5% eff., surge free
Current consumption max.	[A]	2.0
Pre fusing medium lag	[A]	2.5
Input signal		
Codes F0 & W5 voltage	[V]	+10...0...-10, ripple < 0.01 % eff., surge free, Ri = 100kOhm, 0...+10V ⇒ P -> A
Codes S0 & W5 current	[mA]	4...12...20, ripple < 0.01 % eff., surge free, Ri = 200Ohm, 12...20mA ⇒ P -> A < 3.6 mA = enable off, > 3.8 mA = enable on (acc. to NAMUR NE43)
Code G0	[mA]	+20...0...-20, ripple < 0.01 % eff., surge free, Ri = 200Ohm, 0...+20mA ⇒ P -> A
Differential input max.		
Codes F0, G0 & S0	[V]	30 for terminal D and E against PE (terminal G) 11 for terminal D and E against 0V (terminal B)
Code W5	[V]	30 for terminal 4 and 5 against PE (terminal PE) 11 for terminal 4 and 5 against 0V (terminal 2)
Channel recall signal	[V]	0...2.5: off / 5...30: on / Ri = 100 kOhm
Adjustment ranges		
Min	[%]	0...50
Max	[%]	50...100
Ramp	[s]	0...32.5
Interface		RS 232, parametrizing connection 5pole
EMC		EN 61000-6-2, EN 61000-6-4
Central connection		
Codes F0, G0 & S0		6 + PE acc. to EN 175201-804
Code W5		11 + PE acc. to EN 175201-804
Wiring min.		
Codes F0, G0 & S0	[mm <sup>2</sup> ]	7 x 1.0 (AWG16) overall braid shield
Code W5	[mm <sup>2</sup> ]	11 x 1.0 (AWG16) overall braid shield
Wiring length max.		50

Taula 11: Característiques (2)

El següent gràfic mostra el funcionament en funció de la senyal de voltatge subministrat.

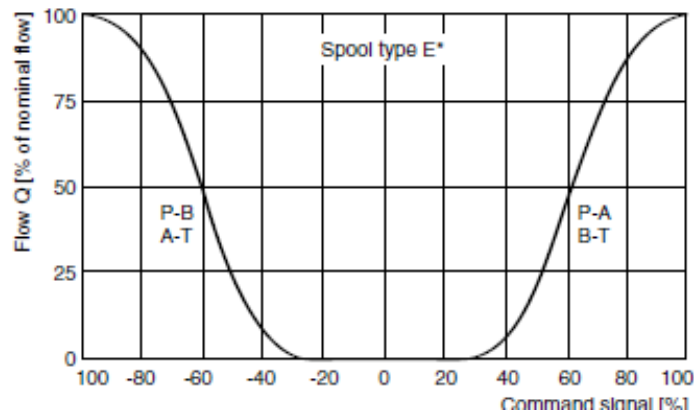


Fig. 41: Gràfic del senyal en funció del cabal de sortida

Les següents imatges mostren les mides de la vàlvula direccional.

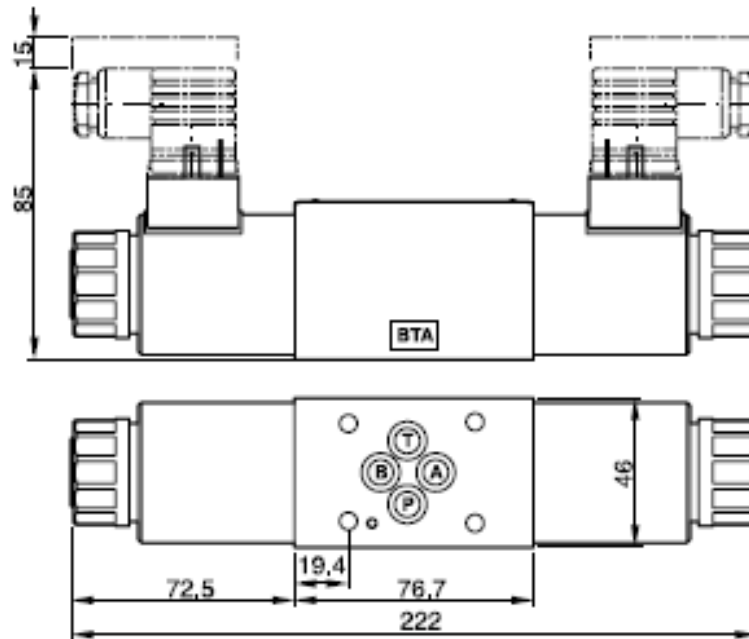


Fig. 42: Dimensions de la vàlvula direccional

### A.2.6 Oli hidràulic

L'oli hidràulic a utilitzar és un *Shell Spirax S2 ATF AX*. La següent taula en mostra alguna de les seves característiques més importants.

#### Shell Spirax S2 ATF AX

Característica	Método	Valores típicos
Color		Rojo
Viscosidad cinemática, mm <sup>2</sup> /s	ISO 3104	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• a 40 °C</li> <li>• a 100 °C</li> </ul>		34,6 7,1
Índice de viscosidad	ISO 2909	174
Densidad a 15 °C, kg/m <sup>3</sup>	ISO 12185	874
Punto de inflamación, °C	ISO 2592	180
Punto de congelación, °C	ISO 3016	-45

Taula 12: Característiques tècniques

### A.3 Estructura

#### A.3.1 Perfil ITEM pla

El perfil ITEM pla seleccionat és de la casa *Item24*. El seu número de referència és el 0.0.465.79 i el seu nom genèric és el de placa base 8 152x20. A continuació es mostren les dades més importants del perfil:

**Propietats del Perfil per placa base 8**

Sèrie	BR8
Material	Al, anoditzat
Característiques del material	Natural
Altura	20 mm
Secció transversal	18.39 cm <sup>2</sup>
Moment d'inèrcia a l'eix x	7.39 cm <sup>2</sup>
Moment d'inèrcia a l'eix y	350.50 cm <sup>4</sup>
Moment d'inèrcia a l'eix z (torçó)	2.69 cm <sup>4</sup>
Moment resistent en l'eix x	7.20 cm <sup>3</sup>
Moment resistent en l'eix y	46.12 cm <sup>3</sup>
Massa per unitat de longitud	4.97 kg/m

Taula 13: Característiques principals del perfil ITEM pla

Els perfils 8 en forma de placa base són ideals per crear superfícies planes de qualsevol mida amb un estriat de mesura 8 i dimensions moduls de 40 mil·límetres.

#### A.3.2 Perfil ITEM quadrat 80x80 i 20x20

Els perfils ITEM quadrats són de la marca *Item24*. Els seus números de referència són el 0.0.370.03, pel de 40x40, i el 0.0.408.28, pel de 80x80. A continuació es mostren les dades més importants de cada perfil:

Propietats físiques	Perfil 80x80	Perfil 40x40
Sèrie	BR8	BR5
Material	Al, anoditzat	Al, anoditzat
Característiques del material	Natural	Natural
Altura	80 mm	40 mm
Amplada	80 mm	40 mm
Secció transversal	37.2 cm <sup>2</sup>	1.8 cm <sup>2</sup>
Moment d'inèrcia a l'eix x	222 cm <sup>4</sup>	144 cm <sup>4</sup>
Moment d'inèrcia a l'eix y	222 cm <sup>4</sup>	144 cm <sup>4</sup>
Moment d'inèrcia a l'eix z (torçó)	190.01 cm <sup>4</sup>	90.35 cm <sup>4</sup>
Moment resistent en l'eix x	55.5 cm <sup>3</sup>	144cm <sup>3</sup>
Moment resistent en l'eix y	55.5 cm <sup>3</sup>	144cm <sup>3</sup>
Massa per unitat de longitud	10.04 kg/m	5.02 kg/m

Fig. 43: Característiques principals dels perfils

El Perfil ITEM quadrat 80x80 és ideal per suportar carregues de tot tipus.

Pel que fa al Perfil ITEM quadrat 40x40, en canvi, és ideal per construccions lleugeres de tot tipus. Les seves dimensions permeten crear estructures especialment compactes, proteccions i equips de manipulació.

### A.3.3 Unió entre perfils i sistemes de fixació

La opció escollida per unir els perfils és la que mostra la següent figura. S'utilitza uns cargols de gota de sebo M8x16, una arandela DIN 125-8,4 i una femella 8 St M8. Aquest mateix sistema s'utilitza per la resta d'unions de tot el banc d'assaig, però alguns amb diferents mides.

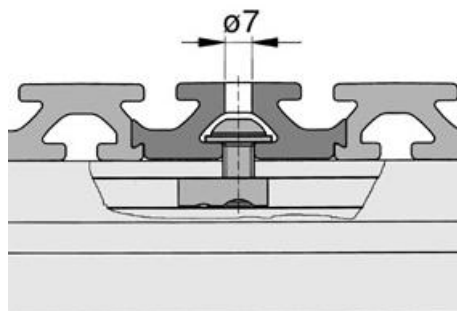


Fig. 44: Unió entre perfils

## A.4 Tubs

### A.4.1 Impulsió

Els tubs d'impulsió seran de dos tipus: de metall i de termoplàstic.

- Els de metall, que seran els que aniran de la bomba a les dues vàlvules, seran comprats a l'empresa *Parker®*. El número de referència és el *R3/8X0.035TP316/L*. La taula següent en mostra les seves característiques principals.

#### Característiques principals del tub d'impulsió (metall)

Material	Acer inoxidable 316 L ASTM A269
Especificacions de fabricació	Estirat en fred
Diàmetre exterior	9.52 mil·límetres
Longitud de compra	6 metres
Gruix	0.9 mil·límetres
Diàmetre interior	7.5 mil·límetres

Taula 14: Característiques principals del tub metàl·lic d'impulsió

- Els de goma, que seran els que aniran de les vàlvules al cilindre, seran comprats a la mateixa empresa. El número de referència és el *PFA12X1*. La taula següent en mostra les seves característiques principals.

#### Característiques principals del tub d'impulsió (goma)

Material	PFA
Diàmetre exterior	12 mil·límetres
Longitud de compra	A granel
Gruix	1 mil·límetres
Diàmetre interior	10 mil·límetres
Rang de temperatures de treball	De -200°C a 260°C

Taula 15: Característiques principals del tub de PFA d'impulsió

#### A.4.2 Retorn

Els tubs de retorn seran de dos tipus: de metall i de termoplàstic.

- Els de metall, que seran els que aniran de les vàlvules al dipòsit, seran comprats a l'empresa *Parker®*. El número de referència és el *R1/2X0.083TP316/L*. La taula següent en mostra les seves característiques principals.

##### Característiques principals del tub de retorn (metall)

Material	Acer inoxidable 316 L ASTM A269
Especificacions de fabricació	Estirat en fred
Diàmetre exterior	12,7 mil·límetres
Longitud de compra	6 metres
Gruix	2.1 mil·límetres
Diàmetre interior	8.5 mil·límetres

Taula 16: Característiques principals del tub metàl·lic de retorn

- Els de goma, que seran els que aniran del cilindre a les vàlvules, seran comprats a la mateixa empresa. El número de referència és el *PFA12X1*. La taula següent en mostra les seves característiques principals.

##### Característiques principals del tub de retorn (goma)

Material	PFA
Diàmetre exterior	12 mil·límetres
Longitud de compra	A granel
Gruix	1 mil·límetres
Diàmetre interior	10 mil·límetres
Rang de temperatures de treball	De -200°C a 260°C

Taula 17: Característiques principals del tub de PFA de retorn

# **ANNEX B: Càlculs**



## Annex B Càlculs

### B.1 Cabal necessari

Per tal de garantir els cicles necessaris per minut del banc d'assaig i poder trobar el grup hidràulic adient, es calcula el valor del cabal que es necessita.

Utilitzant la següent la fórmula:

$$Q = \frac{d \cdot \pi \cdot L}{4 \cdot t}$$

On:

Q és el cabal necessari en mm<sup>3</sup>/s.

d és el diàmetre de l'èmbol del cilindre hidràulic en mil·límetres (mm).

L és el recorregut del cilindre hidràulic o la màxima fletxa que pot tenir la peça a assajar en mil·límetres (mm).

t és el temps que ha de durar cada cicle en segons (s).

Considerant que es vol una freqüència de 120 cicles per minut i que el recorregut màxim del cilindre serà de 10 mil·límetres (ponderació de la fletxa que es podrà tenir per cada peça a assajar), el valor del cabal mínim serà de **4.86 litres/minut**.

### B.2 Bomba hidràulica

La bomba o grup hidràulic es calcula la potència hidràulica necessària, l'escalfament que patirà l'oli en el seu cicle de treball i els conductes que es faran servir per poder aguantar les pressions necessàries a l'assaig.

#### B.2.1 Potència hidràulica

La potència hidràulica es calcula segons els mètodes emprats en hidràulica.

Es consideren les següents fórmules:

$$N_i = \frac{P \cdot Q}{450}$$
$$N_m = \frac{N_i}{\eta} = V \cdot I$$

On:

$N_i$  és la potència hidràulica en Cavalls de Vapor (CV).

$N_m$  és la potència mecànica de la bomba en Cavalls de Vapor (CV).

$Q$  és el cabal en litres per minut (l/min).

$\eta$  és el rendiment de la bomba.

$P$  és la pressió de subministrament de la bomba en  $\text{kP/cm}^2$ .

$V$  és el voltatge de la bomba en Volts (V).

$I$  és la corrent elèctrica en Ampers (A).

Es suposa una pressió màxima de 18 bars (pressió màxima que pot rebre el cilindre hidràulic) que, amb un factor de seguretat de 1'5 es calcularà per una pressió de 27 bars.

El cabal de la bomba a 27 bars és de 5.16 litres/minuts.

La potència hidràulica necessària és de 0.31 CV o **227.71 Watts**.

Tenint en compte que a 27 bars de pressió, a la bomba se li ha de subministrar una intensitat de 50 ampers, la potència mecànica que s'haurà de transmetre és de **600 Watts**. Així doncs, es tindrà un **rendiment del 40%**.

### B.2.2 Escalfament de l'oli

L'escalfament que patirà l'oli durant l'assaig es calcula mitjançant el formulari següent:

$$\Delta T = t - t_0 = \frac{632 \cdot N_p}{K \cdot S}$$

On:

$N_p$  és la potència perduda en Cavalls de Vapor (CV).

$K$  és el coeficient de transmissió del dipòsit en  $\text{kCal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$ .

$S$  és la superfície efectiva de refrigeració en  $\text{m}^2$ .

$t_0$  és la temperatura inicial en  $^\circ\text{C}$ .

$t$  és la temperatura final en  $^\circ\text{C}$ .

Tenint en compte que la potència perduda és la diferència entre la potència subministrada pel motor i la potència hidràulica, aquesta té un valor de **0.51 CV**.

Suposem un coeficient de transmissió de  $50 \text{ kCal/m}^2/\text{h}^\circ\text{C}$  i la secció efectiva de refrigeració és de  $0.12 \text{ m}^2$ . La temperatura inicial és de  $20^\circ\text{C}$ .

Així doncs, la temperatura a la qual arribarà l'oli és de  **$53.72^\circ\text{C}$** .

### B.2.3 Selecció del tub i pèrdues de càrregues associades

Es considera que la velocitat de l'oli a la impulsió serà de  $2 \text{ m/s}$  i pel que fa al retorn la disminuïrem un 25% (una velocitat de  $1.5 \text{ m/s}$ ). Es recorda que el cabal subministrat per la bomba és de  $5.16 \text{ l/min}$ .

Es seleccionaran el tub d'impulsió i els tubs de retorn a partir del nomograma que ve a continuació.

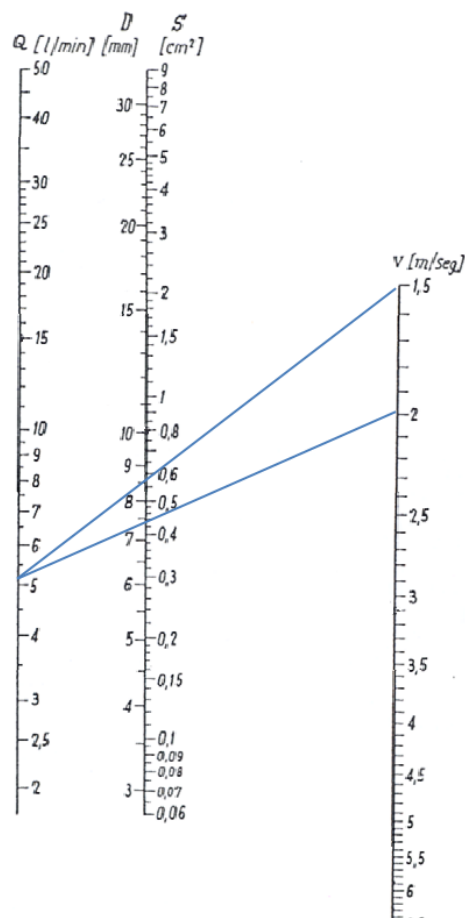


Fig. 45: Nomograma Q, D, S i V

Segons el nomograma anterior, pel que fa al tub d'impulsió serà de **7.5 mil·límetres** i els de retorns de **8.5 mil·límetres**.

Pel que fa a les pèrdues de càrregues també s'utilitzen uns nomogrames. Cal recordar que la viscositat cinemàtica de l'oli *Shell Spirax S2 ATF AX* és de  $34.6 \text{ mm}^2/\text{s}$  a una temperatura de  $40^\circ\text{C}$ .

Només es calcularan les pèrdues de càrrega al tub d'impulsió i aquestes seran lineals.

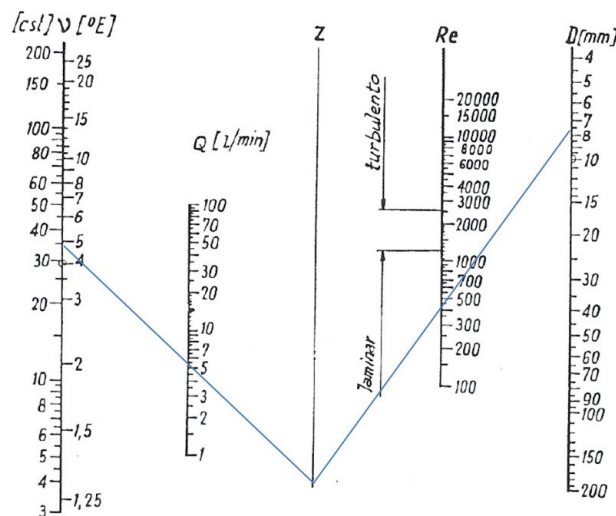


Fig. 46: Nomograma determinació nombre de Reynolds

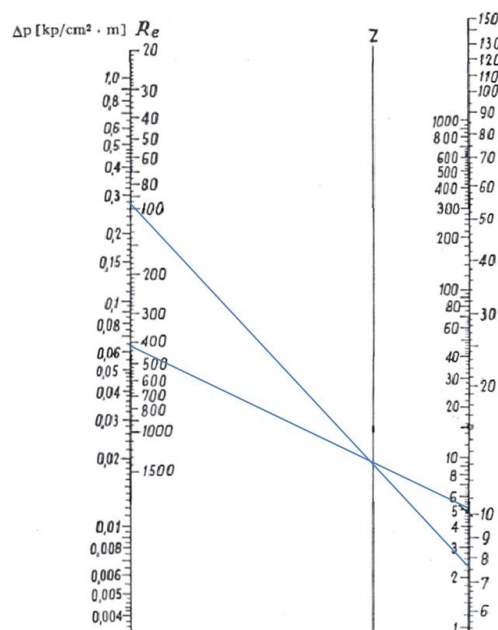


Fig. 47: Nomograma determinació pèrdues de càrrega

Així doncs, les pèrdues de càrregues són de  $0.265 \text{ kP}/(\text{cm}^2 \cdot \text{m})$  o **0.26 bars/metre**.

### B.3 Càlcul d'elements

#### B.3.1 Descripció del cas desfavorable

En el banc d'assaig hi ha múltiples disposicions dels sistemes de subjecció de les peces i el cilindre. Després de valorar quina és la posició més desfavorable per l'estructura i els dos sistemes de subjecció, s'ha decidit que el representat a la figura és el més desfavorable.

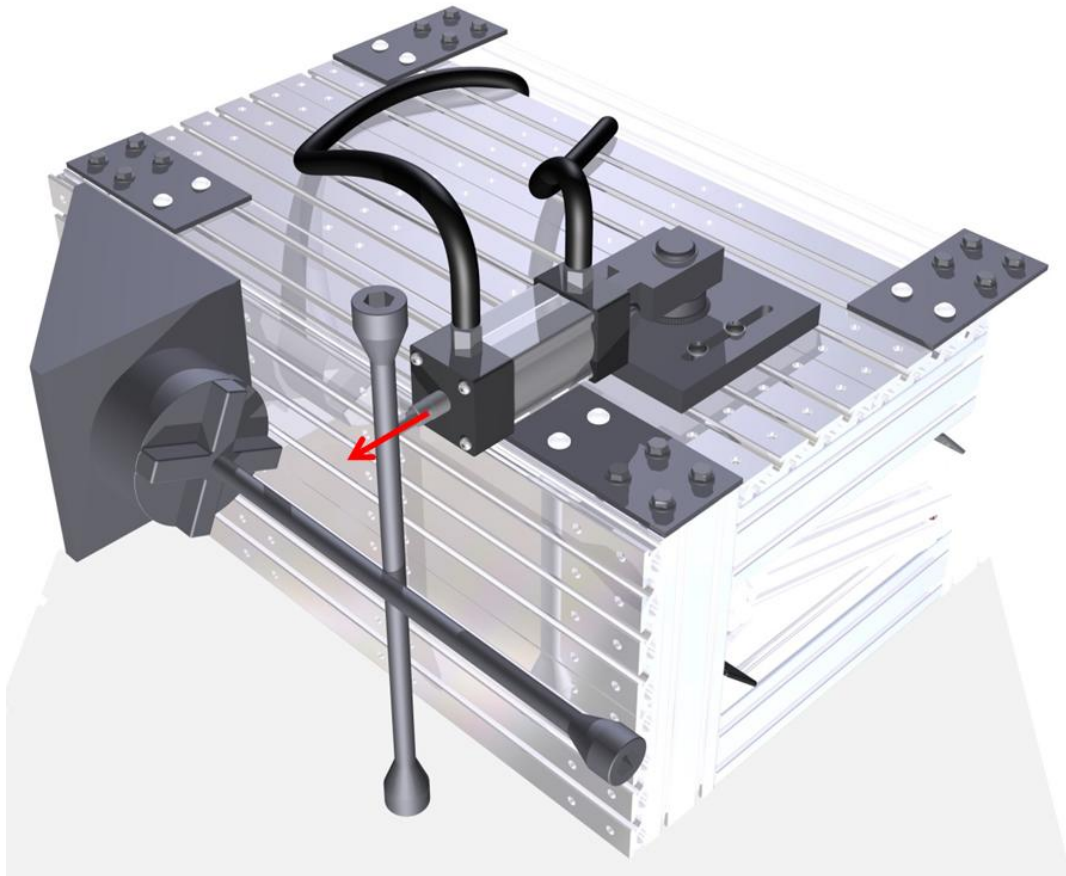


Fig. 48: Esquema representatiu del cas desfavorable. La fletxa vermella representa la direcció de la força del cilindre. En aquest cas de 3600 Newtons.

Es suposa que la força màxima del pistó és de 3600 N.

### B.3.2 Subjecció de les peces a assajar i el perfil ITEM pla

Aquestes peces es calcularan a ruptura estàtica.

La següent figura en mostra les reaccions en la superfície del sistema de subjecció.



Fig. 49: Esquema representatiu de les reaccions.

El valor del tallant és de 3600 Newtons, mentre que el moment torçor és el resultat del producte de 3600 Newtons · 186 mil·límetres (es considera una distància de 186 mm) i el moment flector és el resultat de multiplicar 3600 Newtons amb 372 mil·límetres (es considera una distància de 372 mm).

Les condicions de contorn de la simulació són les següents: es fixen amb restriccions de moviments les parts dels perfils plans que van fixades amb els perfils quadrats (on hi ha els forats de la figura anterior). Es fixen també restriccions de moviment en un sol pla les femelles dels cargols. La resta de contactes, el programa Autodesk Inventor les relaciona automàticament.

El càlcul es realitzarà mitjançant la interfície d'anàlisi de tensions de *Autodesk Inventor*.

a) Sistema de subjecció de les peces a assajar:

Les imatges següents mostren els valors de la tensió de Von Mises, el desplaçament i el coeficient de seguretat estàtic del sistema de subjecció de les peces a assajar.

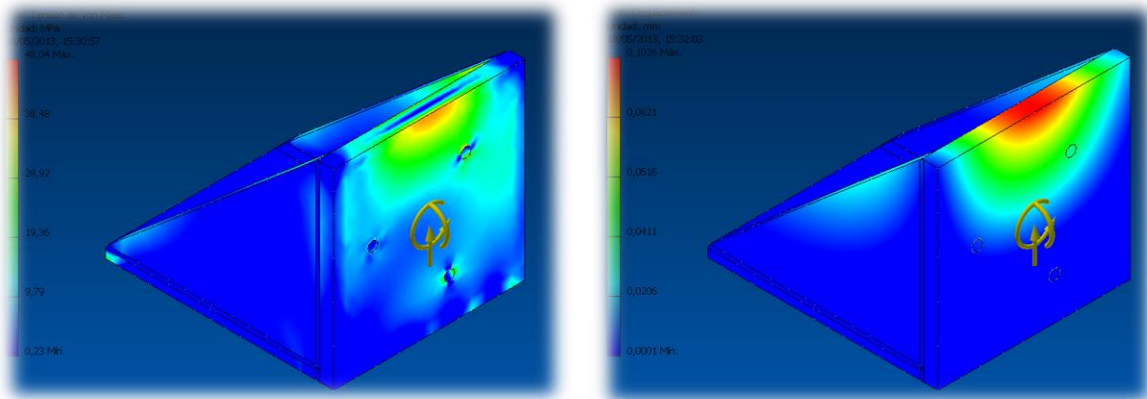


Fig. 50: 1) Tensió de Von Misses (Tensió màxima 48,04 MPa) 2) Desplaçament en mm (Desplaçament màxim de 0.1026mm)

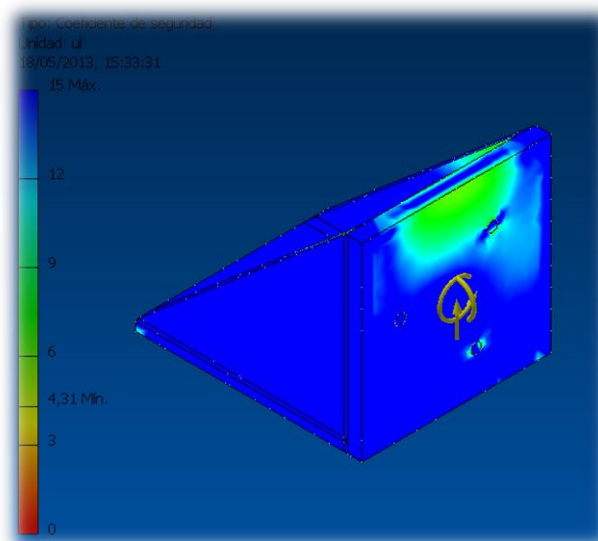


Fig. 51: Coeficient de seguretat estàtic (4,31)

b) Perfil ITEM pla:

Les imatges següents mostren els valors de la tensió de Von Mises, el desplaçament i el coeficient de seguretat estàtic del perfil ITEM pla que aguanta el sistema.

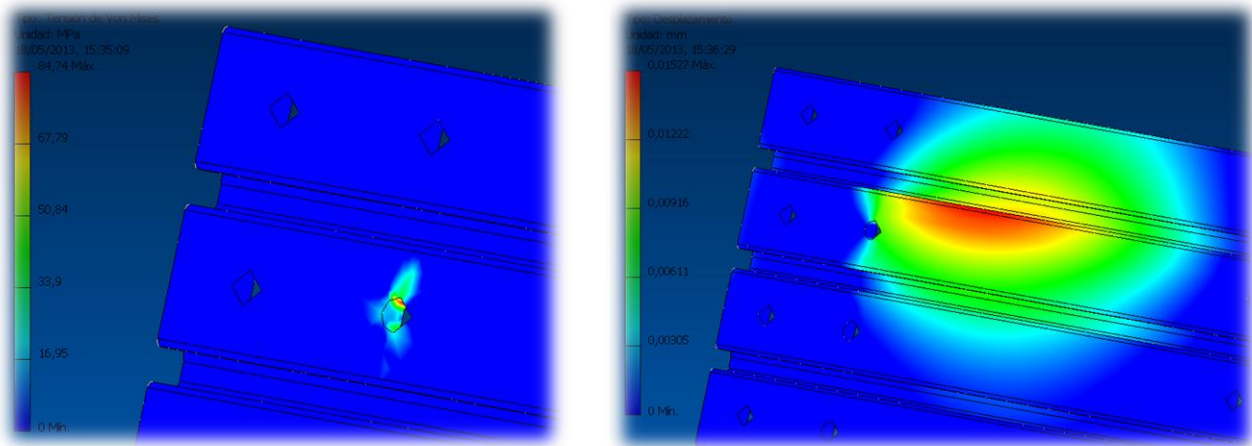


Fig. 52: 1) Tensió de Von Mises (Tensió màxima 84,74 MPa) 2) Desplaçament en mm (Desplaçament màxima 0'015mm)

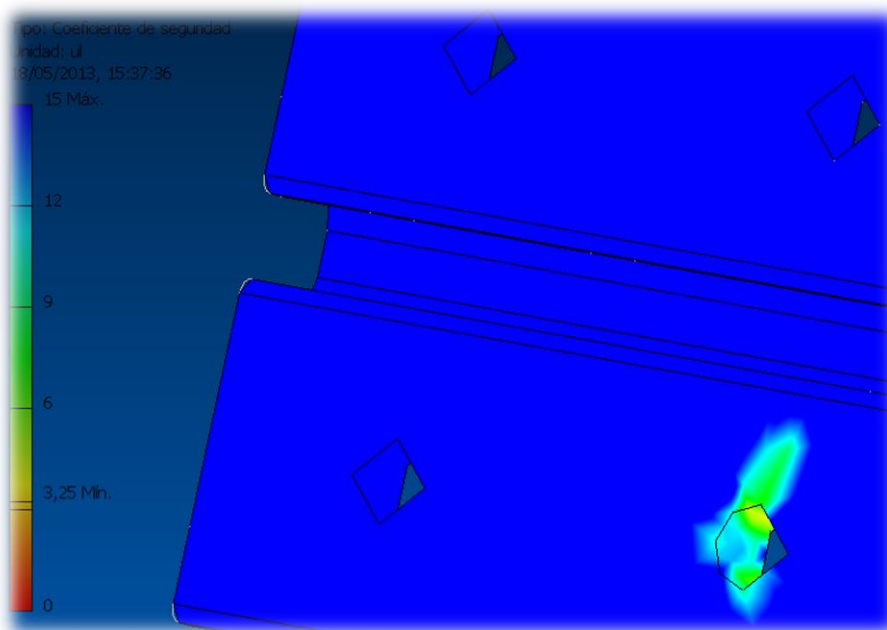


Fig. 53: Coeficient de seguretat estàtic (3'03)



### B.3.3 Sistema de fixació del cilindre i el perfil ITEM pla

Aquestes peces es calcularan a ruptura estàtica.

La següent figura en mostra les reaccions en la superfície del sistema de subjecció.

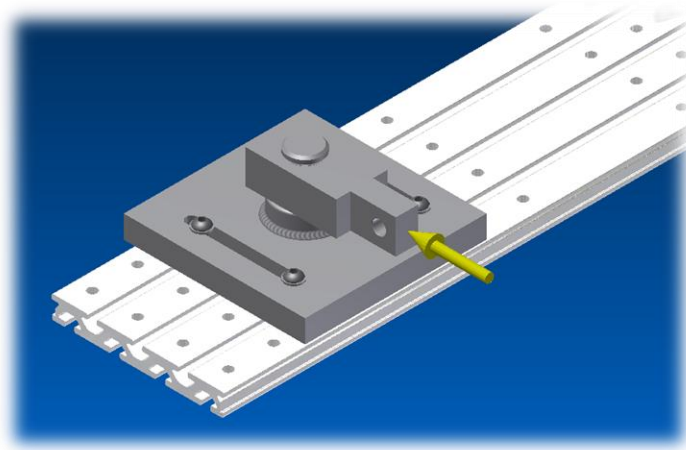


Fig. 54: Esquema representatiu de les reaccions

El valor de la dues força és de 3600 Newtons que és la força que donarà com a màxim el cilindre hidràulic.

Les condicions de contorn de la simulació són les següents: es fixen amb restriccions de moviments les parts dels perfils plans que van fixades amb els perfils quadrats (on hi ha els forats de la figura anterior). Es fixen també restriccions de moviment en un sol pla les femelles dels cargols. La resta de contactes, el programa Autodesk Inventor les relaciona automàticament.

El càlcul es realitzarà mitjançant la interfície d'anàlisi de tensions de *Autodesk Inventor*.

a) Sistema de subjecció del cilindre hidràulic:

Les imatges següents mostren els valors de la tensió de Von Mises, el desplaçament i el coeficient de seguretat estàtic del sistema de subjecció del cilindre hidràulic.

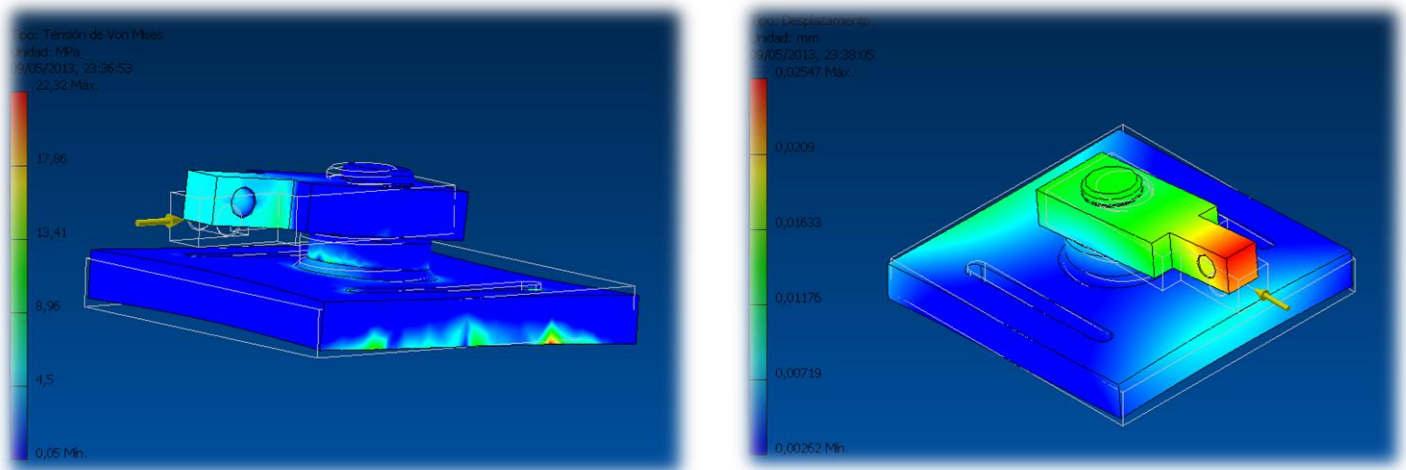


Fig. 55: Tensió de Von Misses (Tensió màxima 22,32MPa) 2) Desplaçament en mm (Desplaçament màxima 0.025mm)

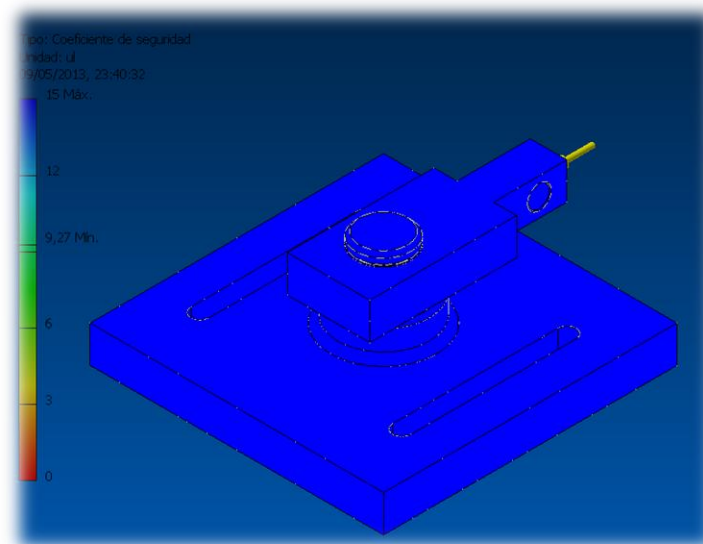


Fig. 56: 1) Coeficient de seguretat estàtic (9,27)

b) Perfil ITEM pla:

Les imatges següents mostren els valors de la tensió de Von Mises, el desplaçament i el coeficient de seguretat estàtic del perfil ITEM pla que aguanta el sistema.

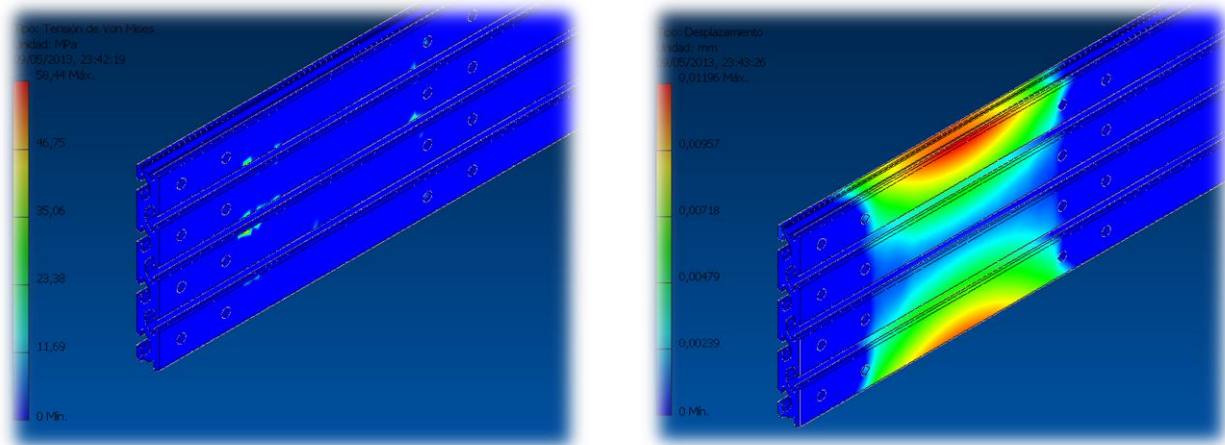


Fig. 57: Tensió de Von Mises (Tensió màxima 58,44MPa) 2) Desplaçament en mm (Desplaçament màxima 0,012mm)

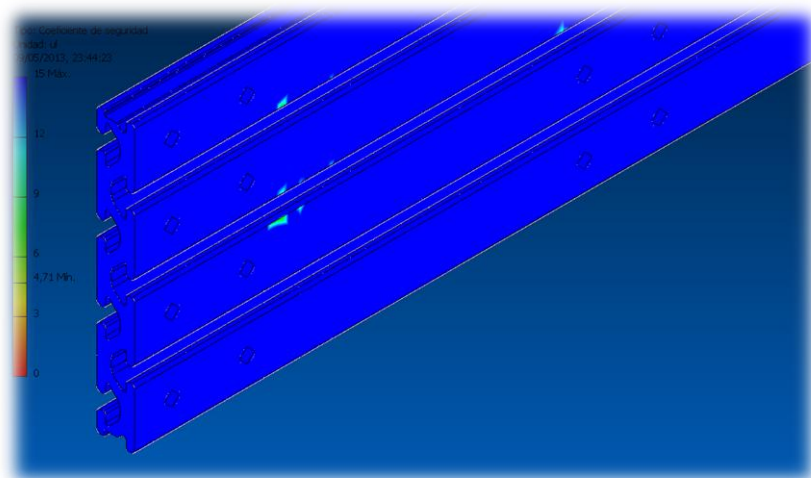


Fig. 58: Coeficient de seguretat estàtic (4,71)

# **ANNEX C: Manual d'usuari, manteniment i estudi de seguretat i salut**

## **Annex C Manual d'usuari, manteniment i estudi de seguretat i salut**

### **C.1 Manual d'usuari**

Per tal de començar l'assaig cal realitzar els passos descrits en aquest apartat.

Només es podrà fer el que es detalla a continuació i mai cap altre cosa.

Segueix els passos indicats i no te'n saltis cap:

- 1) Fixar la peça a assajar a la grapa. Assegurar-nos que estigui ben agafada.
- 2) Fixar el sistema de subjecció de la peça a la bancada. Assegurar-nos que estigui ben agafat.
- 3) Fixar el sistema de subjecció del cilindre a la bancada. Assegurar-nos que estigui ben agafat.
- 4) Soldar l'extrem de la peça a assajar amb l'extrem de la tija del cilindre hidràulic.
- 5) Tancar totes les portes de seguretat de la màquina.
- 6) Connectar el cable USB del microcontrolador Arduino UNO a l'ordinador.
- 7) Obrir el programa Arduino.
- 8) Obrir el "Serial Monitor".
- 9) A la pantalla apareixerà que seleccionis les forces. Fes ús dels polsadors ← i → per fer-ho.
- 10) Pulsar el botó de color verd per acceptar les forces. Un cop fet aquests passos, la bomba començarà a funcionar i com a conseqüència la resta de components.
- 11) Un cop finalitzat l'assaig, pulsar el botó vermell.
- 12) Lectura dels resultats a través de l'ordinador.
- 13) Obrir la porta de protecció.
- 14) Retirar la peça.

### **C.2 Manteniment**

Per tal de garantir el bon funcionament de la màquina, cal realitzar el següent manteniment periòdicament.

#### **C.2.1 Sistema hidràulic**

La taula següent mostra les tasques de manteniment a realitzar de cada component i la seva periodicitat tenint en compte el seu poc ús.

COMPONENT	ACCIÓ	PERIODICITAT	COMENTARI
Grup hidràulic	Comprovar el nivell d'oli.	Abans de realitzar l'assaig.	Comprovar el nivell d'oli amb la màquina parada i freda.
	Verificar possibles fugues d'oli.	Abans de realitzar l'assaig.	-
	Collar les bornes dels contactes.	Cada 2 anys.	Realitzat per personal qualificat.
Cilindre hidràulic	Verificar possibles fugues d'oli.	Abans de realitzar l'assaig.	-
Circuit	Verificar possibles fugues d'oli.	Abans de realitzar l'assaig.	-
Vàlvules	Verificar correcte funcionament.	Abans de realitzar l'assaig.	Realitzat per personal qualificat.

Taula 18: Tasques de manteniment de sistema hidràulic

### C.2.2 Estructura

La taula següent mostra les tasques de manteniment a realitzar de cada component i la seva periodicitat tenint en compte el seu poc ús.

COMPONENT	ACCIÓ	PERIODICITAT	COMENTARI
Perfils ITEM quadrats	Comprovar l'estat dels perfils així com a possibles deformacions.	Cada any.	Realitzat per personal qualificat.
	Comprovar l'estat de totes les subjeccions	Cada any.	Realitzat per personal qualificat.
Perfils ITEM plans	Comprovar l'estat dels perfils així com a possibles deformacions.	Cada any.	Realitzat per personal qualificat.
	Comprovar l'estat de totes les subjeccions	Cada any.	Realitzat per personal qualificat.
Elements de fixació	Verificar que no falti cap element de subjecció.	Abans de realitzar l'assaig.	-
	Comprovar l'estat de tots els elements de fixació.	Cada any.	Realitzat per personal qualificat.

Taula 19: Tasques de manteniment de l'estructura

### C.2.3 Neteja

La neteja és la part més important en el manteniment d'una màquina i ens podria reduir entre un 40% i un 50% les averies d'una màquina.

La taula següent mostra els punts on cal tenir cura de la neteja i amb quina periodicitat haurem de netejar tenir en compte el seu poc ús.

COMPONENT	ACCIÓ	PERIODICITAT	PRODUCTE RECOMENAT
Cilindre hidràulic	Netejar la tija del cilindre.	Cada 6 mesos.	Loctite 7070
Estructura i interior	Netejar l'estructura i recinte de la bomba.	Cada 6 mesos.	-
Ventilador i filtre ventilador	Netejar les aspes del ventilador.	Cada 6 mesos.	-
	Canviar el filtre del ventilador.	Cada 12 mesos	Filtre ventilador

Taula 20: Tasques de manteniment de neteja

### C.2.4 Recanvis recomanats

Es recomana tenir els següents materials de recanvi tot i el seu poc ús.

SECCIÓ	COMPONENT	QUANTITAT
Estructura	Cargol M8x20	4
	Taco M8	4
Sistema hidràulic	Oli	2 L

Taula 21: Recanvis recomanats

## C.3 Estudi de seguretat i salut

### C.3.1 En la construcció

#### C.3.1.1 Risc professional

Cal evitar generació de pols, per tant, en el cas que es generés pols cal que es realitzi l'acció en un lloc ben airejat per tal d'evitar problemes respiratoris.

Tenir en compte els possibles cops contra algun element de l'estructura al moment del muntatge.



No endollar la màquina a la corrent fins que estigui completament muntada i s'hagin fet les comprovacions pertinents.

Protegir correctament els borns de la bomba i, en general, tota la part elèctrica per tal d'evitar algun accident.

És d'obligat compliment el seguiment del procés de fabricació i muntatge del banc d'assaig hidràulic.

### **C.3.1.2 Prevenció de riscos**

Al moment de realitzar les soldadures, s'han de portar els elements de seguretat adequats (guants i pantalla especial).

Per la resta d'accions, cal portar els EPIS adequats (ulleres de seguretat i guants).

No es requereix de protecció acústica per la fabricació i muntatge de la màquina.

En tot cas, seguir la Prevenció de riscos del taller on es fabriqui.

### **C.3.2 En l'ús**

És d'obligat compliment el seguiment del manual d'instruccions de la màquina.

No es desmuntarà cap element elèctric ni mecànica per tal d'evitar accidents.

Els canvis de peces i posta en marxa de l'assaig serà realitzada per personal qualificat.

# **ANNEX D:**

# **Exemples de peces dels estudiants**

**Annex D : Exemples de peces dels estudiants**

**D.1 Palanca d'engageda d'una motocicleta de dos temps**

El primer exemple de les peces dels estudiants és el cas d'una palanca d'engageda d'una motocicleta de dos temps. A continuació es mostra una imatge del plànol de la peça.

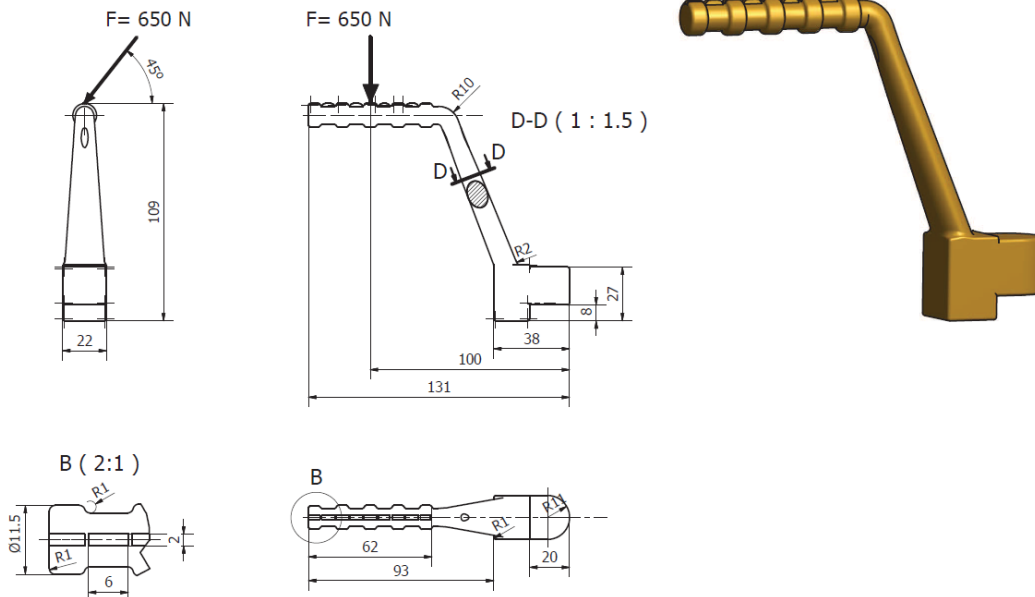


Fig. 59: Palanca d'una motocicleta de dos temps

Els alumnes van considerar que la força aplicada a la palanca és el pes d'una persona jove amb un angle d'incidència de 45°. En un dels extrems està encastada. Al final de cada cicle es crea una força accidental produïda per la força de la persona. En les següents imatges es mostra la variació de la força al llarg d'un cicle.

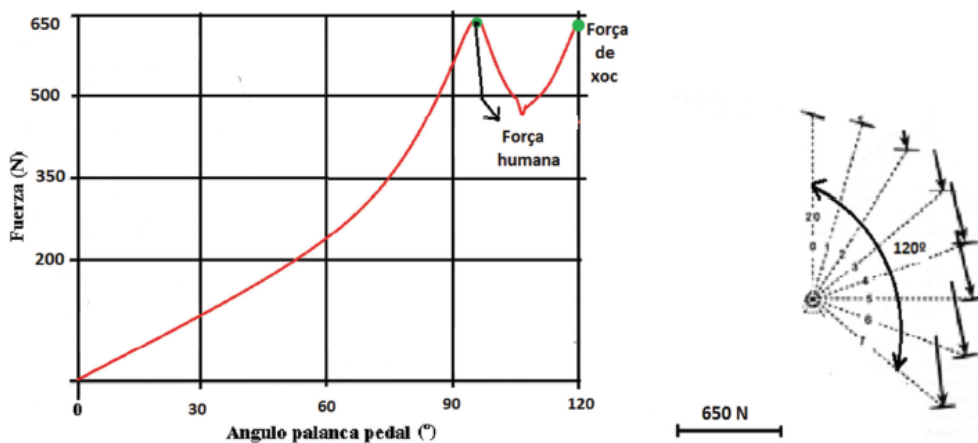


Fig. 60: Variació de la força al llarg d'un cicle

## D.2 Clau en creu

El segon exemple és el cas d'una clau en creu. A continuació se'n mostra una imatge del plànol de la peça.

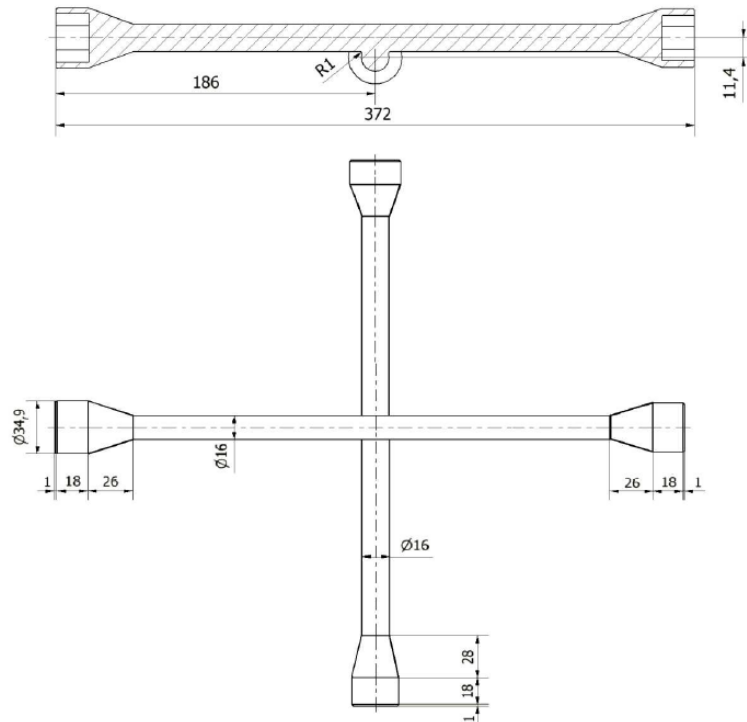


Fig. 61: Clau en creu

Es considera una clau d'ús no habitual per canviar les rodes del cotxe d'incident. Els alumnes van preveure una força màxima d'impacte d'aproximadament 1000 Newtons.

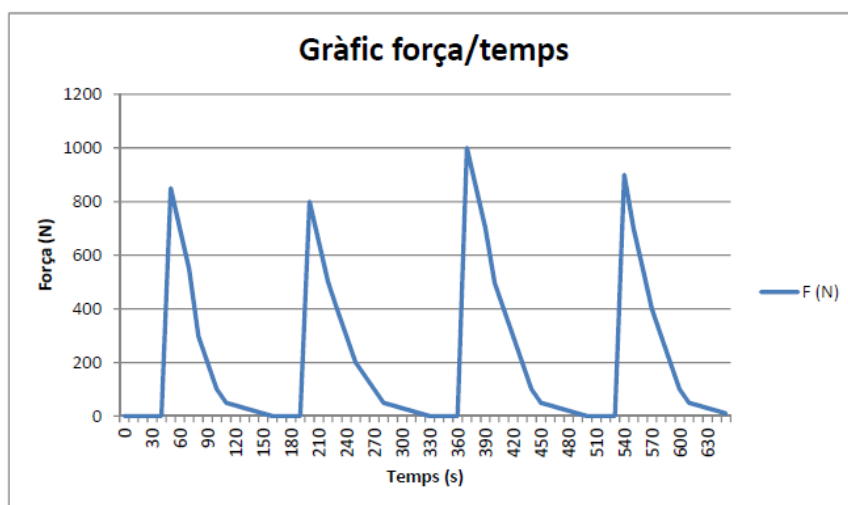


Fig. 62: Gràfic força temps

### D.3 Eina

El tercer exemple és el cas d'una eina per poder descarregar i cargolar els cargols d'una roda d'un cotxe. A continuació se'n mostra la imatge del seu plànol.

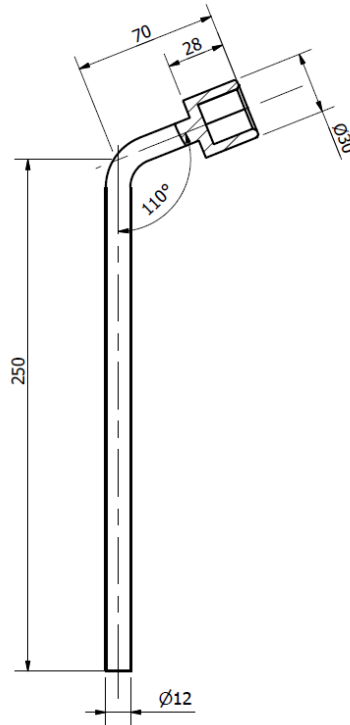


Fig. 63: Eina

Els alumnes van considerar que un cicle de treball equival a descarregar i cargolar els quatre cargols d'una roda. El següent gràfic mostra dos cicles relacionant la força respecte el temps de duració de la força.

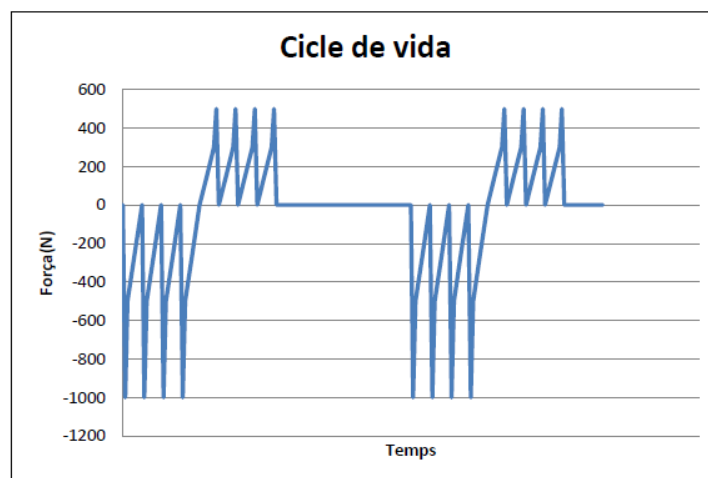


Fig. 64: Cicles de vida

# **ANNEX E: Programa**

**Annex E Programa**

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
LiquidCrystal lcd(12, 5, 4, 3, 2, 0); //Declaració de la pantalla;  
const int PolsadorSelecPin = 8; // Pin Polsador fletxa dreta  
const int PolsadorSelecEqPin = 7; // Pin Polsador fletxa esquerra  
const int PolsadorAccPin = A5; // Pin Polsador acceptar força tant màxima com mínima  
int PolsadorSelec = 0; //Polsador fletxa dreta  
int PolsadorSelecEq = 0; // Polsador fletxa esquerra  
int PolsadorAcc = 0; // Polsador acceptar força tant màxima com mínima  
const int motorVelocitatPin = 9; // Pin bomba  
const int motorDireccioPin = 10; // Pin direcció motor per la lògica del xip del pont  
const int motorDireccioPinB = 13; // Pin direcció motor per la lògica del xip del pont  
const int DetectorPressioValPin = A0; // Pin detector presio valvula proporcional  
const int DetectorPressioBombaPin = A1; // Pin detector presio bomba  
const int ValvulaPresioPin = 11; // Pin de la vàlvula presió  
const int ValvulaDireccionalPin = 6; // Pin de la valvula direccional  
const int FinalCarreraPin = 1; // Pin del final de carrera  
float motorVelocitat = 0; // Variable de la velocitat del motor  
float motorSpeed = 0; // Variable de la velocitat del motor  
int prevPolsadorSelecEstat = 0; // Variable per llegir l'anterior  
int prevPolsadorSelecEq = 0; // Variable per llegir l'anterior  
int indexPolsadorAcc = 0; // Per determinar si s'ha polsat el polsador d'acceptació de la força  
màxima  
int indexPolsadorAcc2 = 0; // Per determinar si s'ha polsat el polsador d'acceptació de la  
força mínima  
int index = 0; // Index per poder llegir a la pantalla LCD els valors de les forces màximes  
int indexEq = 0; // Index per poder llegir a la pantalla LCD els valors de les forces màximes i  
poder tornar enrretra  
int index2 = 0; // Index per poder llegir a la pantalla LCD els valors de les forces mínimes  
int indexEq2 = 0; // Index per poder llegir a la pantalla LCD els valors de les forces mínimes i  
poder tornar enrretra  
int indexAcc = 0; // Index per saber si està accionat el polsador  
int Fmax; // Valor força màxima  
int Fmin; // Valor força mínima  
int presio; //Valor presió màxima
```

```
int presioMin; // Valor presió mínima
int replay; // Variable
int matrix[] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17}; // Declaració de la matriu per
veure les forces a la pantalla LCD
float DetectorPressioVal = 0; // Variable del detector de pressió de la vàlvula
float DetectorPressioValAnalog = 0; // Variable del detector de pressió de la vàlvula en volts
float PrevPressio = 0; // Variable per llegir l'anterior
float ValorValvulaPresio = 0; // Valor de la vàlvula de presió
int assaig = 0;
int indexBaixada = 0;
int indexPujada = 0;
int cicles = 0; // Nombre de cicles finals de l'assaig
int FinalCarrera;

void setup(){
  lcd.begin(16, 2); // Declaració de la pantalla LCD
  pinMode(FinalCarreraPin, INPUT); // Declaració d'entrades i sortides digitals
  pinMode(ValvulaDireccionalPin, OUTPUT);
  pinMode(PolsadorSelecPin, INPUT);
  pinMode(PolsadorSelecEqPin, INPUT);
  pinMode(ValvulaPresioPin, OUTPUT);
  lcd.setCursor(0,0); // (Primera fila columna 0, Segona fila columna 0)
  lcd.print("Select your Fmax"); //Text inicial
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Push <- or ->");
  Serial.begin(9600);
  pinMode(motorVelocitatPin, OUTPUT);
  pinMode(motorDireccioPin, OUTPUT);
  pinMode(motorDireccioPinB, OUTPUT);
}

void loop(){
  digitalWrite(motorDireccioPin, HIGH); // La direcció del motor sempre serà aquesta
  digitalWrite(motorDireccioPinB, LOW);
  while(indexPolsadorAcc == 0 && indexPolsadorAcc2 == 0){ // Selecció de les forces
màximes i mínimes
    PolsadorSelec = digitalRead(PolsadorSelecPin);
```



```
PolsadorAcc = digitalRead(PolsadorAccPin);
if(PolsadorSelec != prevPolsadorSelecEstat && indexPolsadorAcc == 0 &&
indexPolsadorAcc2 == 0){
  if(PolsadorSelec == LOW){ // per veure en pantalla LCD
    replay = matrix[index];
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Select Fmax(N):");
    lcd.setCursor(0, 1);
    switch(replay){

    case 0:
      lcd.print("400N");
      index = 1;
      Fmax=400;
      presio=2;
      break;

    case 1:
      lcd.print("600N");
      Fmax=600;
      index = 2;
      presio=3;
      break;

    case 2:
      lcd.print("800N");
      Fmax=800;
      presio=4;
      index = 3;
      break;

    case 3:
      lcd.print("1000N");
      Fmax=1000;
      presio = 5;
      index = 4;
```

```
break;
```

```
case 4:
```

```
lcd.print("1200N");
```

```
Fmax=1200;
```

```
presio = 6;
```

```
index = 5;
```

```
break;
```

```
case 5:
```

```
lcd.print("1400N");
```

```
Fmax=1400;
```

```
presio = 7;
```

```
index = 6;
```

```
break;
```

```
case 6:
```

```
lcd.print("1600N");
```

```
Fmax=1600;
```

```
presio = 8;
```

```
index = 7;
```

```
break;
```

```
case 7:
```

```
lcd.print("1800N");
```

```
Fmax=1800;
```

```
presio = 9;
```

```
index = 8;
```

```
break;
```

```
case 8:
```

```
lcd.print("2000N");
```

```
Fmax=2000;
```

```
presio = 10;
```

```
index = 9;
```

```
break;
```

```
case 9:  
lcd.print("2200N");  
Fmax=2200;  
presio = 11;  
index = 10;  
break;
```

```
case 10:  
lcd.print("2400N");  
Fmax=2400;  
presio = 12;  
index = 11;  
break;
```

```
case 11:  
lcd.print("2600N");  
Fmax=2600;  
presio = 13;  
index = 12;  
break;
```

```
case 12:  
lcd.print("2800N");  
Fmax=2800;  
presio = 14;  
index = 13;  
break;
```

```
case 13:  
lcd.print("3000N");  
Fmax=3000;  
presio = 15;  
index = 14;  
break;
```

```
case 14:  
lcd.print("3200N");
```

```
Fmax=3200;
presio = 16;
index = 15;
break;

case 15:
lcd.print("3400N");
Fmax=3400;
presio = 17;
index = 16;
break;

case 16:
lcd.print("3600N");
Fmax=3600;
presio = 18;
index = 17;
break;

}
}
indexEq = index;
}

prevPolsadorSelecEstat = PolsadorSelec;
PolsadorSelecEq = digitalRead(PolsadorSelecEqPin);
if(PolsadorSelecEq != prevPolsadorSelecEq && indexPolsadorAcc == 0 && PolsadorSelec
== prevPolsadorSelecEstat){
  if(PolsadorSelecEq == LOW && index >= 1 && indexEq >= 2){
    indexEq = indexEq - 2;
    replay = matrix[indexEq];
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Select Fmax(N):");
    lcd.setCursor(0, 1);
    switch(replay){
```

```
case 0:  
lcd.print("400N");  
indexEq = 1;  
Fmax=400;  
presio=2;  
break;  
  
case 1:  
lcd.print("600N");  
Fmax=600;  
indexEq = 2;  
presio=3;  
break;  
  
case 2:  
lcd.print("800N");  
Fmax=800;  
presio=4;  
indexEq = 3;  
break;  
  
case 3:  
lcd.print("1000N");  
Fmax=1000;  
presio = 5;  
indexEq = 4;  
break;  
  
case 4:  
lcd.print("1200N");  
Fmax=1200;  
presio = 6;  
indexEq = 5;  
break;  
  
case 5:  
lcd.print("1400N");
```

```
Fmax=1400;  
presio = 7;  
indexEq = 6;  
break;
```

```
case 6:  
lcd.print("1600N");  
Fmax=1600;  
presio = 8;  
indexEq = 7;  
break;
```

```
case 7:  
lcd.print("1800N");  
Fmax=1800;  
presio = 9;  
indexEq = 8;  
break;
```

```
case 8:  
lcd.print("2000N");  
Fmax=2000;  
presio = 10;  
indexEq = 9;  
break;
```

```
case 9:  
lcd.print("2200N");  
Fmax=2200;  
presio = 11;  
indexEq = 10;  
break;
```

```
case 10:  
lcd.print("2400N");  
Fmax=2400;  
presio = 12;
```

```
indexEq = 11;  
break;
```

```
case 11:  
lcd.print("2600N");  
Fmax=2600;  
presio = 13;  
indexEq = 12;  
break;
```

```
case 12:  
lcd.print("2800N");  
Fmax=2800;  
presio = 14;  
indexEq = 13;  
break;
```

```
case 13:  
lcd.print("3000N");  
Fmax=3000;  
presio = 15;  
indexEq = 14;  
break;
```

```
case 14:  
lcd.print("3200N");  
Fmax=3200;  
presio = 16;  
indexEq = 15;  
break;
```

```
case 15:  
lcd.print("3400N");  
Fmax=3400;  
presio = 17;  
indexEq = 16;  
break;
```

```
    case 16:
    lcd.print("3600N");
    Fmax=3600;
    presio = 18;
    indexEq = 17;
    break;

}
}
index = indexEq;
}
if(PolsadorSelec != prevPolsadorSelecEstat && indexPolsadorAcc2 == 0 &&
indexPolsadorAcc == 1){
    if(PolsadorSelec == LOW){
        replay = matrix[index2];
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Select Fmin(N):");
        lcd.setCursor(0, 1);
        switch(replay){

    case 0:
    lcd.print("400N");
    index2 = 1;
    Fmin=400;
    presioMin=2;
    break;

    case 1:
    lcd.print("600N");
    Fmin=600;
    index2 = 2;
    presioMin=3;
    break;
```



```
case 2:  
lcd.print("800N");  
Fmin=800;  
presioMin=4;  
index2 = 3;  
break;
```

```
case 3:  
lcd.print("1000N");  
Fmin=1000;  
presioMin = 5;  
index2 = 4;  
break;
```

```
case 4:  
lcd.print("1200N");  
Fmin=1200;  
presioMin = 6;  
index2 = 5;  
break;
```

```
case 5:  
lcd.print("1400N");  
Fmin=1400;  
presioMin = 7;  
index2 = 6;  
break;
```

```
case 6:  
lcd.print("1600N");  
Fmin=1600;  
presioMin = 8;  
index2 = 7;  
break;
```

```
case 7:  
lcd.print("1800N");
```

```
Fmin=1800;  
presioMin = 9;  
index2 = 8;  
break;
```

```
case 8:  
lcd.print("2000N");  
Fmin=2000;  
presioMin = 10;  
index2 = 9;  
break;
```

```
case 9:  
lcd.print("2200N");  
Fmin=2200;  
presioMin = 11;  
index2 = 10;  
break;
```

```
case 10:  
lcd.print("2400N");  
Fmin=2400;  
presioMin = 12;  
index2 = 11;  
break;
```

```
case 11:  
lcd.print("2600N");  
Fmin=2600;  
presioMin = 13;  
index2 = 12;  
break;
```

```
case 12:  
lcd.print("2800N");  
Fmin=2800;  
presioMin = 14;
```

```
index2 = 13;
break;

case 13:
lcd.print("3000N");
Fmin=3000;
presioMin = 15;
index2 = 14;
break;

case 14:
lcd.print("3200N");
Fmin=3200;
presioMin = 16;
index2 = 15;
break;

case 15:
lcd.print("3400N");
Fmin=3400;
presioMin = 17;
index2 = 16;
break;

case 16:
lcd.print("3600N");
Fmin=3600;
presioMin = 18;
index2 = 17;
break;

}
}
indexEq2 = index2;
}
prevPolsadorSelecEstat = PolsadorSelec;
PolsadorSelecEq = digitalRead(PolsadorSelecEqPin);
```

```
if(PolsadorSelecEq != prevPolsadorSelecEq && indexPolsadorAcc == 1 &&
indexPolsadorAcc2 == 0 && PolsadorSelec == prevPolsadorSelecEstat){
    if(PolsadorSelecEq == LOW && index2 >= 1 && indexEq2 >= 2){
        indexEq2 = indexEq2 - 2;
        replay = matrix[indexEq2];
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Select Fmin(N):");
        lcd.setCursor(0, 1);
        switch(replay){

            case 0:
                lcd.print("400N");
                indexEq2 = 1;
                Fmin=400;
                presioMin=2;
                break;

            case 1:
                lcd.print("600N");
                Fmin=600;
                indexEq2 = 2;
                presioMin=3;
                break;

            case 2:
                lcd.print("800N");
                Fmin=800;
                presioMin=4;
                indexEq2 = 3;
                break;

            case 3:
                lcd.print("1000N");
                Fmin=1000;
                presioMin = 5;
                indexEq2 = 4;
```

```
break;
```

```
case 4:
```

```
lcd.print("1200N");
```

```
Fmin=1200;
```

```
presioMin = 6;
```

```
indexEq2 = 5;
```

```
break;
```

```
case 5:
```

```
lcd.print("1400N");
```

```
Fmin=1400;
```

```
presioMin = 7;
```

```
indexEq2 = 6;
```

```
break;
```

```
case 6:
```

```
lcd.print("1600N");
```

```
Fmin=1600;
```

```
presioMin = 8;
```

```
indexEq2 = 7;
```

```
break;
```

```
case 7:
```

```
lcd.print("1800N");
```

```
Fmin=1800;
```

```
presioMin = 9;
```

```
indexEq2 = 8;
```

```
break;
```

```
case 8:
```

```
lcd.print("2000N");
```

```
Fmin=2000;
```

```
presioMin = 10;
```

```
indexEq2 = 9;
```

```
break;
```

```
case 9:  
lcd.print("2200N");  
Fmin=2200;  
presioMin = 11;  
indexEq2 = 10;  
break;
```

```
case 10:  
lcd.print("2400N");  
Fmin=2400;  
presioMin = 12;  
indexEq2 = 11;  
break;
```

```
case 11:  
lcd.print("2600N");  
Fmin=2600;  
presioMin = 13;  
indexEq2 = 12;  
break;
```

```
case 12:  
lcd.print("2800N");  
Fmin=2800;  
presioMin = 14;  
indexEq2 = 13;  
break;
```

```
case 13:  
lcd.print("3000N");  
Fmin=3000;  
presioMin = 15;  
indexEq2 = 14;  
break;
```

```
case 14:  
lcd.print("3200N");
```

```
Fmin=3200;
presioMin = 16;
indexEq2 = 15;
break;

case 15:
lcd.print("3400N");
Fmin=3400;
presioMin = 17;
indexEq2 = 16;
break;

case 16:
lcd.print("3600N");
Fmin=3600;
presioMin = 18;
indexEq2 = 17;
break;
}
}
prevPolsadorSelecEq = PolsadorSelecEq;
}
if(PolsadorAcc != 0){ // per acceptar força
  indexPolsadorAcc = 1;
  indexAcc = 1;
}
if(PolsadorAcc != 0 && indexAcc == 1){
  indexPolsadorAcc2 = 1;
}
}
while(indexPolsadorAcc == 1 && indexPolsadorAcc2 == 1){
  motorSpeed = map(presio, 0, 172, 0, 255); // engegada del motor a la pressió que toca
  motorVelocitat = motorSpeed;
  analogWrite(motorVelocitatPin, motorVelocitat);
  while(assaig == 0){ // durant l'assaig
    FinalCarrera =digitalRead(FinalCarreraPin);
```

```
    DetectorPressioVal = analogRead(DetectorPressioValPin);
DetectorPressioValAnalog = map(DetectorPressioVal, 0, 5, 0.2, 20);
    while(presio >= DetectorPressioValAnalog-1){
        DetectorPressioVal = analogRead(DetectorPressioValPin);
DetectorPressioValAnalog = map(DetectorPressioVal, 0, 5, 0.2, 20);
        ValorValvulaPresio = ValorValvulaPresio + 0.5;
        analogWrite(ValvulaPresioPin, ValorValvulaPresio);
        analogWrite(ValvulaDireccionalPin, 5);
        indexPujada = 1;
        delay(200);
    }
    while(presioMin <= DetectorPressioValAnalog+1){
        DetectorPressioVal = analogRead(DetectorPressioValPin);
DetectorPressioValAnalog = map(DetectorPressioVal, 0, 5, 0.2, 20);
        ValorValvulaPresio = ValorValvulaPresio - 0.5;
        analogWrite(ValvulaPresioPin, ValorValvulaPresio);
        analogWrite(ValvulaDireccionalPin, 0);
        indexBaixada = 1;
        delay(200);
    }
    if(FinalCarrera == HIGH){
        assaig = 1;
    }
    if(indexBaixada == 1 && indexPujada == 1){
        indexBaixada = 0;
        indexPujada = 0;
        cicles = cicles + 1;
    }
}
}
}
if(assaig == 1){
Serial.print("El número de cicles ha estat: ");
Serial.println(cicles);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Assaig finalitzat");
lcd.setCursor(0, 1);
```



```
lcd.print("Monitor Serial");  
}  
}
```