

## RESUM

Aquest projecte neix a partir de la necessitat que li sorgeix a l'empresa *J.Juan Brake Systems* de crear un banc d'assaig per tal de verificar i homologar a nivell estructural el disseny d'un conjunt determinat dels seus productes, els quals constitueixen una part del sistema de fre hidràulic d'una motocicleta.

El banc en qüestió ha de permetre realitzar i avaluar la resistència elàstica de la lleva d'accionament de la bomba de mà de fre o d'embragatge, la resistència mecànica del recolzament de les pastilles marxa enrere, la resistència dels suports de les pinces davant el parell màxim de frenada i la compressibilitat de les pastilles de fre d'acord amb la normativa d'assaig de l'empresa.

Els elements que componen el banc són: l'actuador, la bancada, el suport de la bancada, la cabina de protecció i els utilitatges.

Per determinar el tipus d'actuador es fa una recerca i una comparació dels diversos tipus existents avui en dia en el mercat. Un cop escollit el que millor s'ajusta a les necessitats, es determina el seu rang mitjançant el càlcul de la força a aplicar tenint en compte l'assaig més restrictiu. Tot seguit, es dissenya la bancada amb el seu suport i la bateria d'utilitatges necessaris. Per tal de garantir la seguretat dels operaris i la resta de l'entorn, es crea una cabina de seguretat.

Finalment es fa un estudi de costos per elaborar el pressupost, una planificació de les fases del projecte i un estudi de l'impacte ambiental per avaluar els efectes que genera al medi ambient un cop finalitza la seva vida útil.

El banc descrit es pot veure en funcionament, físicament, al laboratori d'assaigs de la companyia on s'ha realitzat les pràctiques.



# TAULA DE CONTINGUTS

## Memòria

RESUM.....	1
TAULA DE CONTINGUTS .....	3
INTRODUCCIÓ .....	7
<b>1. INTRODUCCIÓ A LA FRENADA .....</b>	<b>9</b>
1.1. COMPONENTS DEL SISTEMA DE FRE HIDRÀULIC DE LA MOTOCICLETA.....	9
1.2. COMPONENTS DEL SISTEMA HIDRÀULIC A ASSAJAR .....	10
1.2.1. <i>La lleva d'accionament</i> .....	10
1.2.2. <i>El suport de la pinça de fre</i> .....	12
1.2.3. <i>Les pastilles de fre</i> .....	13
<b>2. ESPECIFICACIONS BÀSIQUES.....</b>	<b>15</b>
2.1. NORMES D'ASSAIG .....	15
2.2. TIPUS D'ASSAIG SEGONS ELS COMPONENTS .....	15
2.2.1. <i>Lleva d'accionament</i> .....	15
2.2.2. <i>Suport pinça de fre</i> .....	16
2.2.3. <i>Pastilles de fre</i> .....	19
2.3. REQUERIMENTS DEL BANC I ESTRUCTURA BÀSICA .....	20
2.3.1. <i>Tipus de requeriments</i> .....	20
2.3.2. <i>Estructura bàsica</i> .....	21
<b>3. ACTUADOR I TIPUS .....</b>	<b>22</b>
3.1. ELECCIÓ DEL TIPUS D'ACTUADOR .....	22
3.1.1. <i>Actuador electromecànic</i> .....	23
3.1.2. <i>Servo actuador</i> .....	23
3.2. CÈL·LULA DE CÀRREGA.....	24
3.3. UNITAT DE CONTROL.....	26
<b>4. DISSENY MECÀNIC DEL BANC .....</b>	<b>27</b>
4.1. BANCADA .....	27
4.1.1. <i>Base superior</i> .....	27
4.1.2. <i>Perfil ala</i> .....	27
4.1.3. <i>Base inferior</i> .....	28
4.2. BASE CENTRADORA I GUIES.....	28
4.3. SUPORT BANCADA .....	29
4.4. UTILLATGES.....	29

4.4.1.	<i>Utiltatges assaig lleva d'accionament</i> .....	30
4.4.2.	<i>Utiltatges assaig suport pinça de fre</i> .....	30
4.4.3.	<i>Utiltatge assaig compressió pastilles</i> .....	31
<b>5.</b>	<b>ESTUDI ECONÒMIC</b> .....	<b>32</b>
5.1.	ESTUDI DELS COSTOS DEL PROJECTE .....	32
5.1.1.	<i>Cost del disseny</i> .....	32
5.1.2.	<i>Cost del material</i> .....	33
<b>6.</b>	<b>IMPACTE AMBIENTAL</b> .....	<b>37</b>
6.1.	MATERIALS UTILITZATS.....	37
6.2.	ENERGIA UTILITZADA .....	38
6.3.	RECICLATGE DELS RESIDUS GENERATS.....	38
<b>7.</b>	<b>NORMATIVA</b> .....	<b>39</b>
7.1.	NORMES ARMONITZADES EUROPEES .....	39
7.2.	LEGISLACIÓ SOBRE SEGURETAT EN MÀQUINES .....	40
7.3.	LEGISLACIÓ A NIVELL EUROPEU.....	41
<b>8.</b>	<b>PLANIFICACIÓ</b> .....	<b>42</b>
	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>43</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>44</b>





# INTRODUCCIÓ

En les últimes dècades les motocicletes han experimentat una constant evolució per diverses circumstàncies: socials, mediambientals, econòmiques, tecnològiques i de seguretat. Tots els components que formen aquest vehicle, des dels més petits e insignificants però de molta importància per a la seguretat dels usuaris i vianants, com els frens, han d'acomplir uns estàndards de seguretat i durabilitat per obtenir un bon rendiment. Per a poder aconseguir aquestes fites, les empreses tenen de fer una important inversió econòmica, a fi d'obtenir un producte de qualitat i competitiu en el mercat mundial.

## Justificació

La necessitat de poder validar les pinces de fre que fabrica l'empresa J.Juan fa que aquesta valori que li és més convenient: construir un banc d'assaig o subcontractar els assaigs a una empresa externa.

Realitzat un estudi de viabilitat de cadascuna de les alternatives s'ha cregut convenient que l'opció més rentable és la construcció del banc d'assaig.

## Objectiu

L'objectiu del projecte és el disseny mecànic d'un banc d'assaig per avaluar la resistència estructural de bona part dels components del sistema de fre hidràulic d'una motocicleta mitjançant un actuator electromecànic.

El banc haurà de ser capaç de generar una força màxima de 27 kN, simulant la força tangencial màxima que rep la pinça en una frenada. Tant mateix haurà de funcionar a un règim de freqüències d'1 a 5 Hz per a poder realitzar l'assaig de fatiga mecànica.

## Abast

Elaborar les normes segons els requisits que té d'acomplir i efectuar els càlculs i el disseny del banc d'assaig.

Analitzar les normes d'assaig de l'empresa per extreure'n els requisits per fer els càlculs i el disseny del banc d'assaig.

Queden fora de l'abast d'aquest projecte la verificació i la realització dels posteriors assaigs i la elaboració del manual operatiu.



# 1. INTRODUCCIÓ A LA FRENADA

El sistema de frens és un mecanisme que converteix l'energia cinètica del vehicle en energia calorífica. Existeixen dos grans tipus de frens, els de tambor i els de disc.

En les motocicletes d'avui en dia, la immensa majoria utilitza frens de disc tot i que en alguns models de baix cost o de baixa cilindrada es pot donar el cas que utilitzin frens de tambor en l'eix posterior.

## 1.1. Components del sistema de fre hidràulic de la motocicleta



**Fig. 1.1.1.** Il·lustració d'una motocicleta amb els components del sistema de fre hidràulic.

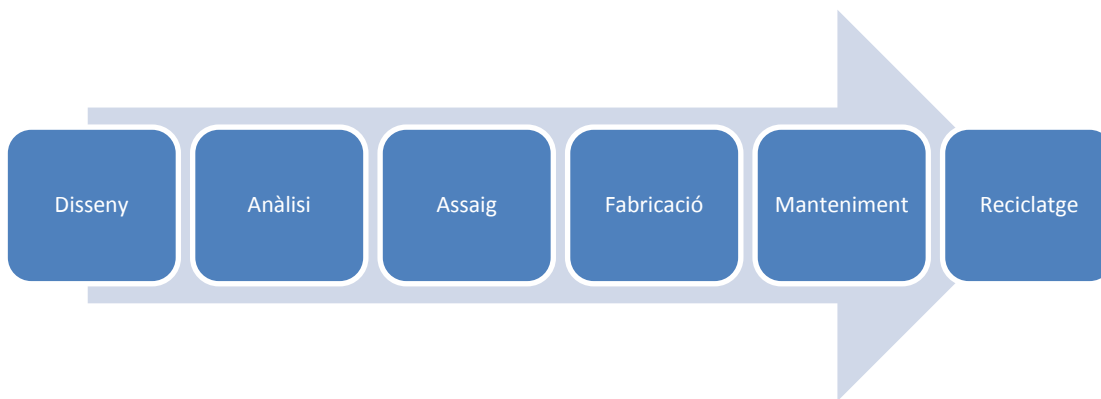
Els principals components que formen part del sistema de fre hidràulic són la pinça de fre, la bomba, el tub hidràulic, el disc, les pastilles i el líquid de fre.

El procés de frenada comença amb l'accionament de la lleva o el pedal mitjançant la mà o el peu indistintament. Aquest moviment fa que es desplaci el pistó contingut a l'interior de la camisa de la bomba hidràulica comprimint el líquid de frens. Aquest com que és incompressible es transmet fins la pinça a través del tub hidràulic. Finalment, els pistons de la pinça seran els encarregats d'empènyer les pastilles contra el disc. A part d'aquests components, també hi ha motocicletes que poden

incorporar els següents sistemes d'ajuda en la frenada: el CBS (Combined Brake System) i el ABS (Antilock Brake System).

## 1.2. Components del sistema hidràulic a assajar

Dins el cicle de vida d'un producte, existeix una fase molt important anomenada assaig. En ella es verifica que es compleixin tots els requeriments pels quals ha estat dissenyat el producte abans de la seva fabricació en sèrie.



Per realitzar aquesta tasca, l'empresa J.juan disposa d'un laboratori equipat en diversos bancs d'assaig la qual cosa li permet assajar bona part dels components del sistema de fre hidràulic anteriorment citats. En aquest cas però, sorgeix la necessitat de dissenyar un nou banc per garantir la qualitat i el correcte funcionament dels següents components:

### 1.2.1. La leva d'accionament

Forma part de la bomba hidràulica de fre o d'embragatge i està elaborada amb alumini. El seu procés de fabricació és a través d'injecció o per estampació en calent. Aquest últim mètode li dona més robustesa que en cas de caiguda fa que no es trenqui sinó que es doblegui, l'inconvenient és que es més car.



**Fig. 1.2.1.** Exemple de lleves d'accionament.

La seva funció principal es transmetre l'esforç generat per la mà del conductor al pistó interior de la bomba mitjançant el contacte directe o a través d'un element secundari. La gama de models dels quals disposa actualment l'empresa són els següents:



**Fig. 1.2.2.** Lleves d'accionament de què disposa l'empresa.

Tot i ser diferents però, presenten les següents similituds:

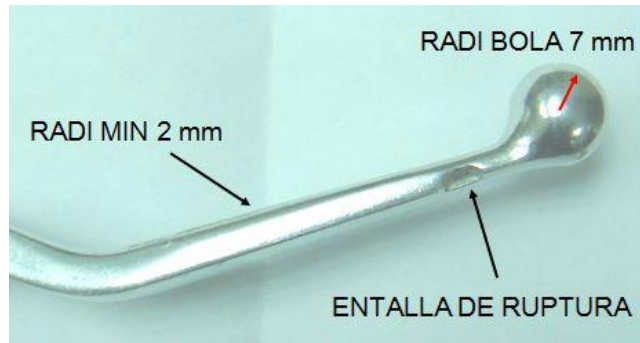


Fig. 1.2.3. Parts de la lleva d'accionament que són similars entre les diferents lleves.

### 1.2.2. El suport de la pinça de fre



Fig. 1.2.4. Pincas de fre.

La seva funció principal és fixar la pinça de fre a la motocicleta i posicionar les pastilles per al seu correcte funcionament. En el cas de les pincas flotants, aquests poder ser d'alumini o de xapa d'acer.



Les pincas fixes no tenen suports ja que es munten directament sobre la forquilla.

Fig. 1.2.5. Exemples del tipus de pincas de fre.

### 1.2.3. Les pastilles de fre

La seva funció principal es transformar l'energia cinètica del vehicle en energia calorífica mitjançant l'opressió del material de fricció que incorporen sobre la superfície del disc.

Els seus components principals són: el substrat, el material de fricció, el suport metàl·lic i la xapa anti-vibració i soroll.

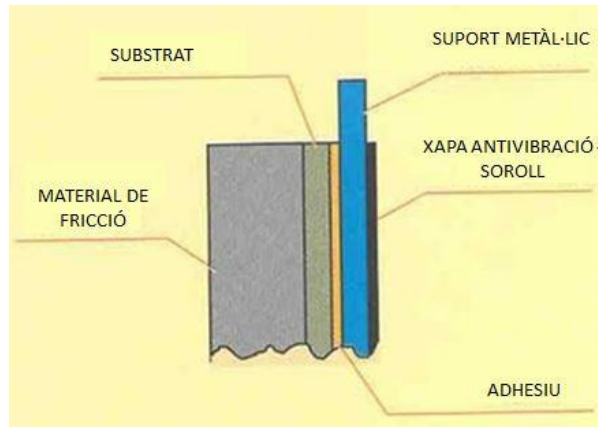


Fig. 1.2.6. Parts de les pastilles de fre.

Existeixen dos tipus diferents: les pastilles orgàniques i les sinteritzades.

Les pastilles orgàniques contenen fibres metàl·liques, principalment alumini i llautó, premsades i enganxades mitjançant resines sobre el suport metàl·lic. El coeficient de fricció varia sensiblement al augmentar la temperatura i la velocitat de treball.



Fig. 1.2.7. Exemples de pastilles orgàniques.

Les pastilles sinteritzades presenten un cost més elevat respecte les pastilles orgàniques (al voltant d'unes tres vegades) però asseguren millors prestacions a elevades temperatures i en mullat. Estan constituïdes per sinterització d'una mescla de pols que engloba varis metalls com ara el coure, el

bronze, el ferro, materials ceràmics i grafit sobre un suport de metall recobert amb coure. El coure a altes temperatures es fon de manera que fixa el material de fricció al suport.



**Fig. 1.2.8.** Exemples de les pastilles sinteritzades.

## 2. ESPECIFICACIONS BÀSIQUES

Les especificacions bàsiques del banc venen determinades pel tipus de component a assajar, ja citats en l'apartat 1 i pels paràmetres en que s'ha de realitzar l'assaig. Aquests últims es troben recollits en el conjunt de normes d'assaig de l'empresa.

### 2.1. Normes d'assaig

Les normes d'assaig formen part de la propietat intel·lectual de cada fabricant. Amb elles es marca la pauta per a la validació dels components perquè els assaigs sempre es facin de la mateixa manera. Contenen informació sobre els paràmetres, la metodologia a seguir i els criteris de verificació perquè es dugui a terme correctament.

A continuació es detalla en que consisteixen els diferents tipus d'assaig que s'han de dur a terme en el banc segons el tipus de component.

### 2.2. Tipus d'assaig segons els components

#### 2.2.1. Lleva d'accionament

##### 2.2.1.1. Resistència elàstica

**Definició:** S'avalua l'elasticitat de la lleva en la seva posició de funcionament

**Metodologia:**

1. Es col·loca la lleva en el corresponent utilatge restringint el seu moviment.
2. S'aplica una força  $F_2$  de valor calculat a partir de la següent equació  $F_2 = F_1 \cdot (d_2 - 50) / d_2$  (EQ. 3.1) segons figura adjunta. El valor de  $F_1$  es la resultant d'aplicar 40 kp (kilogram-força) a 50 mm de la bola.

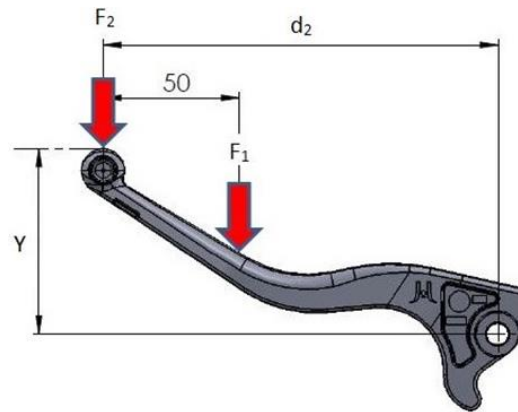


Fig. 2.1.1. Esquema de les forces d'assaig resistència elàstica

**Criteris d'acceptació:** Després d'aplicar la força  $F_2$  la lleva ha de recuperar la seva posició inicial sense cap tipus de deformació.

## 2.2.2. Suport pinça de fre

### 2.2.2.1. Resistència del recolzament de les pastilles marxa enrere

**Definició:** S'avalua la resistència de la superfície de recolzament de les pastilles sobre l'eix o zona de suport de la pinça.

#### Metodologia:

1. Es fixa la pinça al banc d'assaig segons el parell de collament indicat a la documentació tècnica.
2. S'aplica una força tangencial de  $7\text{kN} = 700\text{ Kg}$ . L'aplicació de la força serà de forma gradual fins arribar al 50% , després s'augmentarà fins assolir el valor final. Un cop assolit aquest valor, es mantindrà durant 10 segons i s'alliberarà.
3. Es realitzarà l'assaig amb pastilles noves i pastilles gastades.

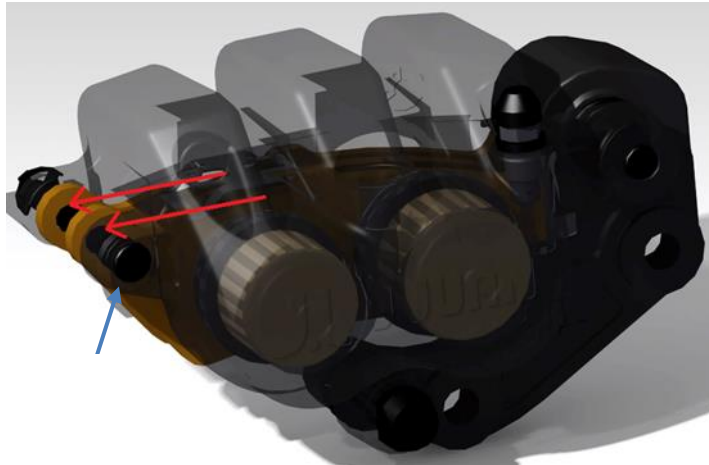


Fig. 2.2.2. Detall de la força tangencial i punt de recolzament de les pastilles marxa enrere

**Criteris d'acceptació:** No es permet la ruptura ni la deformació plàstica de l'eix ni cap dany d'algun altre component.

### 2.2.2.2. Resistència davant el parell de frenada màxim

**Definició:** S'avalua el comportament i la resistència de la fixació de la pinça juntament amb la superfície de recolzament de les pastilles davant l'acció de la força tangencial màxima en el sentit d'avanç de la motocicleta.

#### Metodologia:

1. Es fixa la pinça al banc d'assaig segons el parell de collament indicat a la documentació tècnica.
2. Es calcula la força tangencial màxima segons l'equació:

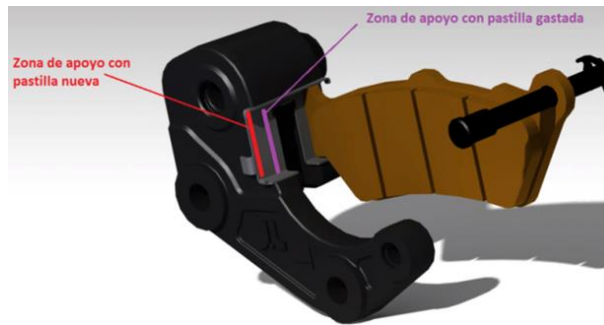
$$F_p = n \cdot p \cdot A_{cp} \cdot \mu \cdot 2 \cdot z \cdot C_f \quad (\text{EQ. 3.2})$$

on:

- $F_p$ : Força tangencial màxima
- $n$ : Número de pistons alineats en un costat de la pinça
- $p$ : Pressió d'assaig = 70 bar
- $A_{cp}$ : Area de 1 pistó. En cas que siguin de diferent variable, es fa la mitja.
- $\mu$ : Coeficient de fricció de les pastilles = 0.7
- $z$ : Número de discos de fre del sistema = 1
- $C_f$ : Coeficient de seguretat = 1.5

3. S'aplica la força tangencial calculada en el punt 2. L'aplicació de la força serà de forma gradual fins arribar al 50% , després s'augmentarà fins assolir el valor final. Un cop assolit aquest valor, es mantindrà durant 10 segons i s'alliberarà.

4. Es realitzarà l'assaig amb pastilles noves i pastilles gastades.



**Fig. 2.2.3.** Recolzament de les pastilles noves i gastades en el suport d'una pinça flotant



**Fig. 2.2.4.** Recolzament de les pastilles en una pinça fixa

**Criteris d'acceptació:** No es permet la ruptura ni la deformació plàstica de l'eix ni cap dany d'algun altre component.

### 2.2.2.3. Fatiga mecànica suport pinça

**Definició:** S'avalua la resistència a durabilitat de la força tangencial en les pinces fixes o flotants.

**Metodologia:** Per pinces de fre davanteres es calcula la força tangencial màxima per una pressió de 30 bar segons l'(EQ.3.2) citada a l'assaig de resistència al parell de frenada màxim.

Per pinces de fre posteriors es calcula la força tangencial màxima per una pressió de 20 bar.

El nombre d'aplicacions serà de 200.000 actuacions a una freqüència entre 1-5 Hz.

**Criteris d'acceptació:** No es permet la ruptura ni la deformació plàstica de l'eix ni cap dany d'algun altre component.

## 2.2.3. Pastilles de fre

### 2.2.3.1. Compressibilitat

**Definició:** S'avalua la resistència del material de fricció davant un esforç de compressió de 8MPa en la direcció i sentit que mostra la figura 2.2.5.

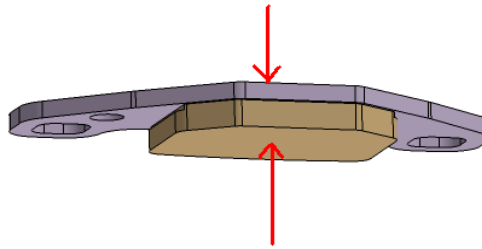


Fig. 2.2.5. Direcció i sentit de les forces de compressió

**Metodologia:** 1. Es marca sobre la superfície de fricció 5 o 6 punts depenent de la geometria i es mesura l'espessor amb un micròmetre del conjunt format pel material de fricció més el suport metàl·lic. La col·locació d'aquests punts ve determinada segons la figura 2.2.6.

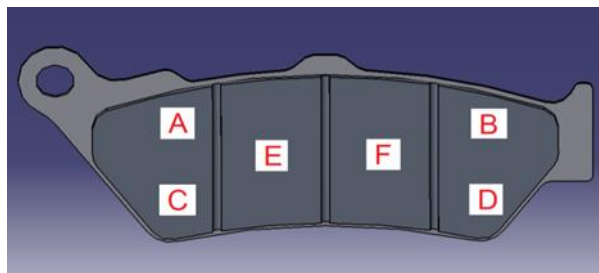


Fig. 2.2.6. Col·locació dels punts a mesurar

2. Es procedeix al muntatge de la pastilla en l'utilatge de manera que la cara de la superfície del material de fricció queda en la part inferior.

3. Es col·loquen els pistons que porta en el muntatge de la pinça al damunt i es procedeix a la compressió tot enregistrant les dades en la gràfica d'esforç-deformació. Repetir aquesta última acció dos vegades més. La velocitat de compressió no serà superior a 15 mm/min.

4. Un cop realitzades les compressions, es retira la pastilla i es procedeix de nou a la mesura dels punts esmentats al punt 1.

**Criteris d'acceptació:** No hi pot haver desprendiment o ruptura parcial en el material de fricció. Les pastilles han de quedar en perfecte estat i han de ser funcionals després de la compressió.

La deformació plàstica per compressió del material de fricció no pot excedir del 2% respecte l'espessor inicial segons les mesures preses en el punt 1.

## 2.3. Requeriments del banc i estructura bàsica

Per tal de dissenyar el banc d'assaig que millor satisfaci les necessitats, s'ha de tenir en compte tota una sèrie de requeriments que l'empresa vol que es compleixin. Aquests no només faciliten la definició de la solució, sinó que també permeten plantejar l'estructura bàsica, és a dir, els elements que el formaran.

### 2.3.1. Tipus de requeriments

**Emplaçament:** El banc d'assaig ha d'anar situat al laboratori dins la sala aïllada acústicament entre la columna de vibració i el banc de durabilitat de tubs hidràulics en un espai de dimensions 2.50m d'alçada, 1.10m d'amplada i 2.10m de profunditat.

**Estètica:** Ha de tenir la mateixa tonalitat cromàtica que l'entorn on se situa.

**Seguretat:** Ha de disposar d'elements de seguretat actius i passius que garanteixin la integritat física dels operaris.

**Mecànic:** L'element que proporcionarà la força pels assaigs ha de ser un actuator el qual garanteixi una força mínima de 27 kN.

**Ús:** Ha de presentar una interfase amigable per l'operari de manera que aquest pugui definir els paràmetres bàsic de l'assaig sense cap problema.

**Funcional:** Ha d'incorporar un sistema d'enregistrament i gestió de dades per tractar els valors obtinguts en els assaigs .

**Disseny:** No ha de ser complex i ha de presentar el mínim nombre de components possibles. Ha d'aportar un valor afegit i una aparença atractiva per poder mostrar-l'ho en les visites dels clients.

**Normativa:** Ha de complir la legislació vigent.

**Ergonomia:** Ha de respectar les alçades de treball de manera que sigui còmode per l'operari ja que aquest treballarà estan de peu.

### 2.3.2. Estructura bàsica

A partir dels requeriments citats en l'apartat anterior i de les pròpies normes d'assaig es defineixen els elements que compondran el banc.

Així doncs, el banc consta de 7 elements bàsics, els quals són:

1. Actuador
2. Cèl·lula de càrrega
3. Protecció de seguretat
4. Bancada
5. Utillatges
6. Suport de la bancada
7. Sistema de control i enregistrament de dades

La funció de cada element és la següent:

*Actuador:* És l'encarregat d'executar la força i el moviment d'assaig.

*Cèl·lula de càrrega:* Mesura la força generada per l'actuador sobre les peces a assajar.

*Protecció de seguretat:* Ha de garantir la integritat física de l'operari i evita que surtin trossos de material projectats en cas de ruptura de les peces, els quals podrien generar danys materials.

*Bancada:* És l'element on van fixats la resta de components del banc.

*Utillatges:* S'ocupen de la fixació i la correcta disposició de les peces perquè es puguin dur a terme els assaigs.

*Suport de la bancada:* Aguanta el pes del banc i garanteix l'alçada correcta de treball. També amorteix les possibles vibracions que hi pugui haver mentre dura l'assaig.

*Sistema de control i enregistrament de dades:* Controla els moviments de l'actuador i permet emmagatzemar i gestionar els valors obtinguts durant l'assaig.

## 3. ACTUADOR I TIPUS

### 3.1. Elecció del tipus d'actuador

Un cop analitzats els requeriments, el primer pas abans de començar el disseny es trobar l'actuador que s'encarregarà de proporcionar la força necessària per tal de realitzar els diferents assaigs. El seu rang de magnitud vindrà definit per les condicions d'assaig més restrictives, en aquest cas, segons l'annex () ha de permetre assolir una força de 27 kN, valor el qual correspon a la força tangencial màxima de la pinça radial de dos pistons en l'assaig de resistència davant el parell màxim de frenada.

En el mercat podem trobar varis tipus d'actuadors, però entre ells destaquen els pneumàtics, els hidràulics i elèctrics on la principal diferència és el tipus d'energia que utilitzen per generar el moviment mecànic.

Per saber quin s'ajusta millor a les necessitats, s'elabora la següent taula on es mostren els avantatges i els inconvenients de cadascun d'ells.

TIPUS D'ACTUADORS	PNEUMÀTIC	HIDRÀULIC	ELÈCTRIC
ENERGIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aire a pressió (5-10 bar)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oli mineral (50-100 bar)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrent elèctrica</li> </ul>
VARIANTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cilindres</li> <li>Motor de paletes</li> <li>Motor de pistons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cilindres</li> <li>Motor de paletes</li> <li>Motor de pistons axials</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrent continua</li> <li>Corrent alterna</li> <li>Motor pas a pas</li> </ul>
AVANTATGES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Barats</li> <li>Ràpids</li> <li>Senzills</li> <li>Robustos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ràpids</li> <li>Alta relació potència-pes</li> <li>Autolubricants</li> <li>Alta capacitat de carga</li> <li>Estabilitat davant cargues estàtiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precisos</li> <li>Fiablers</li> <li>Fàcil control</li> <li>Instal·lació senzilla</li> <li>Silenciosos</li> <li>Poc manteniment</li> </ul>
DESavantatGES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dificultat de control continu</li> <li>Instal·lació especial (compressor, filtres...)</li> <li>Sorollosos</li> <li>Poc precisos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difícil manteniment</li> <li>Instal·lació especial (filtres, eliminació d'aire)</li> <li>Fugues freqüents</li> <li>Cost elevat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencia limitada</li> </ul>

Taula 3.1.1. Comparativa dels avantatges i desavantatges dels diferents tipus d'actuadors

Es descarta l'actuador neumàtic entre altres motius perquè no pot assolir la força necessitada, requereix d'una instal·lació especial, és poc precís i molt sorollós.

L'actuador hidràulic pot assolir el valor de la força perfectament, però requereix d'una instal·lació especial que a més ocupa espai, condició que entra en conflicte amb el requeriment d'emplaçament, ja que l'espai disponible és reduït. L'altre factor determinant en l'elecció és el preu, l'actuador hidràulic presenta un cost molt més elevat que un electromecànic. Per tant, també es descarta.

L'opció més atractiva és la de l'actuador electromecànic perquè pot assolir el rang de forces que es necessita, permet controlar el seu desplaçament de manera precisa, no requereix de cap tipus d'instal·lació especial, presenta un funcionament silenciós i el seu manteniment és mínim. Així doncs, s'escull aquest tipus.

### **3.1.1. Actuador electromecànic**

L'aparell adquirit consta de les següents parts:

- Servo actuador
- Cèl·lula de càrrega
- Unitat de control

### **3.1.2. Servo actuador**

Transforma l'energia elèctrica en energia mecànica a través del gir d'un cargol de boles accionat per un motor elèctric de corrent continu. És l'encarregat de proporcionar la força per realitzar els assaigs. Incorpora un capçal per poder fixar-hi els utilitatges o a cèl·lula de càrrega i també disposa d'una trapa frontal per facilitar les tasques de lubricació i manteniment.

Les seves característiques més importants són:

CARACTERÍSTIQUES	
Càrrega a tracció / compressió	30 kN
Pes	72 kg
Velocitat de desplaçament	0,001 - 6000 mm/ min
Resolució de desplaçament	0,00000936 mm
Soroll	< 70 dB

Taula 3.1.2. Característiques del servo actuator.

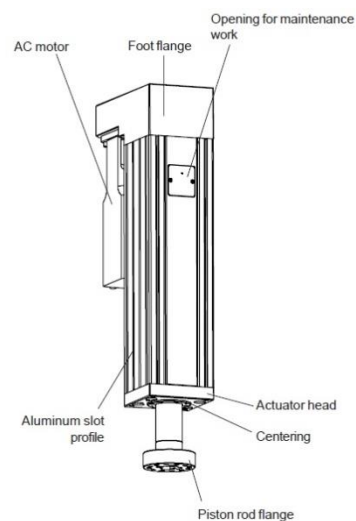
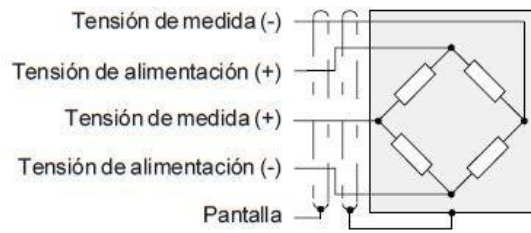


Fig. 3.1.1. Detall del servoactuator.

## 3.2. Cèl·lula de càrrega

Converteix la magnitud física de la força en una tensió elèctrica que es pot mesurar. Està formada per un cos mecànic deformable sobre el qual hi ha enganxades unes galgues extensomètriques, les quals són unes resistències elèctriques unides entre elles mitjançant un pont de mesura.



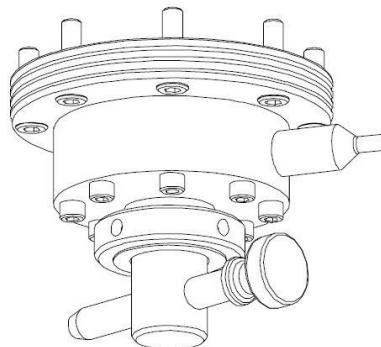
**Fig. 3.2.1.** Esquema del pont de mesura de la cèl·lula de càrrega

El valor de la tensió mesurada a la sortida del pont és anàleg al de la força a mesurar que actua sobre el cos que es deforma i sobre el sistema complet. El signe de la tensió mesurada (polaritat), varia segons la sol·licitació a tracció o compressió que s'estigui portant a terme.

Les seves característiques més importants són:

CARACTERÍSTIQUES	
<b>Força nominal <math>F_{nom}</math></b>	30 kN
<b>Màxima força operativa</b>	150% de $F_{nom}$
<b>Força límit</b>	150% de $F_{nom}$
<b>Força de ruptura</b>	300% de $F_{nom}$
<b>Pes</b>	4 kg

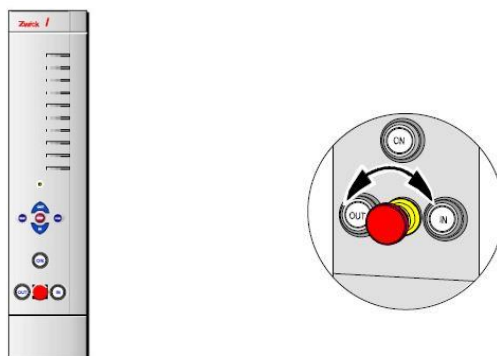
**Taula 3.2.1.** Propietats de la cèl·lula de càrrega.



**Fig. 3.2.2.** Detall de la cèl·lula de càrrega.

### 3.3. Unitat de control

És el dispositiu que fa de pont entre l'actuador electromecànic i el software. Incorpora el botó d'encesa, el botó de seguretat i els botons per moure l'actuador manualment.



**Fig. 3.3.1.** Detalls de la unitat de control i els botons.

## 4. DISSENY MECÀNIC DEL BANC

Una vegada escollit l'actuador electromecànic es procedeix al disseny de la resta de components del banc els quals estan directament condicionats per la mida, l'estructura i el pes d'aquest aparell.

### 4.1. Bancada

La bancada és el component on van fixats la resta de components. Es descompon en tres elements:

- Base superior
- Base inferior
- Perfil ala

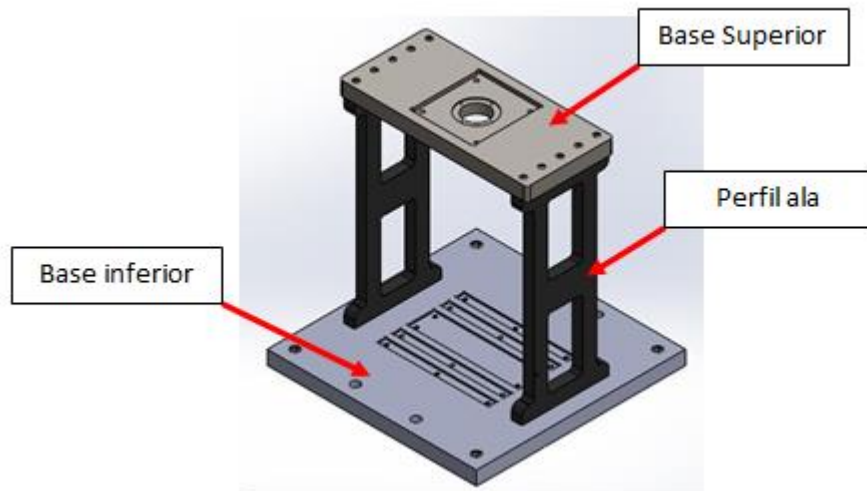


Fig. 4.1.1. Bancada.

#### 4.1.1. Base superior

És una placa d'acer F-111 de gruix 40 mm recoberta amb un zincat per tal d'evitar la corrosió. La seva funció es fixar l'actuador mitjançant 4 cargols de M12 i impedir-l'hi el moviment en l'eix d'aplicació de la força. Està unida al perfil ala amb 5 cargols de M10.

#### 4.1.2. Perfil ala

Aguanta el conjunt actuador més base superior. El material en que s'han construït és amb una placa d'acer F-111 de gruix 20 mm. Porta un tractament de pavonat que consisteix en la generació d'una

capa superficial de magnetita la qual millora el seu aspecte i evitar la corrosió. Se li ha realitzat un buidat de material sense afectar la seva resistència per tal de reduir el pes i millorar en estètica.

Està unit a les plaques superior i inferior mitjançant 5 cargols de M10 i 2 passadors els quals garanteixen el correcte posicionament.

#### 4.1.3. Base inferior

Està elaborada amb acer inoxidable AISI 304. El motiu de l'ús d'aquest material és perquè en un futur, poder es realitzen assaigs amb equips sangrats, i en cas de fuga del líquid de frens aquest no la corroís. El seu gruix és de 40 mm perquè es busca la robustesa ja que és la peça que rep de manera més directa la força de l'actuador. Incorpora unes ranures per encaixar-hi les guies.

## 4.2. Base centradora i guies

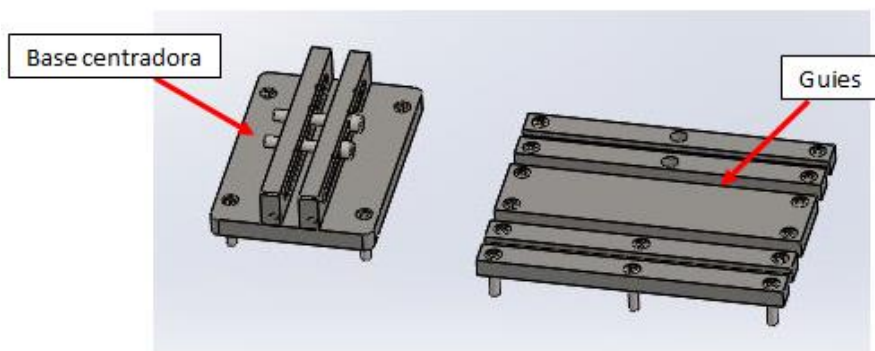


Fig. 4.2.1. Base centradora i guies.

Per tal de garantir la correcta posició dels utillatges s'utilitzen unes guies amb una base que llisca per damunt seu, de manera que s'aconsegueix un moviment lineal en els dos eixos.

Per fixar la base en la posició utilitzada només cal apretar els cargols, ja que aquests porten unes femelles roscades en forma de T als extrems les quals permeten el moviment guiat i la fixació quan es vulgui.

### 4.3. Suport bancada

La seva funció és suportar el pes del conjunt format per l'actuador més la bancada i els utillatges. Assegurar una correcta posició de treball i juntament amb les potes amorteix les possibles vibracions que hi pugui haver-hi durant els assaigs de fatiga.

Per construir-l'ha s'ha utilitzat perfil d'acer 80x80x2 mm.

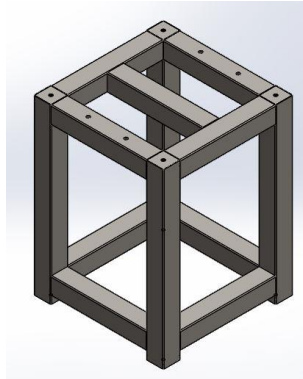


Fig. 4.3.1. Suport bancada

### 4.4. Utillatges

Per poder realitzar els diferents tipus d'assaigs, s'ha dissenyat un conjunt d'utillatges que es descriuen a continuació. S'ha buscat la compatibilitat entre ells a fi d'optimitzar els recursos i l'espai.

#### 4.4.1. Utillatges assaig lleva d'accionament

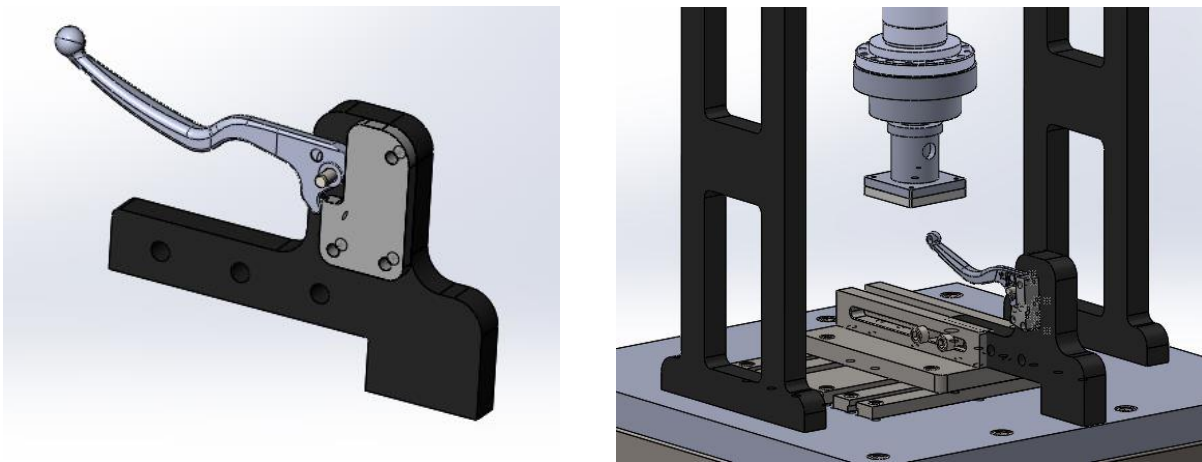


Fig. 4.4.1. Utillatge lleva d'accionament.

Per poder realitzar l'assaig de resistència elàstica es dissenya l'utilatge de la fig.4.4. Aquest consta d'una base comuna per totes les lleves i un conjunt de peces intercanviables mitjançant l'ús només de tres cargols que s'adapten al contorn de la mostra a assajar.

També es dissenya un capçal adaptable a la cèl·lula de carga el qual incorpora un cub de niló per poder pressionar la bola de la lleva sense que la marqui o li generi algun desperfecte.

#### 4.4.2. Utillatges assaig suport pinça de fre

Tots els assaigs corresponents al suport de pinces es basen en l'aplicació d'una força que es tangent al disc. Com que s'utilitza un actuator de moviment lineal, la única manera d'aconseguir simular aquesta força és posant la pinça segons la posició de la fig. 4.4.2.



Fig. 4.4.2. Detall de la col·locació de la pinça.

Per simular el disc s'utilitza una placa del mateix espessor. Per moure aquesta placa a través de l'actuador es dissenya un capçal especial tal com mostra la figura 4.4.3.



**Fig. 4.4.3.** Capçal adaptador.

Degut a les altes forces que assoleixen alguns models de pinces la fricció de les pastilles no és prou suficient de manera que patina la placa. La solució que s'adopta és la de realitzar un paquet amb les pastilles, foradant-les i cargolant-les amb cargols.

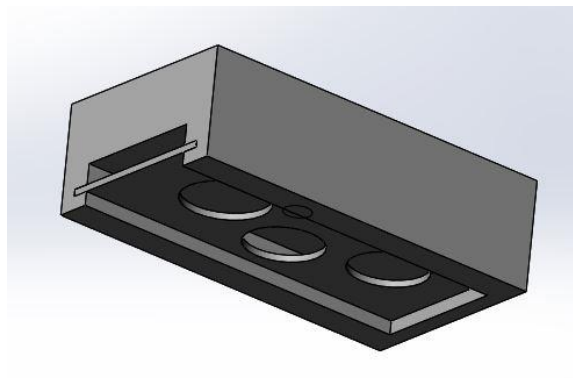


**Fig. 4.4.4.** Pastilles foradades.

#### **4.4.3. Utilatge assaig compressió pastilles**

Per realitzar aquest assaig s'ha dissenyat un nou capçal que permet comprimir les pastilles amb els mateixos pistons que munta la pinça.

El capçal està format per dues peces. Una de les quals es comuna per a tots els tipus de pastilles i l'altra es canvia segons la disposició dels pistons de la pinça.



**Fig. 4.4.5.** Utilatge compressió pastilles.

## 5. ESTUDI ECONÒMIC

### 5.1. Estudi dels costos del projecte

Per valorar el pressupost aproximat del banc d'assaig es fa una estimació partint dels següents conceptes:

- Cost del disseny
- Cost del material

#### 5.1.1. Cost del disseny

En aquest apartat es tenen en compte els sous d'un enginyer industrial junior, el qual desenvolupa les tasques de recopilació d'informació i elaboració de documentació, el sou d'un enginyer de projectes, el qual s'ocupa del disseny, càlculs i simulacions de les parts que compondran el banc i finalment el sou d'un delineant, el qual s'encarrega d'elaborar tots els planells de dibuix de tots els components per la seva posterior construcció.

Les hores destinades a aquest projectes són les hores orientatives per la realització del PFC (Projecte Final de Carrera) que estan quantificades en 540 hores.

La despesa energètica i els consumibles com ara material d'oficina, paper, etc. no es tenen en compte ja que es consideren com a mitjans que facilita l'empresa els quals són compartits amb la resta de personal del departament de producte.

Descripció	Recurs	Cost unitari	Temps	Cost total
Recopilació i cerca d'informació	Enginyer junior <sup>1</sup>	45 €/h	40 h	1.800 €
Simulacions i anàlisis d'elements finits	Enginyer de projectes <sup>1</sup>	60 €/h	60 h	3.600 €
Disseny de components	Enginyer de projectes <sup>1</sup>	60 €/h	200 h	12.000 €
Delineació	Delineant <sup>1</sup>	35 €/h	150 h	5.250 €
Documentació del projecte	Enginyer junior <sup>1</sup>	45 €/h	90 h	4.050 €
<b>COST DEL DISSENY</b>				<b>26.700 €</b>

**Taula 5.1.1.** Estimació del cost de disseny del banc d'assaig.

<sup>1</sup> Sous augmentats un 10% en base els resultats de l'Institut Nacional de Estadística [1]

### 5.1.2. Cost del material

A continuació es mostra a les següents taules la informació sobre la quantitat, el tipus de material, el proveïdor i el cost total dels diferents elements que componen el banc.

#### 5.1.2.1. Taula suport

Grup	Concepte	Proveïdor	Quantitat	Preu unitari	Preu total
TAULA SUPORT	Pota antivibratoria SV M12	AMC	4	11 €	44 €
	Estructura taula suport	METALNUÑEZ	1	555 €	555 €
<b>COST TOTAL TAULA SUPORT</b>					<b>599 €</b>

Taula 5.1.2. Cost de la taula suport.

#### 5.1.2.2. Actuador electromecànic

Grup	Concepte	Proveïdor	Quantitat
ACTUADOR	Actuador electromecanic 30 kN	ZWICK ROELL	1
	Joc de potes per la unitat electronica		1
	Unitat de control testControl		1
CÈL·LULA DE CÀRREGA	Cèl·lula de càrrega 30 kN		1
SOFTWARE	Programa textXpert II bàsic		1
	Programa Master textXpert II fatiga		1
DOCUMENTACIÓ	Certificat CE directiva 2006/42/EC		1
	Manual de la màquina		1
ALTRES	Embalatge		1
	Transport		1
	Seguro de transport	1	
	Posada en marxa	1	
<b>COST TOTAL ACTUADOR ELECTROMECÀNIC</b>			<b>34.500 €</b>

Talula 5.1.3. Cost del conjunt format per l'actuador més la cèl·lula de càrrega.

## 5.1.2.3. Protecció de seguretat

Grup	Concepte	Proveïdor	Quantitat	Preu unitari	Preu total
PROTECCIÓ	Estructura perfil alumini	PROMAKFIL	1	390 €	390 €
	Microrruptor	SCHNEIDER	1	20 €	20 €
<b>COST TOTAL PROTECCIÓ</b>					<b>410 €</b>

Talula 5.1.4. Cost de la protecció de seguretat.

## 5.1.2.4. Bancada i utilitatges

Grup	Concepte	Proveïdor	Material	Quantitat
BANCADA	Marmol	MAPER	AISI 304	1
	Base superior		F-111 + Zincado	1
	Perfil I		F-111 + Pavonado	2
	Guia fijador		AISI 304	4
	Base fijador		AISI 304	1
	Lateral fijador izquierdo		AISI 304	1
	Lateral fijador derecho		AISI 304	1
	Placa deslizante		AISI 304	1
	Bulón		AISI 304	1
	Tuerca cuadrada DIN 557 M12		AISI 304	2
	Calzo M10		AISI 304	4
	Tornillo DIN 912 M10x45		AISI 304	24
	Tornillo DIN 912 M12x60		AISI 304	2
	Tornillo DIN 912 M10x40		AISI 304	15
Pasador cilíndrico ISO 8734- 8X20	F-111	8		
UTILLATGE ASSAIG SUPORT PINÇA	Connector CC4	AISI 304	1	
	Soporte pinza 364026MO0	F-111	1	

	Placa disco 4 mm	F-111	5
UTILLATGE ASSAIG LLEVA	Base utillaje levas	F-111	1
	Posicionador leva vectrix	F-111	1
	Posicionador leva Cf moto	F-111	1
	Posicionador leva Scooter	F-111	1
	Pasador cilíndric ISO 8734- 8X65	F-111	1
	Espiga roscada EH 22570	F-111	2
	Tornillo DIN 912 M8x 35	F-111	3
	UTILLATGE ASSAIG PASTILLES	Cabecal pistones	AISI 304
Placa pistones		F-111	1
<b>COST TOTAL BANCADA + UTILLATGES</b>			<b>4.525 €</b>

Talula 5.1.5. Cost de la bancada més els utilitatges.

Així doncs s'obté un cost material de:

Component	Cost
Taula suport	599 €
Actuador electromecànic	34.500 €
Protecció de seguretat	410 €
Bancada i utilitatges	4.525 €
<b>COST TOTAL MATERIAL</b>	<b>40.034 €</b>

Talula 5.1.6. Cost total del material.

### 5.1.2.5. Pressupost total del projecte

Finalment, el pressupost total del projecte és:

Típus de cost	Cost sense I.V.A	I.V.A (21%)	Cost amb I.V.A
COST DE DISSENY	26.700 €	5.607 €	32.307 €
COST DEL MATERIAL	40.034 €	8.407 €	48.441 €
<b>PRESSUPOTS FINAL</b>			<b>80.748 €</b>

**Talula 5.1.7.** Pressupost total del projecte.

## 6. IMPACTE AMBIENTAL

Actualment i de manera progressiva, les empreses, independentment de la seva activitat, tamany o ubicació geogràfica, tenen que complir amb un gran nombre d'exigències ambientals imposades per l'administració, els clients o la societat en general.

En la realització d'aquest banc d'assaig es tenen en compte les següents consideracions per tal de minimitzar l'impacte ambiental i contribuir a un millor desenvolupament sostenible.

### 6.1. Materials utilitzats

Dins d'aquest apartat, es fa la següent distinció: per un part hi ha els materials que componen l'actuador (cilindre, unitat electrònica i cèl·lula de càrrega) per l'altra part, hi ha els materials que constitueixen tota l'estructura de suport i fixació, és dir, la bancada juntament amb els utillatges i finalment la protecció de seguretat.

L'empresa que subministra l'actuador electromecànic posseeix la certificació de sistemes de gestió ambiental ISO 14001, norma que li acredita l'establiment d'una política i un compromís de compliment amb la legislació i la reglamentació ambiental per tal de reduir la contaminació.

Un cop finalitzada la seva vida útil, l'aparell està classificat segons l'Agència de Residus de Catalunya dins el grup 16 "Residus no especificats anteriorment en el catàleg"[2], concretament dins el subgrup "Equips industrials i altres residus rebutjats". Aquest tipus de residus són recollits per gestors especialitzats els quals la seva valorització és la V41 (reciclatge i recuperació de materials o compostos metàl·lics) i la V12 (reciclatge de plàstics).

La bancada i els utillatges s'han dissenyat perquè el dia de demà que deixin de ser operatius puguin ser desmuntats i classificats sense cap problema en els diferents contenidors de que disposa l'empresa per al seu posterior reciclatge. Els materials utilitzats tant en la bancada com en els utillatges són bàsicament acer F-111, acer inoxidable AISI 304 i una peça de niló, tots ells classificats dins el grup 20 "Residus generals, incloent-hi les fraccions recollides selectivament segons l'ARC. El seu reciclatge està vinculat a empreses que presentin una valorització V41 i V12 respectivament, ja citades anteriorment.

## **6.2. Energia utilitzada**

L'energia utilitzada en la alimentació de la màquina es energia elèctrica, que es subministrada per una empresa del sector de l'energia elèctrica. Aquesta com a ús final no contamina el medi ambient però depenent quin sigui l'origen de producció pot afectar amb més o menys

## **6.3. Reciclatge dels residus generats**

Tots els components hidràulics assajats, normalment compostats en un 95% d'alumini i un 5% en acer estan classificats i recollits com a materials o compostos metàl·lics, abans ja classificats per l'ARC.

## 7. NORMATIVA

L'actuador compleix la normativa Directiva de maquinària EC2006-042

Per la construcció del banc d'assaig i per la utilització del mateix es detallen a continuació les normes de seguretat aplicades:

### 7.1. NORMES ARMONITZADES EUROPEES

- UNE EN-574 *Seguridad de las máquinas. Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales. Principios para el diseño.*
- UNE EN-60204/1 *Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.*
- UNE EN-1037 *Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva.*
- UNE EN-292/2 *Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos. Principios generales para el diseño. Parte 2: Principios y especificaciones técnicas. (Versión oficial EN 292-2:1991).*
- UNE EN-418 *Seguridad de las máquinas. Equipo de parada de emergencia, aspectos funcionales. Principios para el diseño. (Versión oficial EN 418:1992).*
- PrEN-953 *Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.*
- UNE EN-982 *Seguridad de las máquinas. Requisitos de seguridad para sistemas y componentes para transmisiones hidráulicas y neumáticas. Hidráulica.*
- UNE EN-983 *Seguridad de las máquinas. Requisitos de seguridad para sistemas y componentes para transmisiones hidráulicas y neumáticas. Neumática.*
- UNE EN-626/1 *Seguridad de las máquinas. Reducción de riesgos para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 1: Principios y especificaciones para los fabricantes de maquinaria.*
- prEN-12437/1 *Seguridad de máquinas. Medios permanentes de acceso en las máquinas y plantas industriales. Parte I: Elección de un medio fijo de acceso entre dos niveles.*

- prEN-12437/2 *Seguridad de máquinas. Medios permanentes de acceso en las máquinas y plantas industriales. Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas.*
- UNE EN-292/2 *Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos. Principios generales para el diseño. Parte 2: Principios y especificaciones técnicas.*
- UNE EN-1050 *Seguridad de las máquinas. Principios para la evaluación del riesgo.*
- UNE EN-294 *Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas de peligrosidad con los miembros superiores.*
- UNE EN-954 *Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.*
- UNE EN-1088 *Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y selección.*
- UNE EN-349 *Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.*
- UNE EN-563 *Seguridad de las máquinas. Temperaturas de las superficies accesibles. Datos ergonómicos para establecer los valores de las temperaturas límites de las superficies calientes.*
- UNE EN-981 *Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales.*
- UNE EN-61310/1 *Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles.*
- UNE EN-842 *Seguridad de las máquinas. Señales visuales de peligro. Requisitos generales, diseño y ensayos.*

## **7.2. LEGISLACIÓ SOBRE SEGURETAT EN MÀQUINES**

- RD 842/2002 *Reglamento electrotécnico para baja tensión [3]*
- RD 1644/2008 *Normas para la comercialización y puesta en Servicio de las máquinas [4]*
- Ley 31/1995 *De prevención de riesgos laborales [5]*

### **7.3. LEGISLACIÓ A NIVELL EUROPEU**

- Directiva 98/37/CEE
- Directiva 73/23/CEE
- Directiva 2006/42/CEE



## CONCLUSIONS

El banc d'assaig dissenyat en aquest projecte compleix les especificacions requerides a nivell mecànic. El disseny és robust ja que s'ha utilitzat un coeficient de seguretat elevat que s'ha confirmat mitjançant la simulació d'elements finits.

Cal remarcar que el disseny bàsic s'ha tingut d'ajustar a les directrius marcades per l'empresa i consegüentment s'ha seguit la línia marcada per aquesta.

En aquest banc a més a més de poder fer-s'hi els assaigs pel qual ha estat dissenyat, en un futur, servirà per poder-hi assajar altres components gràcies a la flexibilitat del seu disseny.

Per últim posar de manifest que el banc ja està construït i apunt de realitzar assaigs.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. *Encuesta de Estructura Salarial 2013*. [<http://www.ine.es>, 8 de febrer del 2015]
- [2] AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA. *Manual de gestió de residus*. [[http://residus.gencat.cat/ca/ambits\\_dactuacio/tipus\\_de\\_residu/residus\\_industrials/manual\\_d\\_e\\_gestio/](http://residus.gencat.cat/ca/ambits_dactuacio/tipus_de_residu/residus_industrials/manual_d_e_gestio/), 25 de febrer del 2015]
- [3] BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. BOE Núm. 224: *Real decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión*
- [4] BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. BOE Núm. 246: *Real decreto 1644/2008 de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en Servicio de las máquinas*.
- [5] BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. BOE Núm. 269: *Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales*

### Bibliografía complementaria

Documentació tècnica confidencial de l'empresa J.Juan, S.A. (Gavà)