

## **ANNEX A: DESCRIPCIÓ I ANÀLISIS DEL PROTOTIP**

### **INDEX:**

<b>A1.</b>	<b>ANÀLISIS PROTOTIP A INDUSTRIALITZAR.....</b>	<b>83</b>
A1.1	FUNCIONAMET DEL PROTOTIP .....	84
A1.1.1	<i>Parts constituents del mecanisme. Subconjunts .....</i>	<i>85</i>
A1.1.2	<i>Boixa.....</i>	<i>86</i>
A1.1.3	<i>Eix roda .....</i>	<i>87</i>
A1.1.4	<i>Eix primari.....</i>	<i>87</i>
A1.1.5	<i>Eix terciari.....</i>	<i>88</i>
A1.1.6	<i>Eix secundari .....</i>	<i>88</i>
A1.1.7	<i>Selector o accionador.....</i>	<i>89</i>
A1.1.8	<i>Carter i tapa Carter.....</i>	<i>89</i>
A1.2	DESCRIPCIÓ DE COMPONENTS DE CADA SUBCONJUNT.....	90
A1.2.1	<i>Conjunt Boixa .....</i>	<i>90</i>
A1.2.2	<i>Conjunt Eix roda .....</i>	<i>92</i>
A1.2.3	<i>Conjunt eix secundari.....</i>	<i>92</i>
A1.2.4	<i>Conjunt Eix primari o d'entrada .....</i>	<i>95</i>
A1.2.5	<i>Conjunt Eix terciari o de sortida.....</i>	<i>97</i>
A1.2.6	<i>Conjunt Selector .....</i>	<i>99</i>
A1.2.7	<i>Conjunt Carter.....</i>	<i>100</i>
A1.2.8	<i>Imatges mecanisme primer prototip de canvi .....</i>	<i>101</i>
<b>A2.</b>	<b>VALIDACIÓ DEL PRIMER PROTOTIP .....</b>	<b>103</b>
A2.1	PROVES DE VALIDACIÓ .....	104
A2.2	MODIFICACIONS EN PROTOTIP PER LA VALIDACIÓ DE FUNCIONAMENT. ....	106





---

## A1. ANÀLISIS PROTOTIP A INDUSTRIALITZAR

---

En aquest punt es pretén fer un ampli anàlisi del mecanisme per exposar el seu funcionament, així com la descripció de cada un dels elements que materialitzen el primer prototip amb la finalitat d'observar els punts crítics i els millorables. Al mateix temps s'expliquen les decisions preses en el disseny del primer prototip i les consideracions en la seva fabricació. Finalment es comentarà els resultats de la validació d'aquest prototip, ja que determinen algunes de las modificacions de disseny i obren camí a un redisseny per a la fabricació seriada.

A mesura que es van exposant diversos conceptes del mecanisme, i es detallen cada un dels seus components, s'aprofitarà per anar fent comentaris i observacions referents a millores possibles que es tindran en compte per al redisseny .

Per reduir el cost total del mecanisme i facilitar les tasques de disseny, s'intenta emprar elements estàndards així com intervals de tolerància amples per als components de poc compromís.

El mecanisme resultant de la primera materialització, sobre la qual es valida el disseny conceptual d'un canvi de marxes adaptable a una cadira de rodes manual, el primer prototip, fou construït íntegrament a les instal·lacions del Centre CIM. Amb els mitjans de que disposa es va optar per a processos de fabricació d'arrencament de ferritja .

Recordem les especificacions acordades que havia de complir el mecanisme:

- ▶ Mecanisme compacte.
- ▶ Permeti el plegament de la cadira i manteniment de les mides.
- ▶ Permeti el desmuntatge ràpid de les rodes.
- ▶ Ha de proporcionar una reducció de  $\frac{1}{2}$  o semblant.



## A1.1 FUNCIONAMET DEL PROTOTIP

El mecanisme es pot dividir el mecanisme en 7 subconjunts amb funcions diferents. Aquest subconjunts són: *el selector, la boixa, l'eix de la roda, l'eix primari, l'eix secundari, l'eix terciari i càrter.*

Més endavant s'explicarà amb detall quins són els components de cada subconjunt y la funció que desenvolupen en el mecanisme.

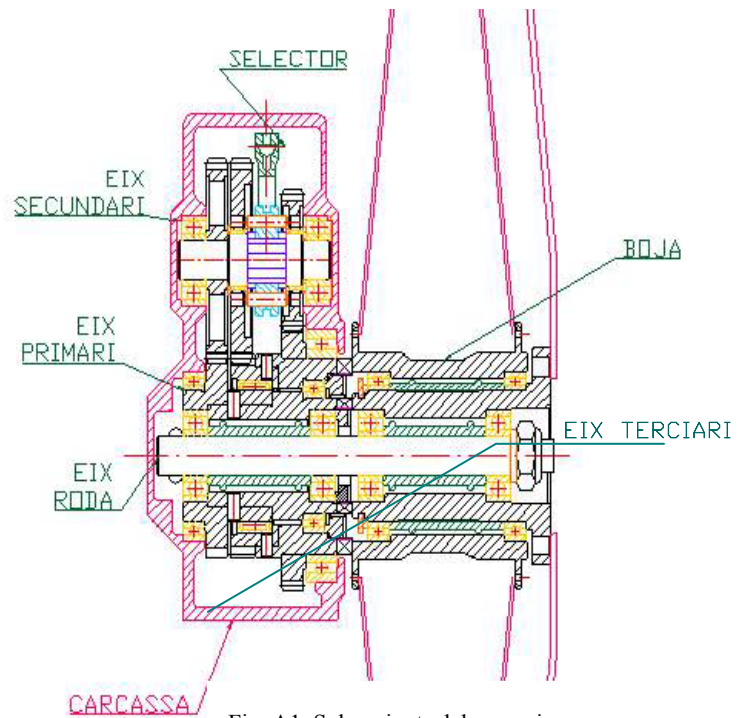


Fig. A1 Subconjunts del mecanisme

Bàsicament, el moviment segueix el següent camí des de l'impulsió de l'usuari fins al moviment de les rodes motrius: S'introdueix empenya circular per el volant que va unit amb la boixa interior mitjançant uns radis. La boixa interior transmet aquest moviment a l'eix primari mitjançant un dentat frontal entre ambdós components. El moviment passa a l'eix secundari amb una relació d'engranament (relació 1/1). L'eix secundari ha de retornar el moviment a l'eix terciari ja que la sortida és coaxial a l'entrada. A l'eix secundari hi han dos engranatges que poden girar bojos. És el selector, com a resposta de l'accionament exterior per part de l'usuari, és qui transmet la potencia a uns dels dos engranatges depenent de la relació de velocitats desitjada. El moviment, mitjançant l'engranament d'una d'aquestes rodes i el cub de sortida, torna a l'eix terciari, que és coaxial a l'eix primari, i d'aquest mitjançant un dentat frontal a la boixa exterior que esta connectat a la roda motriu per uns radis.

En el següent esquema es pot veure més clarament quin és el recorregut de moviment per l'interior del mecanisme i els dos camins de retorn des de l'eix secundari a l'eix terciari que pot seguir el moviment segons la velocitat seleccionada. Per facilitar la comprensió només apareixen les peces involucrades en cada cas.



En el dibuix d'entrada es reflexa el camí únic que es pot produir per transmetre el moviment des de la peça "cilindre entrada" on va fixat el volant que l'usuari acciona fins "l'eix ranurat", eix del secundari. Aquesta transmissió es realitza amb un dentat frontal del "cilindre d'entrada" i "el cub d'entrada" de l'eix primari qui transmet el gir mitjançant l'engranament de la seva roda dentada amb la roda de l'eix secundari que està enclavada a "l'eix ranurat". La relació de transmissió entre aquestes rodes dentades és de 1/1.

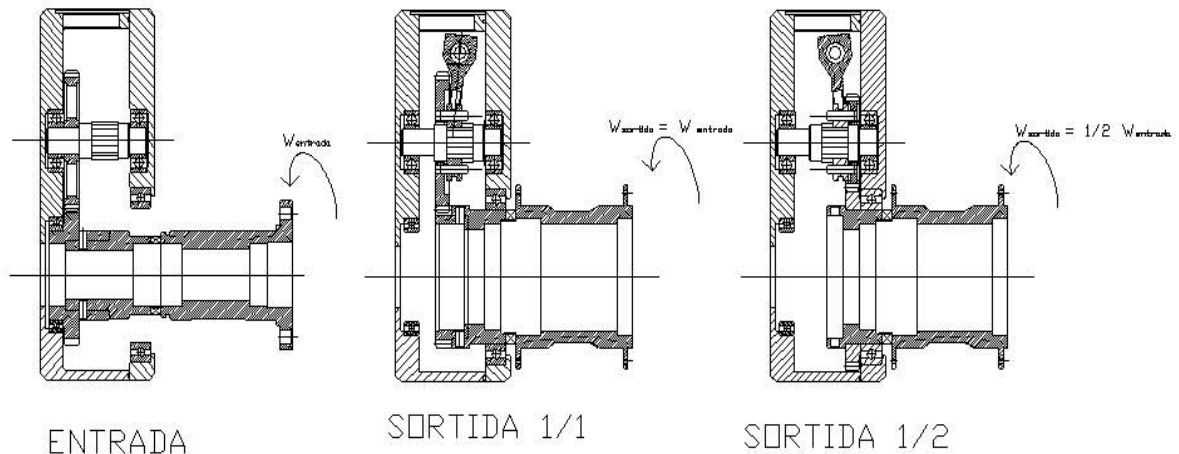


Fig. A2 Elements intervenen en cada marxa

Una vegada tenim el moviment en l'eix ranurat és el selector, qui obliga a fer funcionar una determinada roda dentada. Aquesta engrana amb una roda disposada en el cub de sortida proporcionat una relació de velocitats de 1/1, o amb l'altre roda per proporcionar una relació de 1/2. En ambdós casos la sortida es transmet a la mateixa peça: el cub radi on està radiada la roda motriu.

### A1.1.1 Parts constituents del mecanisme. Subconjunts

Com ja s'ha comentat anteriorment, hi ha set subconjunts. Aquesta distinció s'ha fet segon el tipus de funció que ha de dur a terme cada un d'ells.

Al mateix temps que es vagi presentant els conjunts, de manera que sigui fàcil comprendre la funcionalitat de cada un d'ells, s'aniran fent observacions sobre la construcció feta al prototip i possibles canvis de cara a la fabricació seriada. No s'ha d'oblidar que estem parlant d'un prototip que té per objectiu verificar el funcionament d'un disseny.



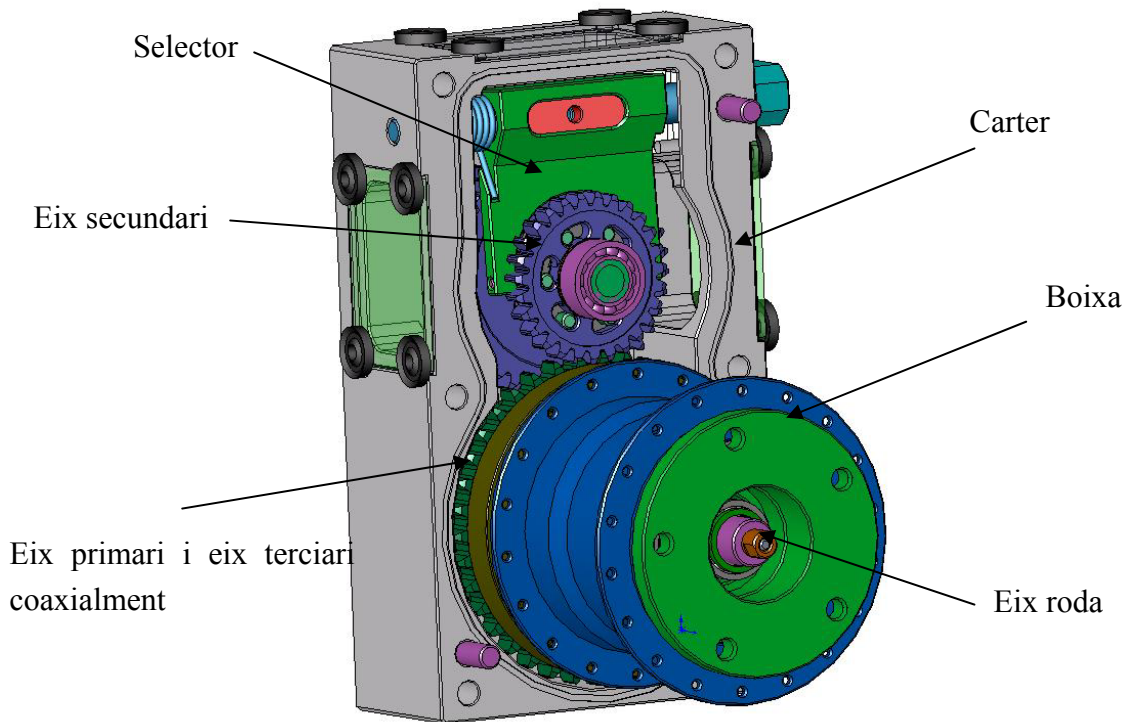


Fig. A3 Imatge 3D conjunt sense tapa

### A1.1.2 Boixa

El primer conjunt a esmentar és la boixa, que engloba tota la part del mecanisme que forma part de la roda i queda totalment exterior al carter. Serà on es fixarà l'aro d'impulsió que l'usuari empeny per introduir el moviment al mecanisme.

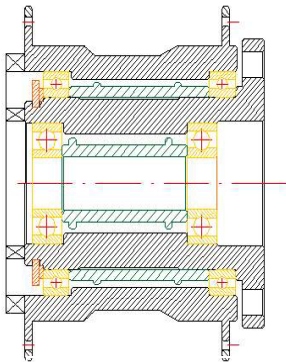


Fig. A4 Boixa

Com es veu a la figura A4, consta de dos cubs concèntrics entre els quals es disposa un rodament de boles ja que giren a velocitats diferents, en cas de tenir la marxa reduïda seleccionada. Per garantir la posició entre els rodaments, col·loquem un distanciador que fa de paquet garantint la posició relativa entre peces en sentit axial. La mateixa disposició es repeteix entre el cub interior de la boixa i l'eix propi de la roda. Aquests rodament van muntats de tal manera que la pista interior és la que va clavada sobre la peça i la pista exterior llisca.

Comentar però que, degut a que la velocitat relativa entre ambdós



eixos és nul·la, per tant giren a la mateixa velocitat s'eliminarà aquesta última disposició, per la producció seriada.

### A1.1.3 Eix roda

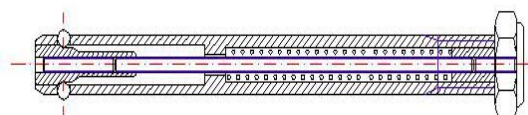


Fig. A5: Eix roda

La caixa sobre la qual va radiada la roda motriu s'uneix a la resta del mecanisme mitjançant un passador d'extracció ràpida que permet la fixació i separació de la roda d'una manera àgil i còmoda. Val a dir que aquest sistema ja es fabrica de manera estandarditzada. De fet és el sistema que s'utilitza actualment en les cadires de rodes manuals per facilitar el seu desmuntatge, permetent l'extracció de la roda. En el cas concret del primer prototip, calia un eix un pel més llarg ja que la caixa també incrementava uns mil·límetres la seva longitud respecte a les convencionals. Aquest fet obligava a desplaçar una mica el la femella del seu extrem per tal d'adaptar la longitud total de l'eix a la del paquet caixa- caixa de canvi.

De cara la fabricació seriada, s'intentarà reduir aquests mil·límetres de més a la longitud total de la caixa per tal de no haver de fer aquests afuixament a la femella i garantir una correcta fixació.

### A1.1.4 Eix primari

A continuació veiem el dibuix CAD de l'eix primari, que està allotjat a dins el carter de la caixa de canvi i la seva concepció està feta per poder aprofitar el màxim nombre d'elements estàndards possibles, per tal d'abaratir costos. En el prototip enfocat a la fabricació seriada ja no es seguirà aquesta filosofia, sinó la de compactació màxima de peces, ja que facilitarà notablement el seu muntatge.

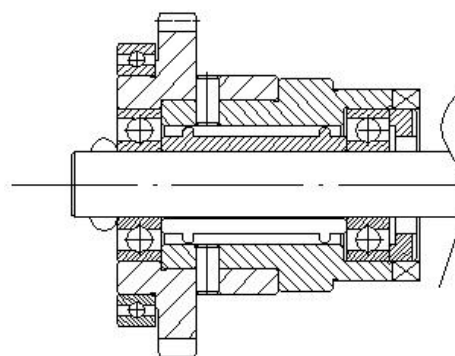


Fig. A6 Eix primari o d'entrada

Les diferents peces que componen l'eix primari s'uneixen entre elles mitjançant passadors cilíndrics. En realitat cada una de les peces present té la seva funció ben definida. Veiem que hi una roda dentada i un cub d'entrada amb dentat frontal. La roda dentada és comprada estàndard i el cub dissenyat expressament per transmetre moviment. El moviment d'entrada al mecanisme es transmet des de la caixa al cub d'entrada que mitjançant un passador fixa una roda dentada fent que giri solidaria a ell, i



aquesta última transmet el moviment a l'eix secundari. Aquest fet ja ens adelanta la possibilitat de poder fer una única peça que sigui capaç de realitzar les dues funcions

### A1.1.5 Eix terciari

De manera molt similar a l'eix primari és la concepció de l'eix terciari. En aquest cas es tenen dos engranatges de compra i un cub de sortida dissenyat per unir els elements, una d'elles amb passador cilíndric i l'altre per enclavament. D'aquesta manera tenim un altre conjunt de peces que giren solidaries i que per tant si la geometria ho permet es podran fusionar en una única peça.

També es pot observar un excessiu nombre de rodaments entre elements, que es podrà reduir al mateix temps que compactem peces. Per altre banda, quan es compactin les peces caldrà mantenir el dentat frontal al mateix diàmetre que el que s'estableixi per la caixa ja que cal garantir una bona transmissió de moviment entre peces.

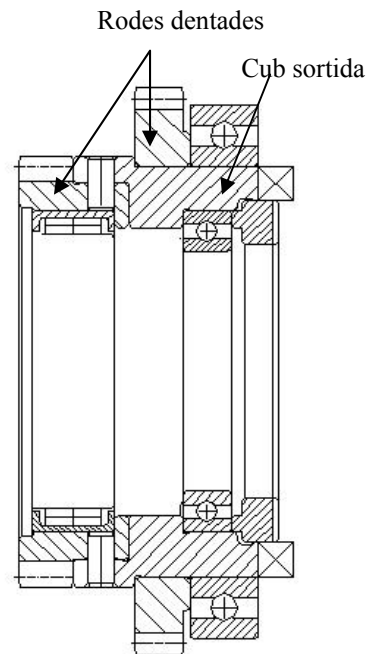


Fig. A7 Eix terciari o de sortida

### A1.1.6 Eix secundari

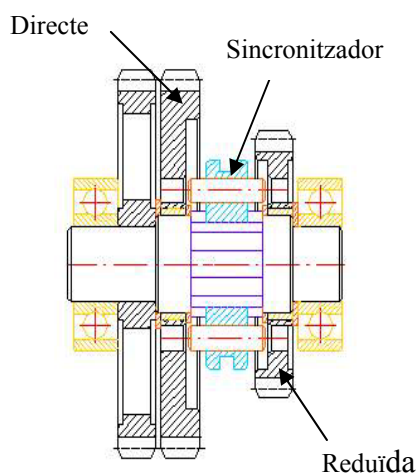


Fig. A8 Eix secundari

L'eix secundari és un eix ranurat paral·lel a l'eix primari on les rodes dentades muntades sobre ell engranen amb les corresponents de l'eix primari i l'eix terciari. De les tres rodes dentades només n'hi ha una que sempre gira solidaria a l'eix ja que està enclavada, mentre que les altres dues (roda directe i roda reduïda) llisquen lliurement sobre la superfície. En aquest conjunt es on té lloc la selecció de la velocitat amb la que es vol treballar. La posició del sincronitzador identifica la marxa triada.

L'element crític d'aquest conjunt és el sincronitzador, ja que cal garantir el recorregut d'aquest i la seva posició correcta per a cada una de les marxes possibles.

El sincronitzador és una peça cilíndrica on s'ha





mecanitzat una pista per on entra en contacte amb el subconjunt selector, que és qui tradueix el moviment de l'usuari al mecanisme. En la seva cara plana disposa de forats passant on es fixen uns passadors cilíndrics de manera que el seu desplaçament fa que en una de les seves posicions un extrem dels passadors entri en els forats colissos que hi ha en la roda dentada., arrossegant aquesta i fent que entri en funcionament mentre que l'altre llisca lliurement sobre l'eix ranurat. D'aquí se'n dedueix que hi ha dues posicions de funcionament per al sincronitzador. La que fa funcionar la roda dentada de la marxa directa i la de funcionament de la roda dentada de la marxa reduïda.

### A1.1.7 Selector o accionador

El selector de velocitats és l'encarregat de moure el sincronitzador per tal de subministrar moviment a una marxa o altre. El moviment d'aquest selector és la resposta al moviment de l'usuari sobre la palanca selectora. La forquilla fixada a l'eix mitjançant una xaveta és arrossegada pel gir de l'eix qui transmet aquest gir en moviment longitudinal del sincronitzador a l'eix del secundari.

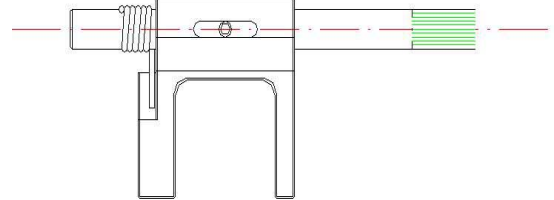


Fig. A9 Selector

Comentar que l'eix del selector és perpendicular al del secundari, fet que dificulta el muntatge. S'estudiarà d'eliminar components d'aquests subconjunt per tal de facilitar la fabricació i muntatge, així com fer un redisseny de tot ell per tal de fer que l'eix sigui paral·lel al de l'eix primari i secundari, fet que facilitaria notablement el muntatge del conjunt canvi.

### A1.1.8 Carter i tapa Carter

Són les dues peces que acullen els eixos del primari, terciari, secundari i selector en els seus allotjaments i que tanquen els mecanisme de manera estanca. En el cas del primer prototip es van mecanitzar unes finestres per poder observar el funcionament del mecanisme i detectar possibles interferències i funcionaments incorrectes dels seus elements. D'aquesta manera s'intenta que la detecció dels aspectes a millorar o modificar sigui més ràpida

De cara a la fabricació seriada no serà necessari el mecanitzat per les finestres i caldrà donar forma exterior més atractiva ja que en el primer prototip és absolutament rectangular.



## A1.2 DESCRIPCIÓ DE COMPONENTS DE CADA SUBCONJUNT

En aquest apartat es pretén analitzar detalladament cadascun dels subconjunts que componen la màquina i ja presentats en l'apartat anterior. Per cada subconjunt es farà un desglossament detallat de les peces que el configuren.

### A1.2.1 Conjunt Boixa

Es tracta de la part interna de la roda on van muntats els radis que suporten la llanta i el pneumàtic. La dimensió respecte a una boixa estàndard es una mica superior encara que això no afecta al radiat de la roda ja que la distància entre forats de radis segueix sent l'original. La similitud de tot aquest subconjunt amb una boixa simple com les habitualment utilitzades en les rodes fa que sigui possible mantenir les peces originals de la roda, utilitzant així el mateix eix de la roda que vingui de sèrie amb la cadira, on només cal adaptar la longitud.

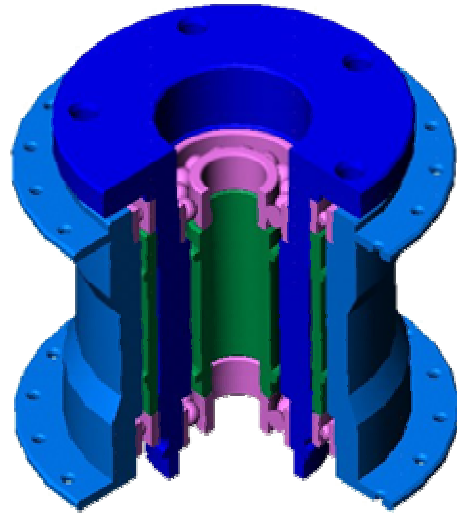


Fig. A10 Imatge 3D Boixa

El seu disseny és totalment tancat per evitar l'entrada de pols i humitat mitjançant rodaments doblement obturats, ja que el seu àmbit de funcionament es majoritàriament en exteriors.

Dins la boixa trobem els següents components:

#### A1.2.1.1 Cub radis

Aquesta peça té com a funció principal, transmetre la potència de sortida a la roda. Podem observar en aquesta peça el sistema d'engranament frontal que s'ha utilitzat en aquest mecanisme per acoplar els elements de la boixa amb elements de l'eix primari. Aquest mateix sistema és utilitzat en els canvis de marxes dels automòbils i motocicletes.

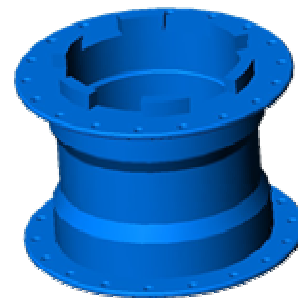


Fig. A11 Imatge 3D cub radis



Aquest tipus d'engranament té una petita inclinació als flancs de cada dent de manera que quan les dents estan en contacte, i transmetent parell, el sistema tendeix a enganxar-se a la dent contrària, impedit així que desengrani.

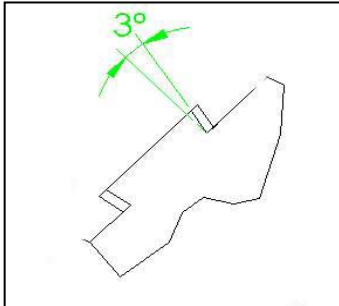


Fig. A12 Detall del dentat

El fet de tenir aquest petit angle d'inclinació entre flancs de dents, genera una força axial que té tendència a unir les peces.

#### **A1.2.1.2**      **Cilindre entrada**

Aquest element gira concèntricament al cub dels radis i coaxialment al moviment de sortida. La transmissió del moviment al cos central la realitza a través del dentat frontal com el ja esmentat anteriorment. En aquest cas també es realitza un dentat amb 3 graus d'inclinació.

La fabricació d'aquesta peça ha sigut similar a l'anterior, el cos principal fet amb el torn, el dentat i els forats passants amb el centre de mecanitzat.



Fig. A13 Imatge 3D cilindre d'entrada

#### **A1.2.1.3**      **Distanciador 1 i distanciador 2**

Aquestes peces serveixen per mantenir una distància X entre rodaments. El distanciador 1 per altre banda també fa de pista de guiatge per l'eix roda. Sense aquest element la introducció i l'extracció de l'eix roda seria més feixuga i lenta.

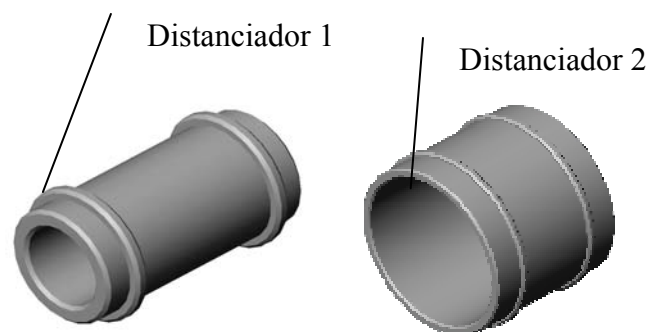


Fig. A13



### A1.2.1.4 Anella boixa

Aquesta anella té com a finalitat fer de material de contacte entre l'anella elàstica de seguretat i el rodament. Serveix al mateix temps per, una vegada mecanitzades i ajustades les peces d'aquest conjunt, es pot donar a aquesta anella unes toleràncies o unes altres per tal de poder ajustar el mecanisme fins el punt òptim d'empaquetament que interressi.



Fig. A14

### A1.2.2 Conjunt Eix roda

Aquest mecanisme fa la funció de l'eix de la roda. Es tracta d'un passador d'extracció ràpida, això vol dir que ens permet extreure la roda d'una manera senzilla sense necessitat de cap eina. Simplement s'ha de pressionar el polsador i tirar cap enfora la roda. Aquest sistema és el que s'utilitza actualment en les cadires de rodes plegables.



Fig. A15 Eix de roda

L'eix d'aquesta peça és la que fa de passador pròpiament dit. En el seu interior està allotjat el mecanisme de retorn de les esferes que fa que es pugui extreure.

Aquesta peça conté uns recalcats en els orificis de sortida de les esferes que actuen com limitador del recorregut de les esferes.

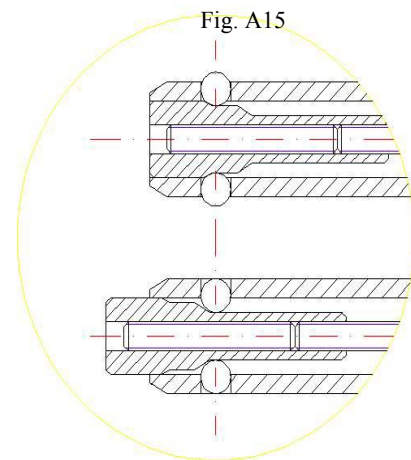


Fig. A16 Detall intern eix

### A1.2.3 Conjunt eix secundari

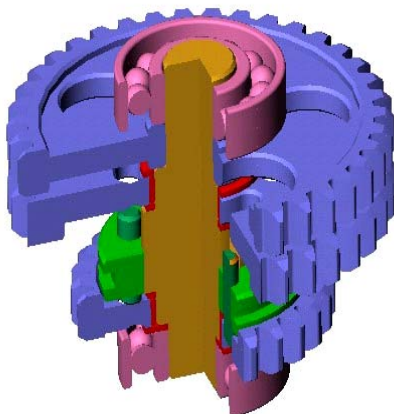


Fig. A17 Eix secundari

L'eix secundari és on es fa el canvi de relació de transmissió; la seva disposició es paral·lela a l'eix primari.

Conté l'engranatge del secundari, l'engranatge directe i l'engranatge de reducció que formen en sí mateixos



el tren d'engranatges del secundari. Aquest eix també dóna suport al sincronitzador.

Per aquest muntatge és necessari una premsa per tal d'encaixar l'engranatge del secundari i els passadors; la resta es pot muntar a mà fent que els extrems de l'eix encaixin dintre dels rodaments que són fixes a la carcassa. Aquests rodaments també han de col·locar-se amb premsa.

#### ***A1.2.3.1 Engranatge del secundari***

Aquest engranatge és el que s'utilitza per transmetre el moviment de l'eix primari a l'eix estriat o secundari, essent aquesta la via d'entrada de potència a l'arbre secundari

Aquest element s'ha fabricat en base a un engranatge de dentat recte estàndard. Es mecanitza partint de material estàndard ja que, fer una sola peça en un taller especialitzat en dentar engranatges seria molt més costòs.

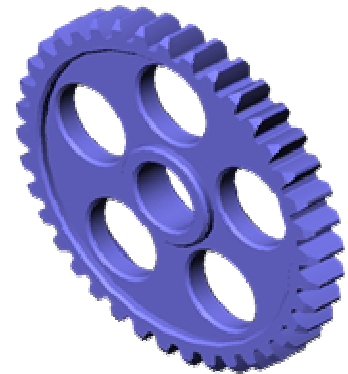


Fig..A18 Engranatge secundari

És solidari a l'eix i muntat amb interferència, de tal manera que un cop muntat sobre l'eix no pot lliscar.

Els taladres que conté en la seva cara plana han estat fets per reduir el pes de la peça.

#### ***A1.2.3.2 Engranatge Directe***

Aquest engranatge és el que actua quan accionem la velocitat directe. Està fabricat en base a un cub dentat (material estandard de compra) com el de la peça anterior.

Va muntat sobre la seva pista inferior amb un joc que li ha de permetre el rodament lliure sobre l'estriat exterior de l'eix.

A la seva cara plana hi ha mecanitzats uns allotjaments en forma de colissos que facilitaran l'entrada dels passadors del sincronitzador i que permetran la transmissió de parell.

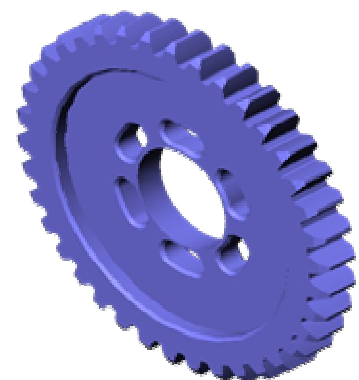


Fig. A19 Engranatge directe



### AI.2.3.3 *Engranatge de Reducció*

Aquest engranatge té la mateixa concepció que l'engranatge Directe encara que aquest amb un nombre menor de dents i és qui proporciona la relació de transmissió de la marxa reduïda.

Es partirà de material estandard sobre el qual es mecanitzaran també els allotjaments colissos.

Al igual que l'engranatge Directe aquest element va muntat sobre la seva pista inferior amb un joc que li ha de permetre el lliscament lliure sobre l'eix

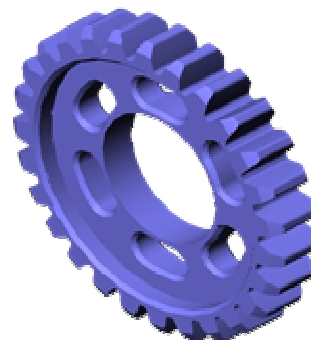


Fig. A20 Engranatge de reducció

### AI.2.3.4 *Eix secundari*

Aquest element és el cos principal del subconjunt eix secundari. Donant suport a tots els elements que intervenen en la selecció de la velocitat.

Està fabricat a partir d'un eix estriat normalitzat adquirit a un fabricant. Per sobre del seu estriat llisca la peça sincronitzador de manera que fa possible el moviment axial però no el radial.

En la fabricació d'aquest eix i de la resta de peces del conjunt s'ha de tenir molta cura en respectar les toleràncies dimensionals i geomètriques.

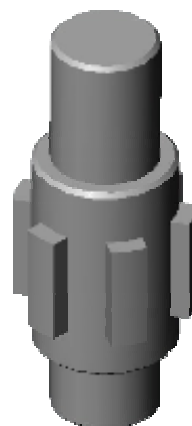
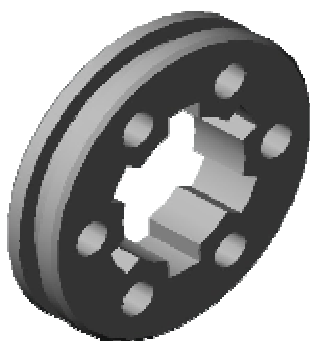


Fig. A21 Eix estriat del secundari

### AI.2.3.5 *Sincronitzador*

El sincronitzador es l'element que transmet la potencia de gir a una roda dentada o a un altre.

Va muntat sobre l'estriat de l'eix secundari. Aquesta peça està fabricada a partir d'un rodó estriat per el seu interior segons la mateixa norma que la l'eix anterior, DIN 5464. També ha estat comprat a un fabricant extern.



Per la pista que te mecanitzada en la seva superfície cilíndrica han de lliscar els passadors del conjunt selector que són els que l'empenyen i li donen el seu moviment axial.

Fig. A22 Sincronitzador



### A1.2.3.6 *Volandera de fricció1 i volandera de fricció2*



Fig. A22

La funció d'aquests elements és la de crear una superfície de fricció de gran duresa.

Les toleràncies dimensionals d'aquest element són de gran importància ja que ajuden a aconseguir l'ajust del subconjunt desitjat per el correcte funcionament.

### A1.2.3.7 *Coixinet de fricció*



Fig. A23

La funció d'aquest element és la de crear una superfície de fricció de gran duresa, entre les rodes dentades Directe i de Reducció i l'eix estriat

## A1.2.4 **Conjunt Eix primari o d'entrada**

El seu disseny en el primer prototip està fet amb el propòsit de poder utilitzar el major nombre d'elements estàndard possible. L'eix primari conté l'engrenatge 1, i l'eix terciari conté l'engrenatge 4i 6, formant tots ell el conjunt de tren que treballa amb el tren ja vist de l'eix secundari.

La seva funció és la de transmetre el moviment d'entrada des de la part interna la caixa fins l'eix secundari.

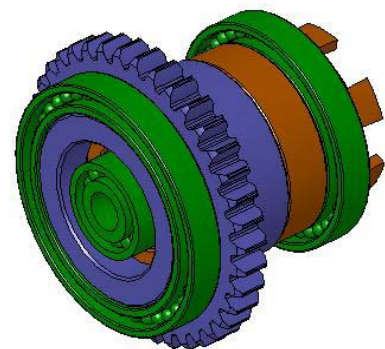
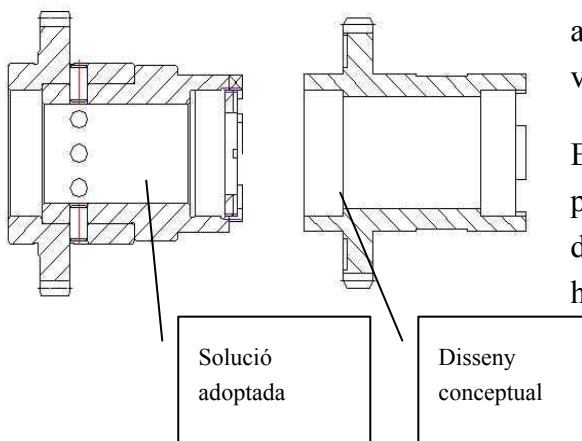


Fig. A24 Conjunt primari

A la figura A25 podem veure el croquis inicial comparat amb la solució constructiva adoptada. Es pot observar com es va passar d'una única peça a varies. Encara que això per si sol sembla un increment del cost, en realitat ha suposat un abaratiment substancial ja que la complexitat de la primera peça impedia la utilització d'engrenatges estàndards i obligava portar-la a dentar a un taller especialitzat.





Recordem, però que aquestes són solucions adoptades en el primer prototip, però que no seran vàlides de cara a la fabricació seriada.

En el cas que ens d'una fabricació en sèrie serà primordial compactar peces i eliminar components de muntatge encara que fent això ens porti a haver de mecanitzar el dentat de la roda.

Fig. A25

#### ***A1.2.4.1 Engranatge 1***

Aquesta roda dentada sempre transmet ja que l'encarregada d'enviar la potència d'entrada des de l'eix primari al secundari.

El punt de partida també és una roda dentada comprada a un proveïdor sobre la qual es realitzen els mecanitzats necessaris per obtenir la forma final. Els forats sobre la cara cilíndrica interior són per situar els passadors d'unió amb al cub d'entrada.



Fig. A26

#### ***A1.2.4.2 Cub entrada***

Aquesta peça transmet el moviment d'entrada des de la caixa fins l'engranatge 1 al que es solidari, ja que ambdós estan units per uns passadors

Una de les seves superfícies fa de pista interior d'un rodament d'agulles, es per això que ha de tenir un bon acabat superficial per a que el seu funcionament sigui òptim.

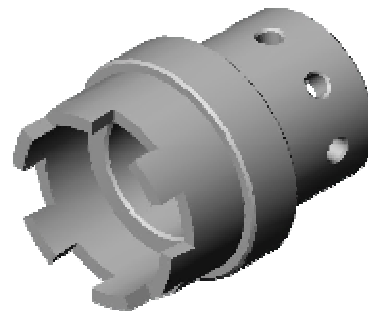


Fig. A27





### A1.2.4.3 *Distanciador 1*

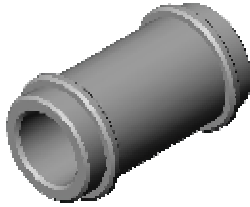


Fig. A28

Aquest element té una doble funció, per un costat fa de tope entre rodaments, garantint la distància entre els dos elements i per un altre fa de guia, al igual que els distanciadors que s'han utilitzat en el conjunt caixa.

### A1.2.4.4 *Tapa roscada 1*

La finalitat d'aquesta peça no és altre que la d'evitar que els rodaments es desplacin de la seva posició. El que fan és impedir el desplaçament longitudinal d'aquest.

Per la seva fabricació es parteix de barra d'acer sense cap tractament.

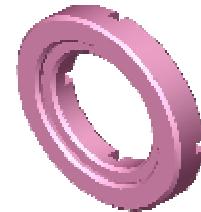


Fig. A29

### A1.2.5 *Conjunt Eix terciari o de sortida*

El muntatge d'aquest conjunt és coaxial a l'eix primari. El seu disseny en el primer prototip està fet amb el propòsit de poder utilitzar el major nombre d'elements estàndard possible. L'eix terciari conté els engranatges 4 i 6 mitjançant el cub de sortida i girant tots ell solidàriament.

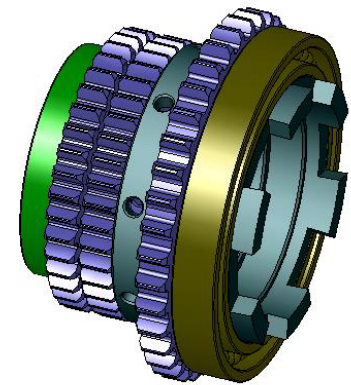


Fig. A30 Conjunt eix terciari

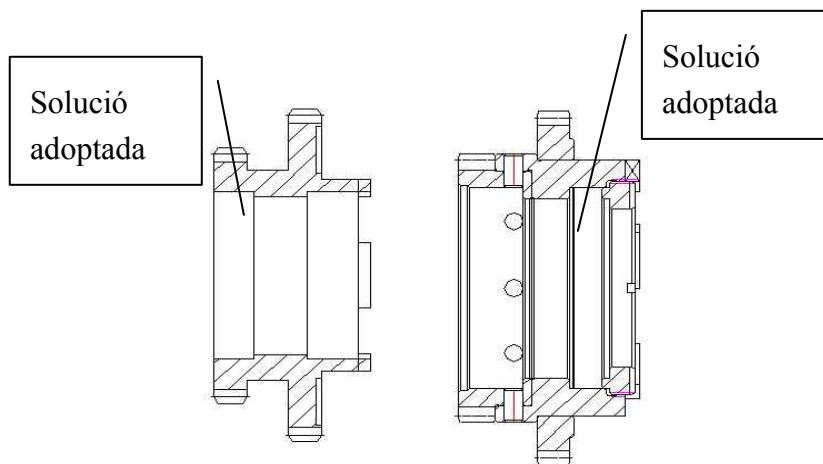


Fig. A31



Al igual que en el cas de l'eix primari, i seguint el mateix raonament, tal i com es veu a la figura A31, a partir del que seria la peça inicial, es passa a una configuració de diferents peces per tal de aprofitar el màxim nombre d'elements estàndard possible i abaratir costos. De cara a la fabricació seriada, no es seguirà aquest camí sinó que es mirarà de compactar i minimitzar peces.

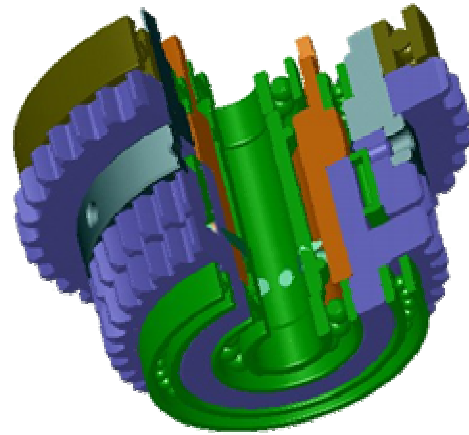


Fig. A32 Conjunt de eix primari i terciari coaxials

#### ***A1.2.5.1 Engranatge 6***

Aquest element engrana amb l'engranatge de Reducció i dona com a resultat la velocitat reduïda a la sortida.

El punt de partida també serà el d'un material estàndard de compra,.

Al tractar-se d'una peça encaixada amb premsa s'ha de vigilar de donar al diàmetre interior la tolerància desitjada en la fabricació que garantitzi un muntatge i funcionament del conjunt correcte.

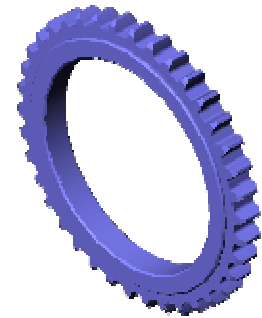


Fig. A33

#### ***A1.2.5.2 Engranatge 2***

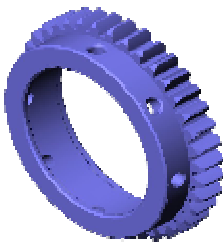


Fig. A34

Aquest roda només transmet quan funciona el mecanisme amb la marxa directe.

El punt de partida també és material estàndard.

El forats sobre la cara cilíndrica són per poder unir l'engranatge al cub de sortida mitjançant passadors.



### **A1.2.5.3** *Cub sortida*

Aquest element transmet el moviment a la peça cub radis a través del seu dentat frontal.

En la superfície exterior hi va l'engrenatge 6 amb un ajust amb interferència. Per que la interferència sigui l'adequada s'ha de respectar la tolerància del diàmetre exterior.



Fig. A35 Cub sortida

### **A1.2.5.4** *Tapa roscada 2*

La mateixa funció que la tapa roscada de l'eix primari



Fig. A36 tapa roscada

## **A1.2.6** *Conjunt Selector*

Aquest conjunt ens servirà per seleccionar la velocitat desitjada en cada moment.

Sobre l'eix selector va muntat el selector mitjançant un xaveter, de manera que el gir de l'eix provoca el moviment del selector que es transforma en un moviment lineal del sincronitzador (conjunt eix secundari). En l'extrem de l'eix selector es munta una palanca amb la que es maniobra des de l'exterior. En l'altre extrem s'allotja una molla de torsió.

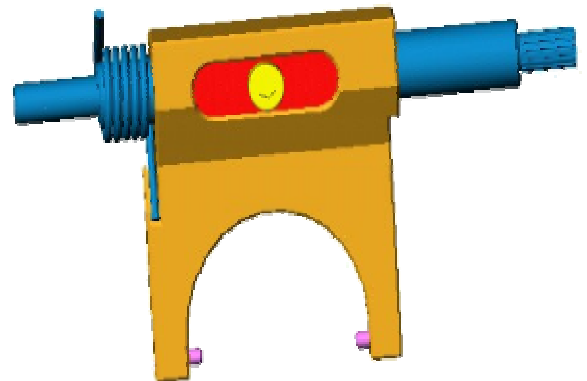


Fig. A37 Conjunt selector

### **A1.2.6.1** *Selector*

Aquest element va muntat sobre l'eix del selector i fixat mitjançant una xaveta la guia de la peça de manera que li permet el gir però li restringeix el seu desplaçament axial.

Està construïda totalment a partir d'un bloc d'acer amb totes les operacions realitzades amb fresa. Té el mecanitzat per la xaveta i una ranura en un costat per a posicionar la molla. Cal

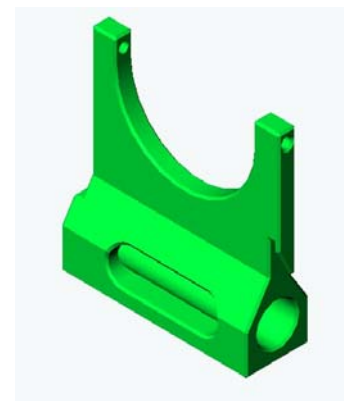


Fig. A38



vigilar que l'ajust dels passadors sigui correcte per a que quedin ben fixats i respectar la distancia entre extrems .

#### **A1.2.6.2 Eix selector**

Aquest eix va ajustat en el forat passant del selector, i sobre aquest eix va muntat el conjunt selector que després serà l'encarregat de seleccionar la velocitat desitjada.

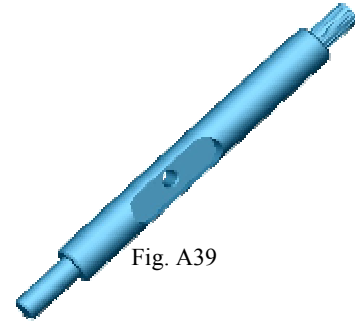


Fig. A39

#### **A1.2.7 Conjunt Carter**

El Carter és l'estructura principal que allotja en el seu interior tot el mecanisme i donar rigidesa.

Encara que en el primer prototipus no es té en compte el factor pes es va escollir l'alumini per fabricar aquest element per la gran diferencia de pes i la facilitat per ser mecanitzat que presentava enfront l'acer. S'han mecanitzats els allotjament per l'eix primari, l'eix terciari, l'eix secundari i el selector, així com les finestres en els laterals que ens permetran visualitzar el moviment del mecanisme des de l'exterior.

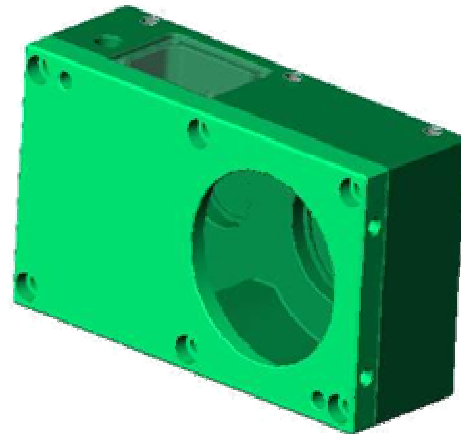


Fig. A40 Conjunt carter

##### **A1.2.7.1 Carter**

Aquesta és la peça principal d'aquest subconjunt. Fa d'estructura principal de subjecció del mecanisme i fa de nexa entre el canvi i la cadira.

Està mecanitzada a partir d'un bloc massís d'alumini. Es va escollir alumini com a material base per el seu baix pes i la facilitat de mecanització, encara que també es va contemplar la possibilitat de realitzar-ho en nylon amb postissos en acer.

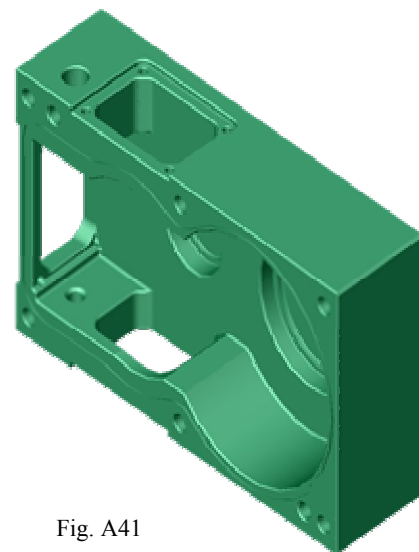


Fig. A41



El seu disseny està fet seguint unes pautes que intenten facilitar el mecanitzat. Fabricació feta en fresa i la cantonada de suport de la molla de torsió que pertany al subconjunt del selector ha estat feta amb electroerosió.

### A1.2.7.2 Tapa carter

És la tapa que tanca el carter i dona suport als rodaments. Per la part inferior té la sortida del mecanisme per on realitzarà l'acoblament amb la caixa.

També es fabrica a partir d'un bloc d'alumini on es realitzen les operacions de mecanitzat en la fresa o en el centre de mecanitzat.



Fig. A42

### A1.2.7.3 Finestra 1 i finestra 2

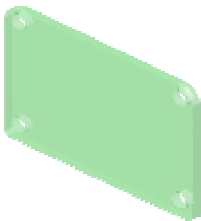


Fig. A43

Aquest element permet observar el mecanisme en funcionament. Per un costat manté el carter tancat per a que no hi hagin fuites de greix ni entrada d'agents exteriors dins el mecanisme.

Esta feta amb PET, material plàstic transparent que dona bones característiques per l'aplicació escollida..

## A1.2.8 Imatges mecanisme primer prototip de canvi



Fig. A44. Primer prototip sen se tapa.

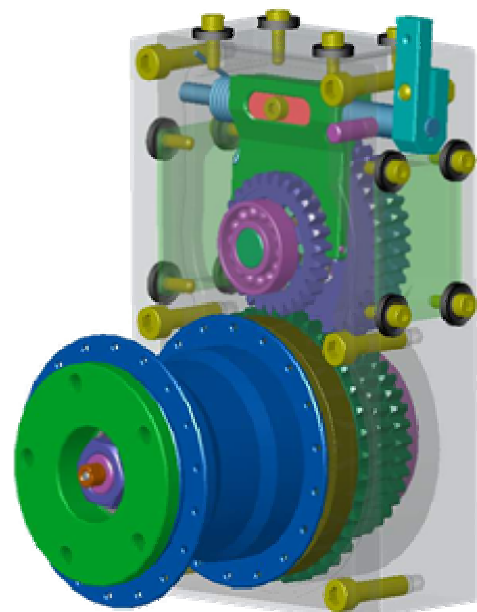


Fig. A45 Imatge en Cad del disseny inicial





---

## A2. VALIDACIÓ DEL PRIMER PROTOTIP

---

Segons el grau d'innovació del producte, es determina en gran mesura el procés de disseny i desenvolupament: En cas de tractar-se d'un disseny original, implica l'elaboració d'un principi de funcionament, ja que no existeix cap precedent que serveixi com a guia, el qual comporta un treball laboriós i imaginatiu. Aquesta tasca es va dur a terme en el primer prototip.

El producte objecte d'aquest projecte cal fer un segon pas: un disseny de variant que implica una variació de les dimensions o disposició de determinats components o subconjunts de manera que no es vegi afectat el principi de funcionament ni la funció.

Els productes que inclouen un disseny original o un disseny d'adaptació, han de validar els principis de la solució. Hi han diferents mètodes de validació, entre ells la simulació o el prototipatge. Es va decidir fer prototip: ¿per què fem un primer prototip i no una simulació per validar el funcionament i comprovar el comportament? Tot i que aquesta opció pot suposar un cost més elevat, l'assaig amb prototips té dos avantatges en relació a la simulació virtual:

- Reprodueixen amb molta més fidelitat el comportament real del futur producte
- posa de manifest circumstàncies i modes de funcionament difícils d'imaginar en un context de simulació virtual.
- Permeten ajustar paràmetres de disseny.

Per tant és necessari, abans de validar un producte i iniciar la seva producció en sèrie, realitzar proves i assatjos amb un prototip.

En el cas que ens ocupa, existeixen situacions difícils de simular per no dir impossibles que fan necessari i imprescindible la utilització de prototips per validar un disseny amb el màxim de garanties. Per exemple, no es pot simular la sensació que percep l'usuari amb aquesta



invenció si no és amb un prototip i realitzant proves sobre terreny sometent el producte a situacions extremes.

## A2.1 PROVES DE VALIDACIÓ

Per dur a terme aquesta tasca es van fer proves senzilles basades en l'utilització de la cadira prototip en el seu medi natural, el carrer, i comprovant que realment era capaç de reduir l'esforç en pujada, sense haver de renunciar a la resta de serveis que proporciona una cadira de rodes estàndard. Primer es va provar a portes tancades per membres del propi Centre, obtenint un resultat molt positiu i satisfactori, però era necessari obtenir l'aprovació per part de personal extern. Qui millor que els propis usuaris de cadires de rodes per obtenir una valoració completa del seu funcionament i de la interacció d'aquest element amb l'usuari. Així doncs, es procedeix a proves amb persones amb discapacitats.

La primera prova realitzada va ser el dia 26 de febrer del 2003 per el Sr. Rovira Beleta, arquitecte i minusvàlid. La prova consistia en circular inicialment en pla i després en pujada. En circular es va observar que hi havia un joc de desfàs entre el passamà i la roda que es veia multiplicat en posar la velocitat reduïda. Aquest desfàs provocava que no es poguessin fer certes maniobres habituals per a la mobilitat de les persones amb la mateixa seguretat i comoditat que amb una cadira de rodes manual estàndard. Per tant ja es va observar un punt a millorar de cara el nou disseny.



Fig. A46 Fotografia presa durantr la primera prova en pla





La segona prova es va fer el dia 2 d'abril En Jaume, un col·laborador amb minusvalia d'una empresa fabricant de cadira de rodes, amb la presència també de Rovira Beleta. En aquesta segona prova es va provar també la cadira en pla i amb terreny inclinat. Un cop finalitzada es van anar comentant aquells punts forts, alguns de millorables, i aquells que eren inadmissibles i que posaven en perill l'èxit del producte.



Fig A47. Fotografies preses durant la segona prova

Cal remarcar que en el moment de la prova la cadira, no estava del tot adaptada a la persona, en quant a amplada i els frens no estaven instal·lats. Tot i així va ser una experiència altament positiva on es va poder recollir l'opinió i valoració d'usuaris de cadires de rodes.

Els resultats finals de les proves varen determinar que el prototipus era capaç de proporcionar les dues marxes i que complia les especificacions inicials del producte, obtenint una valoració positiva del funcionament del mecanisme. Tot i així es van observar alguns aspectes a millorar i així aconseguir un producte molt més atractiu i competitiu en el mercat.

- Ubicació del canvi en el quadre. Intentant que sigui vàlid per qualsevol cadira estandaritzada per a que no quedi limitada a un model en concret. És fàcil dur a terme aquesta proposta ja que les cadires de rodes actuals acostumen a tenir les mides del



quadre molt similars tant en diàmetre de tub com en distàncies entre tubs de l'estructura de la cadira..

- Situació dels frens havia de ser respectada i compatible amb la del canvis en el quadre de la cadira
- Reduir el joc del volant
- Dissenyar un volant on no molestin els radis
- Es van plantejar dos opcions de desmuntatge:
  - només la roda: més ràpid i còmode.
  - el canvi es desmunti juntament amb la roda (kit desmuntable) : així aconseguim que el pes quedi més repartit entre els seus components un cop desmuntada la cadira. Cal tenir però en compte que aquest kit ha de ser àgil, universal i segur.
- Es planteja també la possibilitat d'adaptar aquest sistema a una cadira hemiplègica. Ens cal però un eix que uneixi les dues rodes. Es una proposta interessant degut que comptaríem amb la possibilitat d'un mercat potencial que no disposa de cap servei semblant.
- Cal un disseny de carcassa atractiu.

La valoració del prototipus que es va obtenir i possibilitats de millores foren la base d'una nova etapa: canvis sobre el prototip fins aconseguir que el conjunt fos valorat positivament per els usuaris. La finalització d'aquest etapa donaria pas al redisseny per a la fabricació seriada del producte.

## **A2.2 MODIFICACIONS EN PROTOTIP PER LA VALIDACIÓ DE FUNCIONAMENT.**

Finalitzades les proves es va donar prioritat a aquells aspectes que posaven en perill l'èxit del producte. Aquests foren la reducció del joc entre roda i volant i la posició dels frens i accionament canvi. Tot i que aquestes tasques tenien prioritat s'anaven analitzant en paral·lel



amb la resta d'aspectes a millorar tenint sempre present la interrelació dels diferents components de la cadira i respectant el principi de funcionalitat ja validat.

Calia saber què era el que provocava el joc existents i com es transmetia per tot el mecanisme per tal de poder focalitzar el problema. El primer que es va fer, fou dur a terme un estudi exhaustiu de tot el mecanisme, analitzant amb detall el comportament individual de cada element i les interferències entre els elements que ho componen. Les conclusions a les que es va arribar foren que el joc existent provenia de la combinació de diversos factors

- Una part provenia del joc relatiu que existeix entre les dents frontals de l'acoblament entre la boja i el canvi. Aquest joc funcional havia estat dissenyat amb l'objectiu de facilitar al màxim el muntatge i el desmuntatge de les rodes, però es va observar que era excessiu i per tant es podia rehuir. Per altre banda, remarcar que les dents frontals tenen un petit angle d'inclinació per impedir l'aparició de forces de repulsió entre el canvi i la boja.

Aquest dos factors combinats i sumats al fet de que tenim dos parelles d'engranaments frontals, representen tan sols un 30% del joc total observat en anteriors proves.

- El 70 % restant apareix en el subconjunt eix secundari on hi ha un sistema semblant al dentat frontal de la boja. En aquest cas es tracta d' uns passadors que s'introdueixen en uns colisos mecanitzats a l'engranatge. Aquests colisos tenen la seva raó de ser per facilitar l'entrada quan les peces estan en moviment, a la vegada fan que el passador tingui un petit recorregut en el que no acaba d'arrossegar el mecanisme. Aquest petit recorregut es veu multiplicat per la relació de transmissió de manera que a la sortida es pot apreciar un desfàs entre la roda i el volant molt considerable.

Aquestes dues causes sumades eren les que provocaven el joc visible a la sortida. A continuació es presenten un seguit de tasques realitzades per tal d'eliminar el joc. Comentar que els canvis es feien intentant aprofitar les peces existents, i així abaratir al màxim els costos de prototipatge. Més endavant ja es considerarà fer canvis de millora de cara a la fabricació seriada, però l'objectiu en aquest punt és eliminar el problema del joc. El joc existent mesurat sobre el propi prototip fou de 35 graus, massa gran per garantir una mobilitat que proporcionés seguretat a l'usuari en els seus moviments.

Així doncs els canvis realitzats sobre el propi prototip foren:

1. Canvis en el dentat frontal per l'acoblament entre la boixa i l'eix d'entrada del canvi. La modificació del dentat consisteix en l'eliminació de l'angle de la dent a la part de la boixa per



un perfil recte aconseguint que l'acoblament amb la caixa sigui més ajustat. Gràcies a aquest canvi s'aconsegueix reduir l'angle de joc de  $35^\circ$  a  $20^\circ$

2. L'altre punt a atacar era l'acoplament mitjançant forats colissos. Aquest tipus d'acoplament fou l'escollit en el primer prototip, tot i conèixer que degut a la seva geometria proporcionava joc de funcionament, per la seva senzillesa de fabricació. Els forats colissos eren una bona opció ja que facilitava molt el canvi de marxa, fent que els passadors, acoblats en el sincronitzador, entressin fàcilment als forats mecanitzats en els respectius engranatges.

Es tractava de substituir-ho per un dentat frontal semblant al de les rodes amb la caixa de canvi o per algun sistema que simulés el mateix el comportament. Per tal d'abaratir costos i reduir al màxim el nombre de peces noves a fabricar es va optar per una solució del següent tipus: Mecanitzat de dos engranatges substituint els forats colissos per uns de cònics, per tal de mantenir en mesura la facilitat de l'entrada dels passadors en els engranatges corresponents i amb intenció d'eliminar el joc.

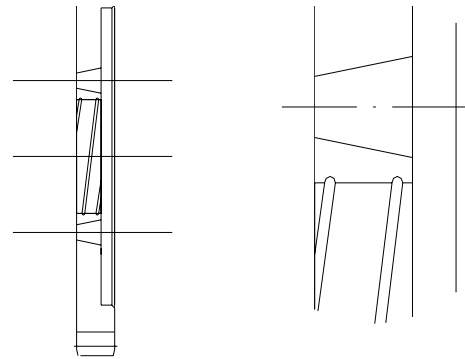


Fig A48. Forats cònics rodes dentades

Al mateix temps es va haver de mecanitzar els passadors del sincronitzador per convertir-los en uns dobles cònics. Es van aprofitar els mateixos passadors muntats en el prototip.

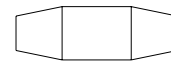


Fig A49. Passador doblement cònic

Aquesta modificació és obligada degut a l'anterior canvi, deixant 4mm de cap cònic a cada costat. La longitud total del passador és la mateixa que el prototip inicial

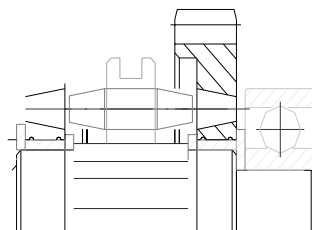


Fig A50 Muntatge passador cònic sobre sincronitzador

Un cop mecanitzats

canvis es



va muntar de nou l'eix secundari dins la caixa amb la resta de components i es va mesurar el joc restant entre el passamà i la roda. S'observa que el joc no és eliminat del tot, però sí reduït en gran mesura. L'objectiu, continua sent, esbrinar d'on prové aquest joc encara remanent. Es demunta de nou el mecanisme i es detecta que quan els passadors cònics entren del tot a l'engranatge corresponent, el joc es pràcticament nul; però que, amb el disseny actual del intercanviador no succeeix així. Degut a que els passadors no poden realitzar completament el seu recorregut ja que xocaven les cares dels engranatges amb les del sincronitzador fent que els tetons no entressin del tot, fet que produïa el joc restant. Per tal de solventar aquest obstacle i garantir el moviment total dels passadors es produeixen els següents canvis:

- reduir l'amplada del sincronitzador

Això sembla que ens permetria evitar aquest obstacle, però s'hauria de garantir que no es produeixi en un altre punt. Un altre possible obstacle era la forquilla, però es tractava de jugar amb la seva forma per tal d'evitar aquest contacte.

Al mateix temps es va comentar la possibilitat de substituir aquesta peça per una xapa que d'alguna manera fixes els passadors que suportarien el fregament degut al moviment. Això ens permetria reduir el gruix i també seria molt positiu des del punt de vista econòmic. Després es va comprovar amb possibles proveïdors que el procés de fabricació no seria tan fàcil i per lo tant no econòmic.

- Reducció, per una banda, de la profunditat de la cara plana dels engranatges i, per l'altre, la longitud dels passadors cònics per permetre el recorregut complet, sense crear interferències del passador amb la roda que no engrani en aquell moment.

- Posteriorment es va voler provar també sobre el prototip el sistema de dentat frontal plantejat inicialment en substitució als passadors cònics, que no originava aquestes forces de repulsió.

Un acoblament d'aquest tipus entre els engranatges i el sincronitzador permet unir i separar fàcilment les peces fent que el moviment de les rodes dentades intervingui en la transmissió o bé deixant-los girar lliurement. El principi de funcionament dels acoblaments embragables d'aquest tipus és el d'arrossegament. En aquest cas en concret, és el sincronitzador fix a l'eix secundari, i per tant que gira la mateixa velocitat que aquest, qui força a l'engranatge amb el qual fa contacte a girar a la mateixa velocitat. Aquest transmet el moviment a la sortida mitjançant la transmissió de moviment entre rodes dentades. Les transmissions per



arrossegament de forma només són aplicables en aquells casos on l'acoblament es produeix en repòs o bé el moviment de peces es realitza en marxes molt lentes.

Es va mecanitzar un nou sincronitzador i els dos engranatges amb els que havia de fer contacte per poder comprovar l'eficàcia d'aquesta alternativa. Un cop muntat, es va realitzar una mesura del joc existent amb aquest nou canvi i es va observar que s'havia eliminat el joc inicial entre el volant i la roda motriu. Aquest nou disseny permet satisfer la necessitat d'eliminar el joc millorant notablement el funcionament global del conjunt.

Arribat aquest punt ,es va revisar de nou tot el mecanisme, comprovant els resultats dels canvis realitzats i es va validar el seu funcionament correctament. Amb el mecanisme inicial sobre el qual es van anant fent les modificacions ja comentades es va poder comprovar empíricament l'eficàcia dels canvis. El fet d'aconseguir l'eliminació del joc permetria seguir el projecte endavant.

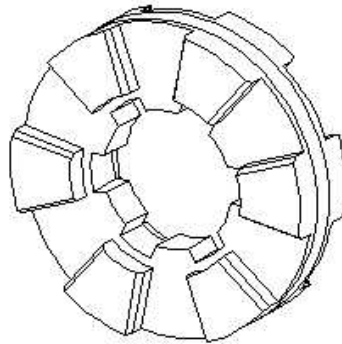


Fig A51 Sincronitzador amb dentat frontal



## ANNEX B: CALCULS JUSTIFICATIUS

### INDEX:

<b>B1.</b>	<b>CÀLCUL DE RODAMENTS.....</b>	<b>113</b>
B1.1	DEFINICIÓ DE COMPONENT I GENERALITATS.....	113
B1.2	TIPUS DE COIXINETS. CLASSIFICACIÓ.....	113
B1.3	FUNCIONAMENT I PARTS CONSTITUENTS.....	116
B1.4	CAPACITAT DE CÀRREGA I VIDA D'UN RODAMENT .....	117
B1.4.1	<i>Capacitat de càrrega estàtica .....</i>	117
B1.4.2	<i>Càrrega estàtica equivalent .....</i>	118
B1.4.3	<i>Capacitat de càrrega dinàmica .....</i>	118
B1.4.4	<i>Càrrega dinàmica equivalent.....</i>	118
B1.4.5	<i>Vida d'un rodament.....</i>	119
B1.4.6	<i>Factor de vida.....</i>	119
B1.4.7	<i>Factor de seguretat.....</i>	120
B1.5	CÀLCUL DE FORCES SOBRE ELS RODAMENTS REDUCTOR .....	120
B1.5.1	<i>Cas estàtic: .....</i>	121
B1.5.2	<i>Cas dinàmic .....</i>	124
<b>B2.</b>	<b>ENGRANATGES .....</b>	<b>127</b>
B2.1	DEFINICIÓ I GENERALITATS.....	127
B2.2	CLASSIFICACIÓ DELS ENGRANATGES.....	128
B2.2.1	<i>Elements dels engranatges cilíndrics de dents rectes. Notació.....</i>	130
B2.2.2	<i>Paràmetres de definició de les rodes dentades canvi de marxes .....</i>	133
B2.3	RELACIONS FONAMENTALS DE RODES CILÍNDRIQUES DE DENTS RECTES .....	139
B2.3.1	<i>Relacions de transmissió canvi de marxes .....</i>	140
B2.4	FORMA DELS DENTS .....	141
B2.4.1	<i>Engranatges homòlegs .....</i>	141
B2.4.2	<i>Perfil del dent .....</i>	141
B2.4.3	<i>Traçat pràctic del perfil del dent d'evolvent de cercle.....</i>	142
B2.4.4	<i>Línia d'engrane .....</i>	143
B2.5	FORCES QUE ACTUEN EN UN ENGRANATGE .....	143
B2.5.1	<i>Càlcul de la resistència del dent (dimensionat) .....</i>	145
B2.5.2	<i>Fórmula de Lewis .....</i>	148



B2.6	CÀLCUL DE RESISTÈNCIA DE DENT EN LES RODES DENTADES DEL MECANISME CANVI DE MARXES.....	151
B2.7	CONCENTRACIÓ DE TENSIONS.....	154
B2.8	CONCENTRACIÓ DE TENSIONS EN RODES DEL CANVI DE MARXES...	156





---

## **B1. CÀLCUL DE RODAMENTS**

---

### **B1.1 Definició de component i generalitats**

Quan en un mecanisme hi ha dues peces que giren a velocitats diferent es col·loca un element intermig per tal d'evitar el fregament eliminant així les pèrdues d'energia per calor i disminuint el desgast de la zona de contacte on fregarien les dues peces. Aquest element intern s'anomena coixinet o rodament i el que fa es absorbir aquesta diferencia de velocitat gràcies al comportament de les seves parts constituents ja dissenyades i fabricades per a satisfer aquesta funció.

A fi de reduir el fregament, disminuir el desgast i evitar avaries, es col·loca entre ambdós superfícies del rodament una substància formant una pel·lícula que les manté separades, i que al mateix temps tingui molt baix índex de fregament. Aquest element intern s'anomena lubricat i pot ser líquid o pastòs. D'aquesta manera es substitueix el fregament entre sòlid-sòlid per un entre sòlid-líquid o pastos.

### **B1.2 Tipus de coixinets. Classificació**

Els coixinets es classifiquen en general, segons el tipus de fregament que experimenta i el tipus de càrrega que suporta.

Segons el tipus de fregament distingim entre coixinets de fricció o de lliscament, coixinets de antifricció o de rodadura. Entre els primers trobem els coixinets de casquet complet i els de casquet partit. Entre els segons els de boles o rodets. A la figura (Fig.B.1) es mostren aquests dos tipus de coixinets.



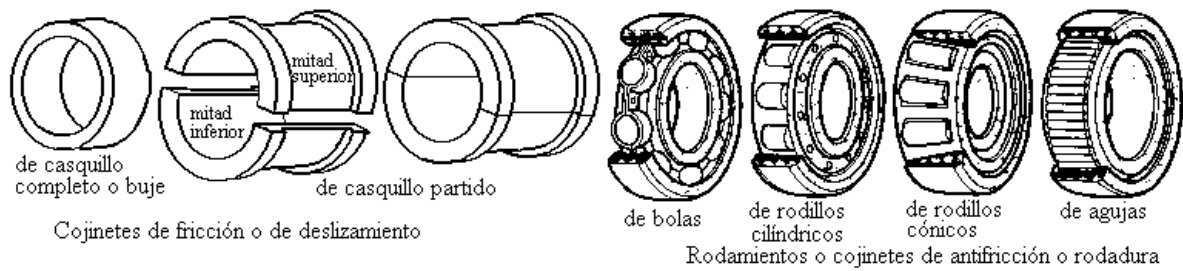


Fig B.1. Representació de tipus de coixinets

Segons la càrrega que suporten es té: 1- Coixinet radial; 2- Coixinets axials ; 3- Coixinets de guies, que suporten càrregues de diferents tipus. A la figura (Fig.B.2) es mostren aquests tipus.

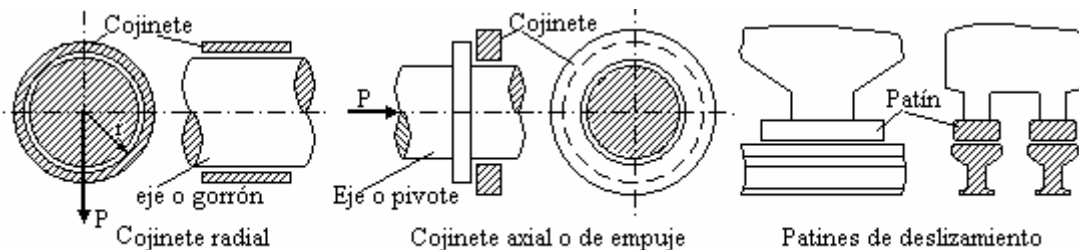


Fig B.2. Representació de tipus de coixinets segons càrrega de suport

Els rodaments o coixinets antifricción, són coixinets que utilitzen boles o rodets que giren, movent-se dins d'un compartiment format por dos cilindres o pistes, de tal manera que es substitueix el fregament per fricción entre dos superfícies planes, per el fregament de rodadura entre una superfície plana i una cilíndrica o esfèrica.

Es pot fer un anàlisi comparatiu entre avantatges i desavantatges entre els coixinets de fricción i els rodaments:

Les avantatges que presenten els rodaments són:

- Es tracte d'elements normalitzats
- Menor fricción en l'arrancada que els coixinets, que augmenten el fregament en arrancada respecte el de funcionament
- No necessita període de rodatge, al contrari que els coixinets de desllizaments



- La lubricació és senzilla i pràcticament no necessita manteniment
- Ocupen menor espai axial
- Tenen certa capacitat d'absorbir càrrega axial i radial
- Per el soroll de rodadura es port detectar fallades de funcionament.
- Poden treballar a temperatures superiors que els coixinets

Per contra presenten alguns inconvenient en front els coixinets;

- Majors dimensions radial i major pes
- No son aptes per a funcionament sa altes velocitats
- rodament és més sorollós que el coixinet
- les partícules entranyes perjudiquen molt el seu funcionament correcte
- els coixinets de fricció tenen major capacitat de suportar sobrecàrregues i impactes
- els rodaments degut a fatiga tenen vida limitada, mentre que els coixinets de fricció, si estan ben lubricats poden durar indefinidament

Segons el tipus de càrrega que suporten es tenen rodaments radials i rodaments axials; per el tipus d'elements rodants utilitzat: rodaments de boles, de rodets cilíndrics, d'agulles, de rodets cònics, a ròtula u oscil·lants; por la quantitat de fileres de boles o rodets: de simple filera, de doble filera, de triple filera. A més, si són rodaments autoalineants, blindats, si tenen separadores, etc.

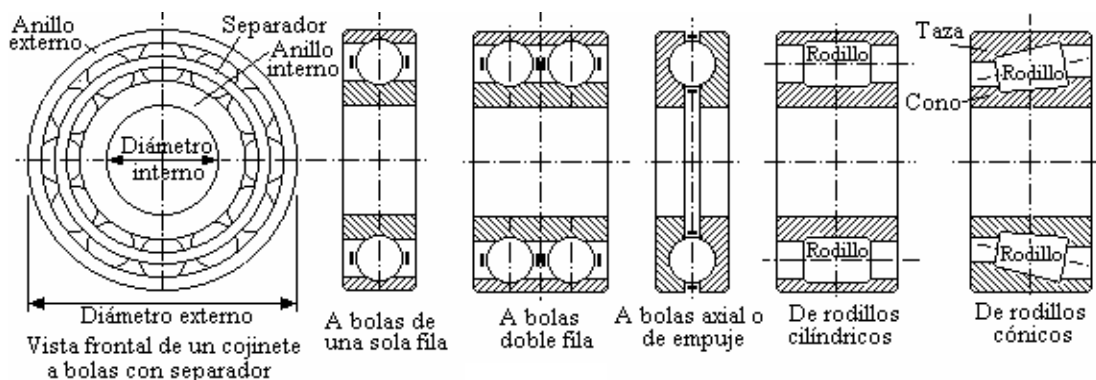


Fig B.3 Alguns tipus de rodaments



A la figura (Fig.B.3) es mostra una sèrie de rodaments, els quals són únicament indicatius, ja que no hi ha una gran varietat de tipus de rodament antifricció en el mercat, cada un atenent a les exigències i condicions específiques de servei.

S'ha decidit seleccionar rodaments d'una filera de boles ja que, no hi han càrregues axials, i si apareguessin per deformacions pròpies del mecanisme aquestes serien molt petites, i podrien ser perfectament absorbides per aquest tipus de rodaments. Un dels altres factors que em fa inclinar per aquest tipus de solució és el seu baix cost, la seva facilitat de muntatge, i el poc manteniment que necessiten (en cas de seleccionar la opció de doble obturació).

### B1.3 Funcionament i parts constituents

A la figura (Fig.B.4), es pot observar un rodament de boles amb la designació dels seus components. En el forat (diàmetre interior) de l'anell interior s'introdueix a pressió l'eix del mecanisme, girant el conjunt d'anell interior i eix sobre les boles o esferes, que al mateix temps ho fan sobre la pista de l'anell exterior, estant aquest últim fixat a pressió en la caixa d'allotjament o encastrament del rodament. Els separadors s'utilitzen per impedir el contacte de les boles i absorció de sacsejades produïdes per canvis de velocitats de les boles. També pot girar l'anell exterior sobre les boles, restant fix l'anell interior, segons el disseny i element giratori del mecanisme.

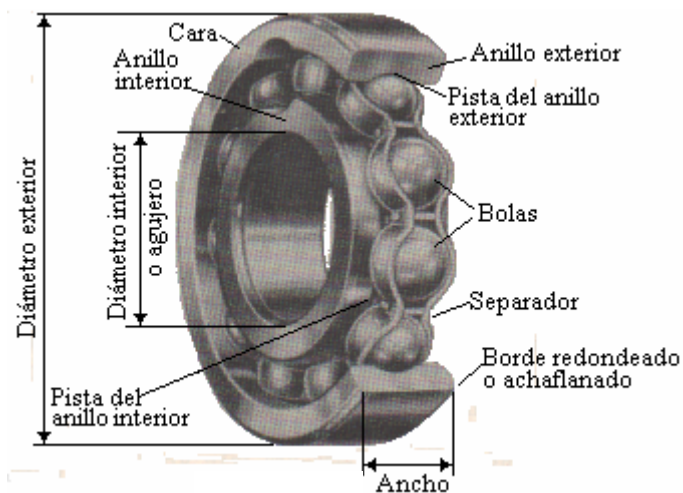


Fig B.4 Parts d'un rodament



## B1.4 Capacitat de càrrega i vida d'un rodament

Els esforços als que es sotmet els rodaments al funcionar a altes velocitats, sota càrregues combinades en forma cíclica, fregaments, impactes, temperatures, etc., fan que se generin falles per fatiga superficial dels elements en contacte.

Per tal de conèixer el comportament que tindrà el rodament, la seva velocitat, duració i resistència dins dels límits imposats per la tecnologia aplicada, s'han definit, basant-se en resultats experimentals, diferents conceptes estadístics ha considerar quan es tria un rodament.

Així, per establir la resistència del rodament s'han definit els conceptes de càrrega suportada per el rodament, com la capacitat de càrrega estàtica, la capacitat de càrrega dinàmica i la càrrega equivalent, mentre que per determinar la duració es defineix el concepte de vida del rodament.

### B1.4.1 Capacitat de càrrega estàtica

La capacitat de càrrega estàtica és la càrrega radial que suporta el rodament quan està en repòs. Aquesta càrrega, si bé és petita en molts casos, pot traduir-se en deformacions permanents dels seus elements. Està donada per l'expressió:

$$\text{Per coixinets de boles:} \quad C_o = f_o \cdot i \cdot z \cdot d^2 \cos\alpha \quad (\text{B.1})$$

$$\text{Per a coixinets de rodets:} \quad C_o = f_o \cdot i \cdot z \cdot d \cdot l \cos\alpha \quad (\text{B.2})$$

Essent en la (B.1) i (B.2),  $C_o$ : la capacitat de càrrega estàtica, que pot estar donada en N o kg;  $f_o$ : factor que depèn del coixinet, de la resistència a la deformació, en N/m<sup>2</sup> o kg/mm<sup>2</sup>;  $i$ : nombre de fileres de boles o rodets;  $\alpha$ : angle de contacte comprès entre la línia d'acció de la càrrega sobre la bola i un pla perpendicular a l'eix del coixinet;  $z$ : nombre de boles o rodets per fila;  $d$ : diàmetre de les boles o rodets;  $l$ : longitud del rodet. El factor  $f_o$  es troba tabulat segons es mostra a continuació.

Tipus de coixinet	$f_o$	
	Kg, mm	polzada
Coixinet de boles autoalineants	0,34	484
Coixinets de boles amb solc de contacte radial i angular	1,25	1780

Taula B1



### B1.4.2 Càrrega estàtica equivalent

Per a coixinets sotmesos a càrregues estàtiques radials  $Fr$  i axials  $Fa$  combinades, la càrrega estàtica equivalent  $P_o$  està donada per l'expressió:

$$P_o = X_o Fr + Y_o Fa \quad (B.3) \quad i$$

$$P_o = Fr \quad (B.4)$$

Es pren com càrrega estàtica equivalent  $P_o$  la que resulti major al aplicar la (B.3) i (B.4).

$X_o$  i  $Y_o$  són factors de càrrega radial i axial respectivament i estan tabulats.

### B1.4.3 Capacitat de càrrega dinàmica

La capacitat de càrrega dinàmica  $C$  és la càrrega radial, o axial, constant que pot suportar un coixinet radial o axial durant 1.000.000 (un milió) de voltes o revolucions, abans d'apareixer els primers indicis de fatiga. En aquests casos la càrrega estàtica no té major influència, doncs es reparteix uniformement en tots els elements (boles o rodets) al estar el rodament girant. La capacitat de càrrega dinàmica  $C$  per coixinets de boles per un milió de voltes, està donat per l'expressió:

$$C = 0,082 \cdot f_c (i \cdot \cos \alpha)^{0,7} z^{2/3} d^{1,8} \quad (B.5)$$

A la (B.5)  $f_c$  és un factor que depèn principalment del material, estant en  $N/m^2$  o en  $kg/mm^2$ ,  $d$  el diàmetre en mm de les boles,  $i$  el nombre de fileres de boles i  $z$  el nombre de boles, resultant  $C$  en N o kg.

Per boles que no superen los 25,4 mm de diàmetre. Per boles de diàmetre major a 25 mm, l'exponent de  $d$  es 1,4.

### B1.4.4 Càrrega dinàmica equivalent

La càrrega dinàmica equivalent  $P_d$ , per coixinets de boles de contacte radial i angular, considera que el coixinet està sotmès a càrregues radials  $Fr$  i axial  $Fa$  combinades, considerant els factors de càrrega radial  $X$  i axial  $Y$ , que depèn de l'angle  $\alpha$ , i un factor  $V$  de rotació de pista, igual a 1 per la rotació del anell interior i l'exterior fix amb relació a la càrrega, e igual a 1,2 per la rotació de l'anell exterior, essent l'interior estacionari amb relació a la càrrega. Per rodaments autoalineants  $V=1$ . Per tant  $P_d$  resulta el major valor de las següents expressions:



$$P_d = X V F_r + Y F_a \quad (\text{B.6})$$

$$i \quad P_d = V F_r \quad (\text{B.7})$$

### B1.4.5 Vida d'un rodament

S'anomena vida d'un rodament, designada amb  $L$ , al període de servei del coixinet, limitat per la fatiga. Es mesura el nombre de voltes o nombre d'hores de servei. Segons resultats experimentals,  $L$  es inversament proporcional a la càrrega  $F$  que suporta el rodament, essent:

$$\text{a) } \frac{F_1}{F_2} = \frac{L_2^{\frac{1}{3}}}{L_1^{\frac{1}{3}}} \Rightarrow \text{b) } F_1 \cdot L_1^{\frac{1}{3}} = F_2 \cdot L_2^{\frac{1}{3}} = F \cdot L^{\frac{1}{3}} = \text{constant} \quad (\text{B.8})$$

Aquests resultats permeten establir experimentalment la següent relació entre la vida  $L_n$  del rodament, la càrrega dinàmica  $C$  que suporta i la càrrega dinàmica equivalent  $P_d$ :

$$L_n = \left( \frac{C}{P_d} \right)^b \quad (\text{B.9})$$

On  $L_n$  està en milions de voltes (Mr), essent  $b = 3$  per rodament a boles radials i axials, i  $b = 10/3$  per rodaments radials i axials a rodets.

Es comú expressar la vida d'un rodament en hores  $L_h$ , per el que la (9.9) es pot escriure:

$$L_h = \frac{L \times 10^6}{60 \cdot n} = \left( \frac{C}{P_d} \right)^b \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad (\text{B.10})$$

### B1.4.6 Factor de vida

Si en l'expressió (B.9) es fa  $b = 3$  es té:

$$\text{a) } L_n = \left( \frac{C}{P_d} \right)^3 \Rightarrow \text{b) } \frac{C}{P_d} = \sqrt[3]{L_n} \Rightarrow \text{c) } C = P_d \sqrt[3]{L_n} \quad (\text{B.11})$$

Al factor  $\sqrt[3]{L_n}$  de l'expressió s'anomena factor de vida  $f_n$ , es a dir:



$$f_n = \sqrt[3]{L_n} \quad (\text{B.12})$$

La (B.12) és aplicable en rodaments amb velocitats variables. Per velocitats constants, el factor de vida  $f_n$  es pot prendre en hores de treball, resultant:

$$f_h = \sqrt[3]{L_h} \quad (\text{B.13})$$

Aquests valors es troben tabulats, depenent del fabricant

### B1.4.7 Factor de seguretat

Generalment, quan no són conegudes les condicions de càrrega o de treball del rodament, s'utilitza un factor de seguretat a fi de per compensar els imponderables. S'anomena  $S_0$  al factor de seguretat essent  $C_0$  la capacitat de càrrega estàtica,  $P_0$  la càrrega estàtica equivalent, e es pot escriure:

$$C_0 = S_0 \cdot P_0 \quad (\text{B.14})$$

La capacitat de càrrega estàtica i dinàmica pot combinar-se, obtenint:

$$\text{a) } \frac{C}{C_0} = \frac{f_n P_d}{S_0 P_0} \Rightarrow \text{b) } S_0 = \frac{f_n P_d}{P_0} \frac{C_0}{C} \Rightarrow \text{c) } f_n = S_0 \frac{C}{C_0} \frac{P_0}{P_d} \quad (\text{B.15})$$

És important la lubricació dels rodaments, ja que existeix fregament entre els elements rodants, pistes i separadors, la fricció d'aquests elements amb el lubricant durant el moviment i la deformació dels elements en contacte. Un lubricant adequat ha de formar una pel·lícula entre les superfícies en contacte, protegir l'element de la corrosió, evacuar la calor generada i protegir l'entrada d'elements estranys. Poden utilitzar-se olis i grasses per lubricar, utilitzant aquestes últimes a temperatures inferiors a 90 °C i velocitats baixes, en cas contrari utilitzar olis.

### B1.5 Càlcul de forces sobre els rodaments reductor

Es vol validar els rodaments utilitzats en el reductor i per a tal fi es calcularà la seva vida útil. Es faran unes hipòtesis de funcionament en casos desfavorables, considerant que la validesa en aquest casos garanteix un funcionament correcte en qualsevol altre cas.





Es vol contemplar el cas en el que l'usuari de la cadira estigui circulant sobre un pla inclinat, de manera que el pes de la persona que va sobre la cadira quedi recolzat només en una roda, essent conscient que aquesta situació no s'arribaria a produir mai ja que es presentaria un situació inestable en la que amb una probabilitat elevada portaria a la volcada de la cadira de rodes.

### B1.5.1 Cas estàtic:

HIPÒTESIS: Cadira inclinada  $30^\circ$

Pes sobre la roda de la cadira 1500 N

Radi roda de 600 mm

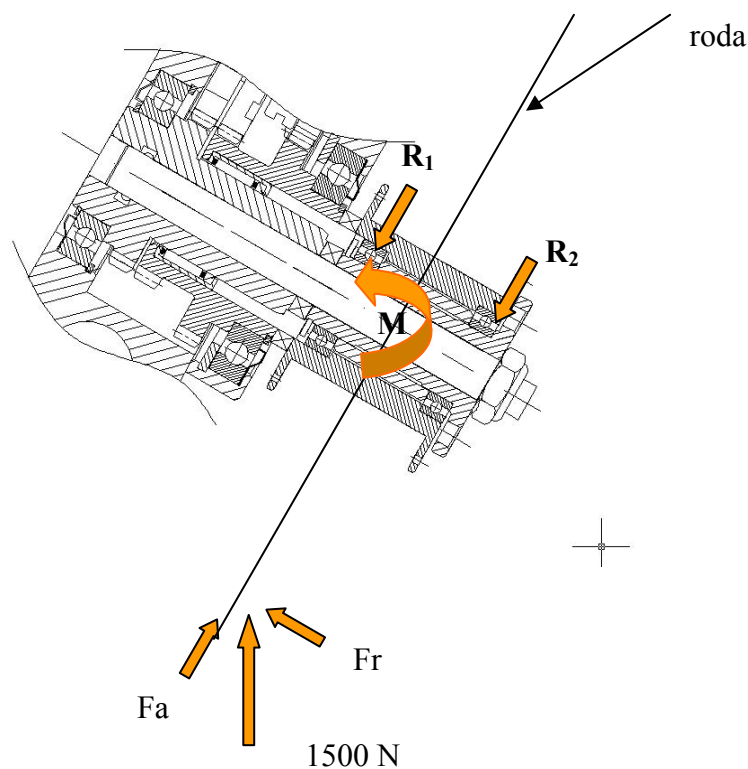


Fig B.5

Com a càrrega es té en compte el pes propi de tot el mecanisme amb la cadira i el pes del usuari, que s'ha estimat en uns 1500N. Com aquesta està inclinada  $30^\circ$ , es pot descomposar en dues forces  $F_a$  i  $F_r$  (Fig B.5), essent aquestes:

$$F_r = 1500 \sin 30 = 750 \text{ N} \quad \text{i} \quad F_a = 1500 \cos 30 = 1300 \text{ N}$$



D'aquesta càrrega es mira la càrrega que suporten els rodaments 61804 2RS ( $C_0=2240\text{N}$ ,  $C=3550\text{N}$ ) situats a la caixa.

El moment que es produeix sobre la caixa de la roda, considerant una roda de 600mm de radi, és:

$$M = 750\text{N} \times 300\text{mm} = 22500\text{Nmm}$$

Fent equilibri de forces sobre la caixa es té.

$$R_1 + R_2 = F_a = 1300$$

$$R_1 \times L = M = 1500 \times 30, \text{ essent } L \text{ la distància entre rodament (35mm)}$$

D'on s'obté:  $R_1 = 1285.71\text{ N}$  i  $R_2 = 214.28\text{ N}$

La força axial no està suportada per aquests rodaments ja que la folgança que hi ha en el paquet de la caixa és major que la que hi ha en el reductor, i per tant aquest suportarà la força axial. Per tant es pot concloure que en cas estàtic els rodaments poden suportar els esforços als que es sotmeten ja que en ambdós casos la força és menor a la capacitat de càrrega estàtica, ( $R_1 = 1285.71\text{N} < C_0 = 2240\text{N}$  i  $R_2 = 214.28\text{ N} < C_0 = 2240\text{N}$ )

Ara s'analitzaran les forces sobre els rodaments del reductor.

Equilibri de forces en eix primari:

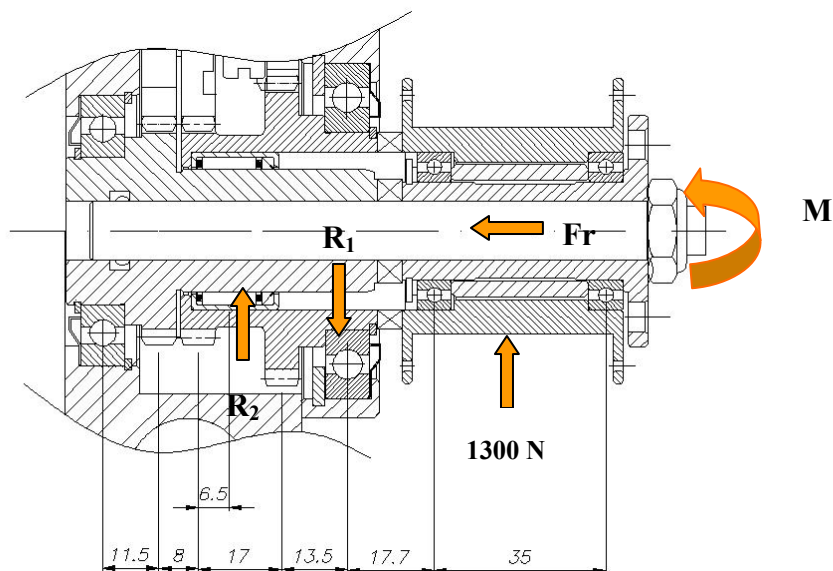


Fig B.6



Equilibri de forces radials (FigB.6):

$$R_1 = R_2 + 1300$$

$$R_2 \times (11.5 + 8 + 17 + 13.5) = 1300 \times (17.7 + 35/2) + M$$

D'on obtenim que  $R_1 = 2335 \text{ N}$  i  $R_2 = 1035 \text{ N}$

Degut a que el catàleg només contempla el cas en que es treballa amb càrrega radial, ens cal calcular la càrrega equivalent per el cas en que es treballa amb combinació de forces ( axial + radial)

Aquesta càrrega equivalent es calcula a partir d'uns factors X i Y tabulats en taules, com la que es mostra a continuació, i que es pot trobar en qualsevol catàleg de rodaments i la relació existent entre factors de propi rodament i les condicions de funcionament.

$F_a/C_0$	e	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
		$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

\*Utilice 0.014 si  $F_a/C_0 < 0.014$ .

Taula B2

Fent el càlcul de les forces equivalent, s'obté:

➤ Rodament 16008 2Z

$F_a / C_0 = 750 \text{ N} / 2700 \text{ N} = 0.27$ , per tat, segons la taula  $e = 0.38$

$F_a / F_r = 750 / 2335 = 0.32$  i  $e > F_a / F_r$ , llavors  $X = 1$  i  $Y = 0$

Per tant la força equivalent és de  $P = 2336 \text{ N}$



➤ Rodament 16006 2Z

$F_a / C_o = 750\text{N} / 4350\text{N} = 0.17$ , per tat, segons la taula  $e = 0.34$

$F_a / F_r = 750/1035 = 0.72$  i  $e < F_a/F_r$ , llavors  $X = 0.56$  i  $Y = 1.15$

Per tant la força equivalent és de  $P = 0.56 \times 750 + 1.15 \times 1035 = 1562,1\text{ N}$

essent les forces equivalents menors que els respectius coeficients de càrrega estàtics. (2335N < 2700N per el rodament 16008 2Z i 1562.1N < 4350N per el rodament 16006 2Z)

**B1.5.2 Cas dinàmic**

HIPÒTESIS: Parell impulsor en mà de 150N

Radi = 300 mm

Velocitat avanç de 5 km/ h = 83.33 m/min = 1.38 m/s

Tenint en compte la força radial sobre rodament deguda als engranatges i que aquesta força deguda a la rodadura entre engranatges varia en funció de la marxa utilitzada, s'estudia ambdós casos:

- Cas directe:

Parell = 150N \* 0.3m = 45Nm

$F_{\text{rodadura eng.}} = \frac{45\text{Nm}}{R_{\text{eng\_cas\_directe}}} =$

$45/0.022 = 2045.45\text{N}$

Equilibri de forces:

$1300 + R_3 = R_1 + 2045,45$

$M + 1300 (17,7+35/2) + 2045.45(17+13,5) = R_3(17+13,5-6,5)$

D'on s'obté:  $R_3 = 5443,59\text{ N}$  i  $R_1 = 4698,14\text{ N}$

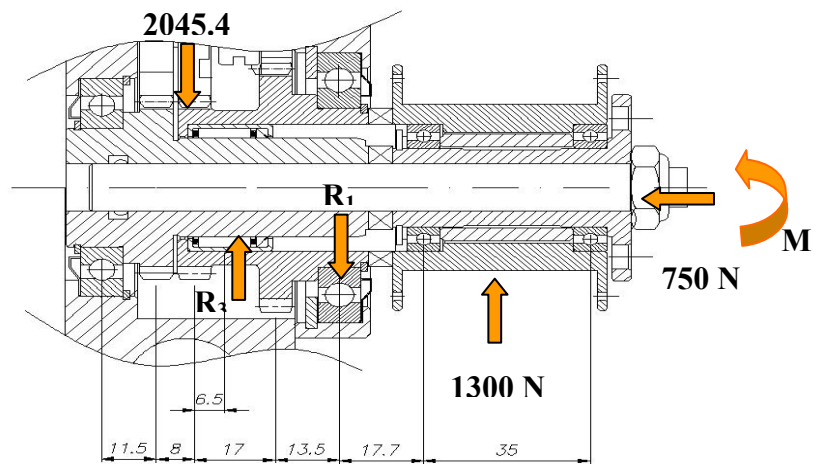


Fig.B.7



- Cas reduïda:

Parell en eix entrada=45 Nm

Parell en eix sortida=90 Nm

F rodadura engranament =  $90\text{Nm}/0.03=$

3000N

Equilibri de forces:

$$1300 + R_3 = R_1 + 3000$$

$$M + 1300(17.7+35/2) + 3000 \times 13.5 = R_3(17+13.5-6.5)$$

D'on s'obté:  $R_3 = 5500,83 \text{ N}$  i  $R_1 = 3800,83 \text{ N}$

La hipòtesis més desfavorable per als rodaments de boles serà en marxa reduïda i la del d'agulles en marxa directe. Es comprovarà només per als casos més desfavorables:

Es fan les comprovacions en cas directe:

$$R_{a1} = F_a = 750\text{N}$$

- Per el rodament 16008 2Z

$$R_1 = 4698,14 \text{ N}$$

$$F_a / C_o = 750 / 9.200 = 0,081 \text{ per tat, segons la taula } e = 0,27$$

$$F_a / F_r = 750 / 4643,97 = 0.16 \text{ i } e > F_a / F_r, \text{ llavors } X = 1 \text{ i } Y = 0$$

Per tant la força equivalent és de  $P = 4.698,147\text{N}$

Segons les fórmules empíriques  $L = (C/P)^3 \times 10^6 = (13.300 / 4.698,14)^3 \times 10^6 = 28,49 \times 10^6$

$$L_h = \frac{16666 \times 28,49}{37.89} = 10.382,72 \text{ h}$$

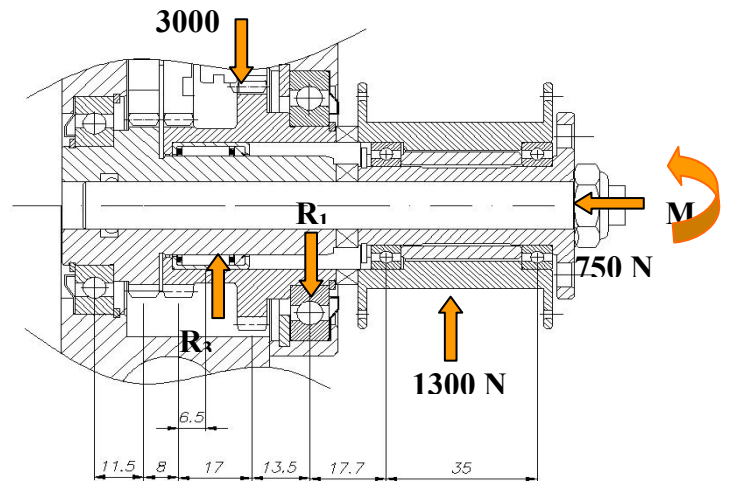


Fig.B.8



- Per el rodament HK 2520

$$R_3 = 5500,83 \text{ N}$$

$$F_a / C_o = 750 \text{ N} / 19.900 \text{ N} = 0,037, \text{ per tat, segons la taula } e = 0,23$$

$$F_a / F_r = 750 / 5.500,83 = 0,139 \text{ i } e > F_a / F_r, \text{ llavors } X = 1 \text{ i } Y = 0$$

Per tant la força equivalent és de  $P = 5.800,83 \text{ N}$

$$\text{Segons les fórmules empíriques } L = (C/P)^3 \times 10^6 = (19.900/5500,83)^3 \times 10^6 = 47,36 \times 10^6$$

$$L_h = \frac{16666 \times 47,36}{37,89} = \mathbf{20.824,25 \text{ h}}$$

La recomanació que es dona és que fent aquests càlculs la duració dels rodament sigui com a mínim de 10000h, per tant es pot afirmar que la duració dels rodament és satisfactòria per a les condicions de treball suposades.



## B2. ENGRANATGES

### B2.1 Definició i generalitats

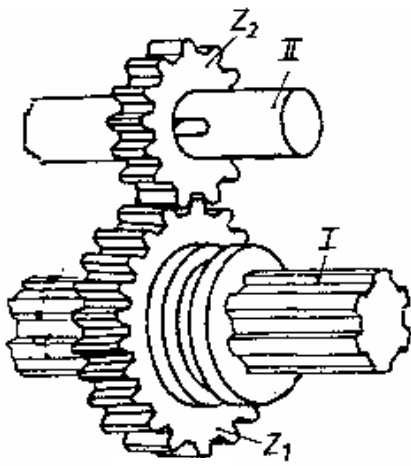


Fig.B.9 I

Els engranatges són, en general, cilindres amb ressalts anomenats dents, conformant rodes dentades, les que permeten, en girar, transmetre el moviment de rotació entre els seus arbres o eixos col·locats a una distància relativament reduïda entre sí. Aquesta transmissió es realitza mitjançant la pressió que exerceixen les dents de una de les rodes, anomenada motora sobre els dents de l'altre roda, que rep el nom de conduïda, quan engranen les dues, estant durant el moviment en contacte varies dents.

Els engranatges cilíndrics poden ser de dents rectes, quan aquests són paral·lels al eix de gir del cilindre, o de dents helicoidals, quan són part d'un hèlix que envolta a dit eix. A la figura (Fig.B.9) es pot observar dos engranatges cilíndrics rectes que engranen entre sí,  $z_1$  i  $z_2$  estant muntats sobre els eixos I i II.

Degut al constant fregament entre les superfícies en contacte, aquestes estan exposades al desgast, motiu per el que són endurides mitjançant tractaments tèrmics d'enduriment superficial com és el cementat dels acers. Per tal d'evitar el desgast, l'engranatge està contínuament lubricat, fent de refrigerant i afavorint la transmissió del moviment a velocitats elevades. Els engranatges són construïts per fressat o tallat, d'acord a normes específiques. Per el càlcul de les dimensions, resistència i característiques cal conèixer prèviament: a) distància entre eixos de les rodes dentades, b) nombre de voltes per minut de la roda motora, c) relació de transmissió i d) força tangencial que ha de transmetre.



## B2.2 Classificació dels engranatges

Segons com interactuen els engranatges entre sí, es poden classificar com:

a) Engranatges d'acció directa: formats per dos o més rodes que engranen entre sí, directament una amb l'altre, com és el cas de la figura (Fig.B.9).

b) Engranatges d'acció indirecta: quan accionen un sobre l'altre a través d'un vincle intermig o auxiliar, com es el cas dels engranatges a cadena que se mostra a la figura (Fig B.10),

on  $z_1$  és la roda conductora o motora i es troba muntada sobre un eix motor i transmet el moviment a la roda conduïda  $z_2$  a través de la cadena.

Al mateix temps, els engranatges d'acció directa, segons siguin les posicions dels seus eixos, poden presentar els següents casos:

- eixos paral·lels: rodes cilíndriques sobre eixos paral·lels

A la (Fig.B.11) es té una roda o pinyó  $z_1$  que engrana amb una cremallera  $z_2$ , essent aquesta última una roda dentada de radi infinit, per tant de nombre de dents infinit, per tant s'utilitza una porció de la mateixa, d'acord al recorregut o desplaçament que es vol obtenir. Els eixos sobre els quals estan muntats tots dos són paral·lels. Per una velocitat angular  $n_1$  li correspon a la cremallera una velocitat  $v$  de desplaçament.

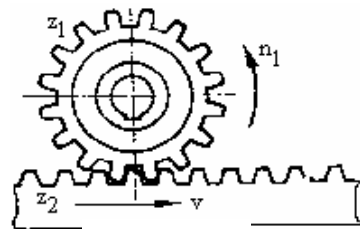


Fig.B.11

A la (Fig.B.12) es presenten dos engranatges muntats sobre eixos paral·lels disposats a una distància  $L$  essent aquesta igual la meitat de la suma dels seus radis primitius, d'engrane exterior, present el dentat de dents rectes, helicoidals o en V.

En la (Fig.B.13) es presenta dues rodes d'engrane interior, una de les quals, la de menor diàmetre que es troba dins de la de major diàmetre, té dentat exterior, en tant que la exterior té dents interiors. La distància  $L$  entre els eixos és igual a la diferència dels seus radis primitius.

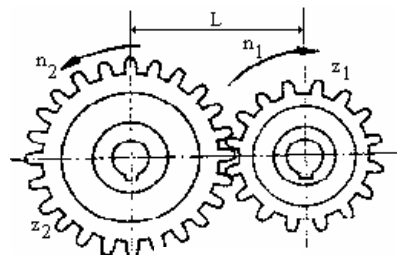


Fig.B.12

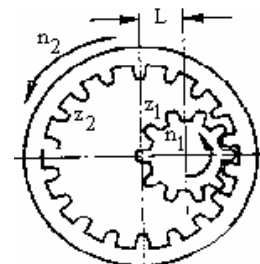


Fig.B.13





A les figures (Fig.B.15), (Fig.B.16) y (Fig.B.17) es poden observar en <sup>Fig.B.13</sup> eixos paral·lels, de dents rectes, helicoidals i en V respectivament.

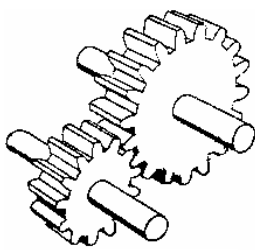


Fig.B.14

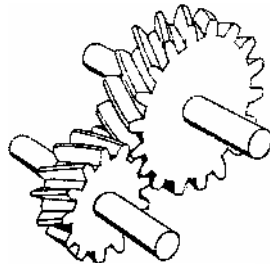


Fig.B.15

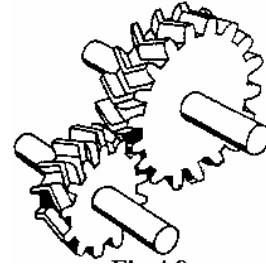


Fig.B.16

- eixos que es tallen;

Aquest cas es presenta en els engranatges cònics, construïts de tal manera que si els seus eixos es prolonguen, aquests es trobaran en un punt o vèrtex comú. Els dents poden ser rectes, en arc o en espiral, responent en cada cas a determinades condicions de treball i traçat. A la figura (Fig.B.17) s'observa un engranatge cònic de dents rectes i en la figura (Fig.B.18) un engranatge cònic de dents en espiral.

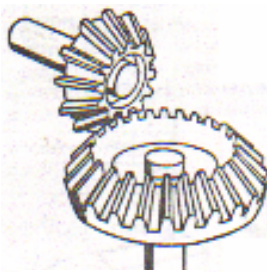


Fig.B.17

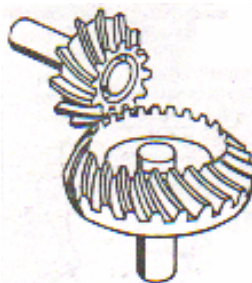


Fig.B.18

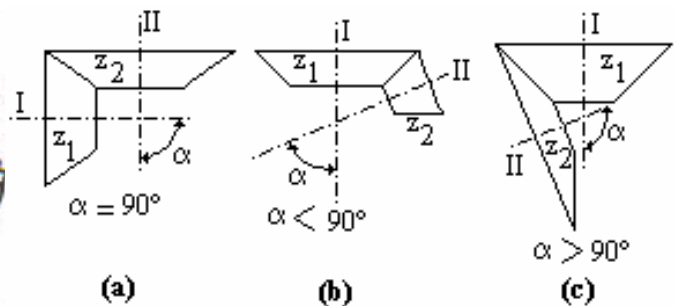


Fig.B.19

L'angle  $\alpha$  que formen els eixos I i II dels engranatges  $z_1$  i  $z_2$  respectivament, al tallar-se pot ser: figura (Fig.B.19a)  $\alpha = 90^\circ$ , amb el que s'obté un canvi en la transmissió del moviment de rotació perpendicular al original; figura (Fig.B.19b)  $\alpha < 90^\circ$  el canvi es produeix en angle agut i figura (Fig.B.19c)  $\alpha > 90^\circ$  la direcció canvia en un angle obtús.



- Els eixos es creuen en l'espai: són engranatges cilíndrics de dents helicoidals amb

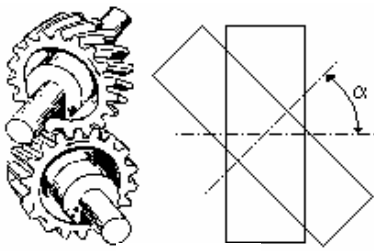


Fig.B.20

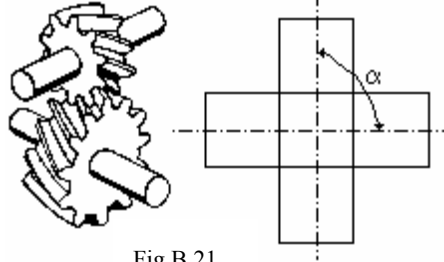


Fig.B.21

eixos que es creuen en l'espai, fet que permet aconseguir un canvi de direcció de la transmissió del moviment. Els

eixos poden creuar-se en forma obliqua (Fig.B.20), formant un angle  $\alpha$  menor a  $90^\circ$  o en forma perpendicular (Fig.B.21), on es  $\alpha$  igual a  $90^\circ$ .

### 3- engranatges de roda i cargol sense fi.

Es poden presentar tres casos, segons sigui el perfil dels dents i filet que presenta la roda i el cargol sense fi respectivament, els quals s'indiquen esquemàticament a les figures: a la (Fig.B.22a) es té ambdós de perfils cilíndrics, la (Fig.B.22b) mostra la roda de perfil globoide i el cargol sense fi cilíndric, i a la (Fig.B.22c) tots dos presenten perfils globoides. La (Fig.B.22d) mostra com engranen una roda de perfil globoide i un cargol sense fi cilíndric

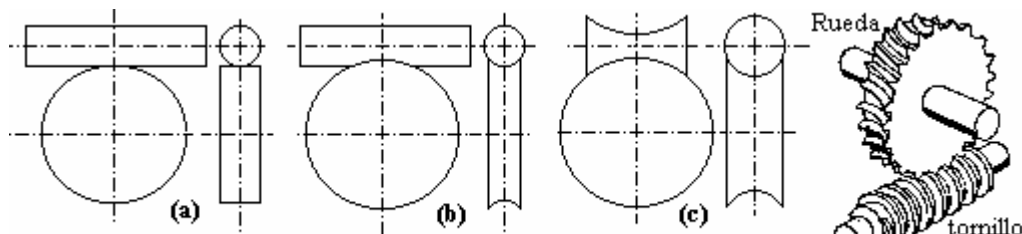


Fig.B.22

## B2.2.1 Elements dels engranatges cilíndrics de dents rectes. Notació

Quan dos rodes dentades engranen entre sí, el contacte entre dents d'ambdós es realitza en la línia que marca el perímetre de la superfície dels dos cilindres llisos ideals, de cada un d'ells, que es transmeten per fricció el moviment de rotació dels seus eixos sense lliscar un sobre l'altre, anomenats cilindres primitius, constituint la circumferència de cada superfície, la circumferència primitiva dels engranatges. Els diferents paràmetres d'un engranatge i el càlcul dels mateixos estan referits a la seva circumferència primitiva. En general s'anomena a



l'engrenatge de major diàmetre roda i al de menor diàmetre pinyó. A continuació s'il·lustra la

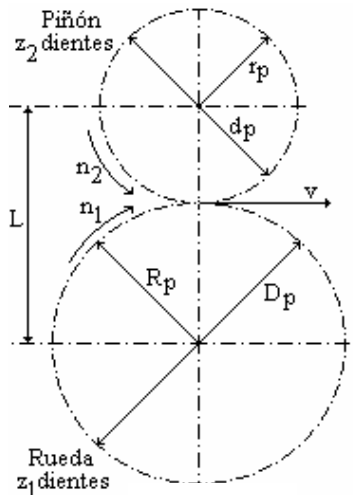


Fig.B.23

terminologia bàsica més utilitzada dels diferents elements que componen un engranatge. A la figura (Fig.B.23) s'indiquen les circumferències primitives del pinyó i de la roda, i els seus eixos O1 i O2 estan separats la distància L. S'observa també, els diàmetres primitius Dp de la roda i dp del pinyó i els seus radis primitius Rp i rp respectivament; s'indica amb n1 el nombre de voltes per minut amb que gira la roda i amb n2 les que gira el pinyó, essent z1 i z2 el nombre de dents de cada un d'ells respectivament; v és la velocitat tangencial del punt de contacte dels dents.

A la figura (Fig.B.24) es mostren dos dents de la roda, en la que se noten:

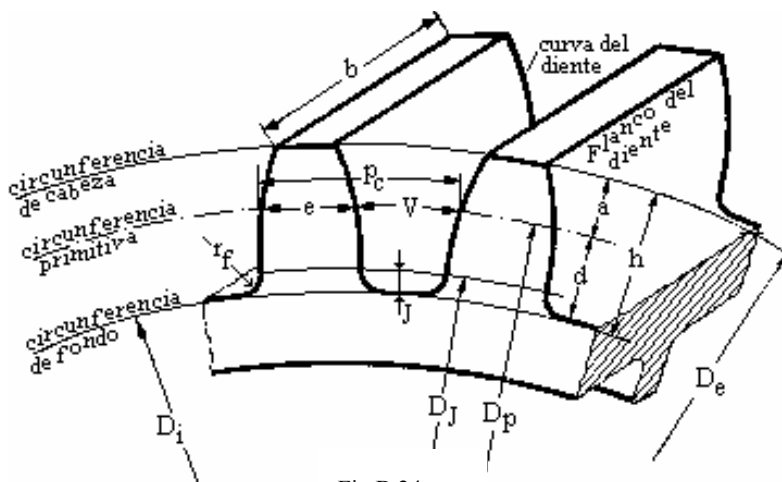


Fig.B.24

- Pas Circunferencial pc: és la distància entre dos punts homòlegs de dos dents consecutives mesurats sobre la circumferència primitiva, essent igual per la roda i el pinyó, rebent el nom en aquest cas, de rodes homologues, essent per tant :

$$p_c = \frac{\pi D_p}{z_1} = \frac{\pi d_p}{z_2} \tag{B.16}$$

El **pas circunferencial pc** s'obté dividint, en tantes parts com dents tingui la roda o pinyó, la circumferència primitiva.

- **Pas Diametral en polsades (Diametral Pitch) pd** : és el nombre de dents que té un engranatge per cada polsada del diàmetre primitiu:

$$p_d = \frac{z_1}{D_p} = \frac{z_2}{d_p} \tag{B.17}$$

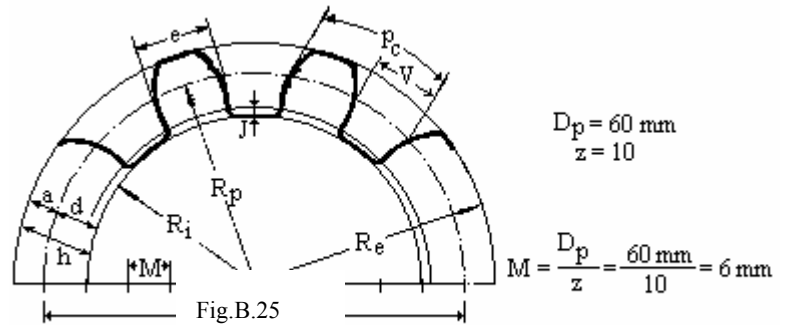
En la (4.1) passant Dp i dp al denominador s'obté:



$$p_c = \frac{\pi}{\frac{z_1}{D_p}} = \frac{\pi}{\frac{z_2}{d_p}} = \frac{\pi}{p_d} \quad (\text{B.18})$$

- **Mòdul o Pas Diametral M=mo:**

essent  $p_c$  un nombre irracional per contenir en la seva determinació el nombre irracional  $\pi$ , ho seran també totes les dimensions del engranatge que són funció del pas circumferencial. Per a resoldre aquest inconvenient es divideix ambdós membres de l'equació (B.16) per  $\pi$ , obtenint el mòdul  $M$ , que es pren com a base de càlcul dels engranatges.



$$m_o = \frac{p_c}{\pi} = \frac{D_p}{z_1} = \frac{d_p}{z_2} \quad (\text{B.19})$$

És a dir que per a que dos rodes dentades puguin engranar, els seus mòduls han de ser iguals.

A la figura (Fig.B.25) s'observa, per un engranatge qualsevol, amb nombre de dents  $z = 10$  i

$D_p = 60$  mm, es té un mòdul  $m = 6$  mm.

**Circumferència de fons (interior):** És la circumferència amb diàmetre  $D_i$  (Fig.B.24), i radi  $R_i$  (Fig.b.25) correspon al cilindre sobre el qual creix el dent. ( **$D_i = d_f$** )

**Circumferència de cap o exterior,** és la circumferència descrita per el cap dels dents, de diàmetre  $D_e$  (Fig.b.25) i radi  $R_e$  (Fig.B.25). ( **$D_e = d_a$** )

**Circumferència primitiva,** és la circumferència de contacte dels cilindres primitius.

**Alçada de cap de dent:** és l'alçada radial  $a$  de la dent (Fig.B.25), mesurada entre la circumferència primitiva i la circumferència de cap o exterior.

**Alçada de peu de dent:** és l'altura radial  $d$  de la dent (Fig.B.25), mesurada entre la circumferència primitiva i la circumferència de fons.

- **Alçada dent:** és la suma  $h$  de l'alçada de cap i la de peu de dent (Fig.B.25):



$$h=a+d \quad (B.20)$$

- **Gruix de dent:** és el gruix  $e$  d'un dent (Fig.B.25), mesurat sobre la circumferència primitiva. Es pren generalment com la meitat del pas circumferencial.

$$e = \frac{p_c}{2} \quad (B.21)$$

O substituint a (B.6) el valor de  $p_c$  donat a l'equació(B.18):

$$e = \frac{\pi}{2p_d} \quad (B.22)$$

**Forat del dent:** és el forat  $V$  entre dos dents consecutius, en el qual penetra la dent de l'altre roda que engrana amb aquesta. Teòricament és igual al gruix, però en la execució pràctica, i a efecte d'evitar el escalfament per fregament i les inexactituds, tant en la construcció com en el muntatge, és major ja que presenta un joc tangencial o lateral, essent aquest joc restat del gruix i sumat al forat del dent.

**Joc radial o de fons i Joc lateral o tangencial de dent:** també anomenats folgances de dent, són els espais  $J_r$  i  $J_l$  respectivament que queden, el primer entre el cap de dent de una de les rodes i la circumferència de fons de l'altre a efectes d'evitar la pressió que pot produir el contacte entre ambdós, i el segon entre els perfils de les dents com ja s'ha comentat i per permetre la de flexió dels mateixos, permetre la lubricació i la dilatació tèrmica, quan engranen (Fig.B.26).

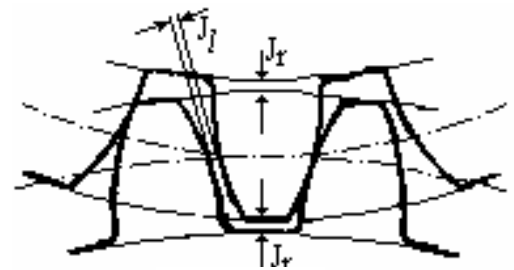


Fig.B.26

### B2.2.2 Paràmetres de definició de les rodes dentades canvi de marxes

Coneixent les dades de generació de les rodes dentades que intervenen en el disseny del canvi de marxes, es poden determinar totes les seves característiques geomètriques.

Hi ha sis paràmetres de generació que fixen la geometria d'una roda cilíndrica recta:

- **diàmetre exterior** del cilindre de material d'on es talla la roda, que sol determinar el diàmetre de cap  $d_a$
- **mòdul de l'eina  $m_o$** , que determina la dimensió del dentat
- **nombre de dents  $z$** , que determinarà el diàmetre de generació  $d_o$



- angle de pressió de l'eina  $\alpha_0$  que influeix en la forma de dent
- desplaçament del perfil  $x$ , que és la posició relativa de l'eina respecte a la roda

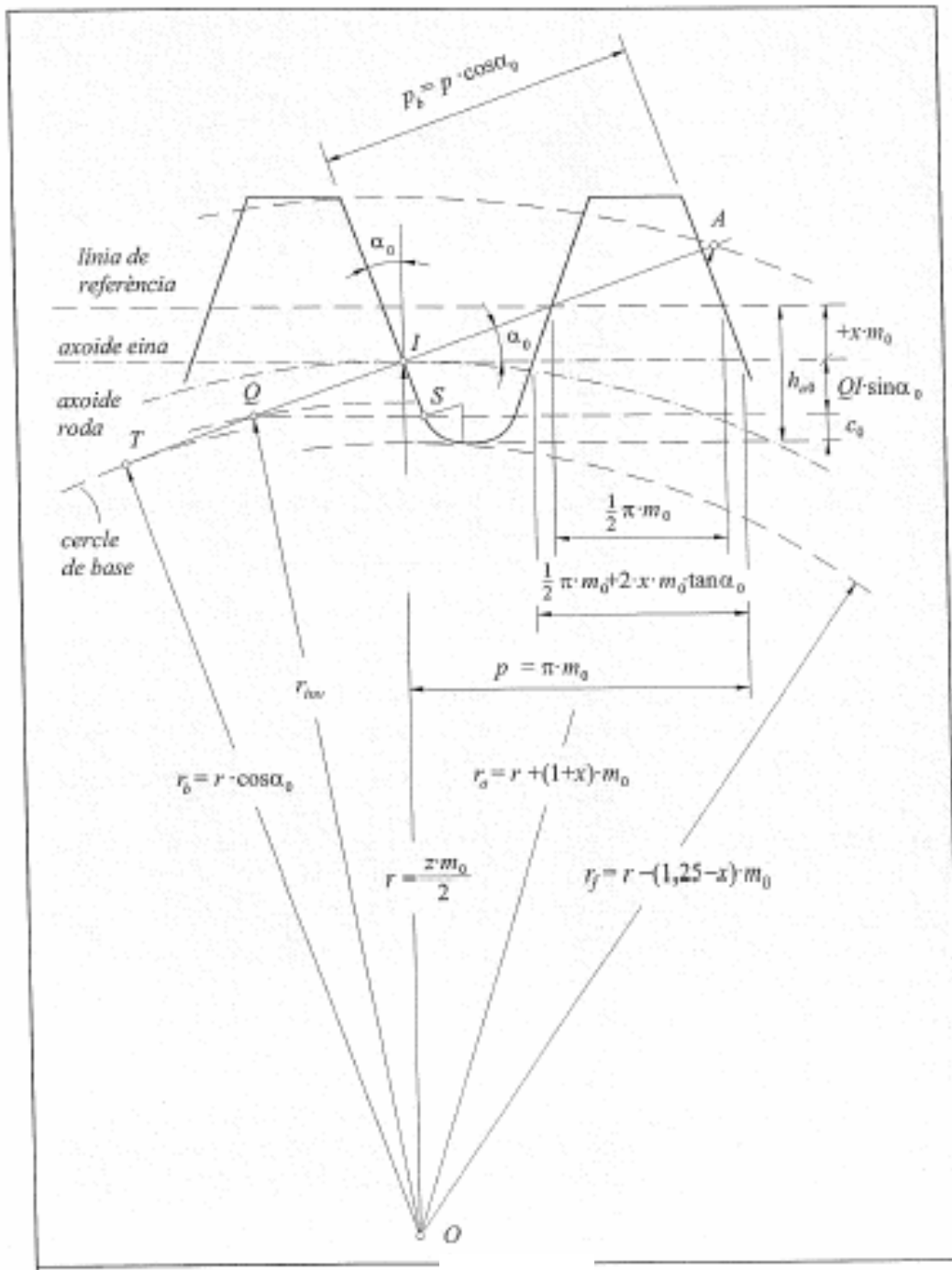


Fig.B.27



A partir d'aquests paràmetres determinarem els següents, aplicant els coneixements exposats en els punts anteriors i les relacions entre paràmetres que s'adjunten a continuació, algunes ja comentades i altres combinació d'anteriors.

- **Diàmetre de generació:** depèn exclusivament del mòdul i de nombre de dents .  $d_o = z \cdot m_o$
- **Diàmetre base:** determinat el diàmetre de generació ,  $d_o$ , la inclinació dels flancs de la cremallera generadora respecte a la perpendicular de l'axoide  $\alpha_o$  , es determina la circumferència base com el cercle concèntric a l'axoide de generació i tangent a la línia d'engranament imposada per l'eina ( punt tangència T)  $d_b = d_o \cdot \cos \alpha_o = z \cdot m_o \cdot \cos \alpha_o$
- **Pas base:** longitud corresponent a un dent .  $p_b = \pi \cdot m_o \cdot \cos \alpha_o$  (B.23)
- **Gruix base:** a l'alçada de l'axoide de generació, l'entredent de l'eina equival al gruix de la base de la dent de la roda generada  $s_o = (\pi \cdot m_o) / 2 + 2 \cdot x \cdot m_o \cdot \tan \alpha_o$  (B.24)
- **Gruix base:**  $s_b = (\frac{1}{2} \pi + 2x \cdot \tan \alpha_o + X \operatorname{inv} \alpha_o) m_o \cos \alpha_o$  (B.25)
- **Diàmetre de cap:** El gruix on es tallen els dos flancs esdevé nul, i a la pràctica es recomana que el gruix de cap sigui superior a  $0.3m_o$ , condició que dóna el límit superior de cap  $d_a = d_b / \cos \alpha_o$  (B.26)
- **Diàmetre de peu  $d_f = (z - 2(1.25-x)) \cdot m_o$**  (B.27)
- **Diàmetre inici d'evolvent.** El punt més alt del perfil d'evolvent de l'eina genera l'evolvent en la zona de peu de dent fins el límit S on comença l'arc de transició vers la circumferència de peu de dent.. Per tant, generarà perfil d'evolvent en la roda fins a tallar amb la línia d'engranament (punt Q) i el diàmetre límit d'evolvent en la roda generada serà el doble de distància entre el centre i aquest punt  $d_{inv} = 2 \cdot OQ$ . Aquesta distància es pot determinar per Pitàgores a partir de OT i TQ, que es calcula per diferència entre  $TI = (d_o/2) \sin \alpha_o$  i la distància  $QI = (h_{f0} - c_o - x m_o) / \sin \alpha_o = (1-x) \sin \alpha_o$ . Integrant les expressions anteriors s'obté .

$$d_{inv} = \sqrt{1 + \left( \tan \alpha_o - \frac{4 \cdot (1-x)}{z \cdot \sin 2\alpha_o} \right)^2} \cdot d_b$$

(B.28)



Per les rodes que intervenen en el canvi de marxes dissenyat per fabricació seriada, tenim les següents rodes dentades amb dents rectes i característiques adjuntes a les taules que es presenten a continuació:





Nombre de dents	Z	29
Amplada del dentat	B	7
Angle de pressió de l'eina	Ao	20
Mòdul de l'eina	Mo	1.5
Desplaçament del perfil	X	0
Diàmetre base	Db	40.877
Diàmetre primitiu o de generació	Do	43.5
Diàmetre de fons	Db	39.750
Diàmetre inici d'evolvent	Dinv	41.330
Gruix base	So	2.823
Gruix en el diàmetre primitiu	Sb	2.356

Nombre de dents	z	35
Amplada del dentat	b	7
Angle de pressió de l'eina	ao	20
Mòdul de l'eina	mo	1.5
Desplaçament del perfil	x	0
Diàmetre base	db	49.334
Diàmetre primitiu o de generació	do	52.5
Diàmetre de fons	db	48.750
Diàmetre inici d'evolvent	dinv	50.185
Gruix base	so	2.949
Gruix en el diàmetre primitiu	sb	2.356



Nombre de dents	z	24
Amplada del dentat	b	7
Angle de pressió de l'eina	$\alpha_o$	20
Mòdul de l'eina	mo	1.5
Desplaçament del perfil	x	0
Diàmetre base	db	33.829
Diàmetre primitiu o de generació	do	36
Diàmetre de fons	db	32.250
Diàmetre inici d'evolvent	dinv	34.014
Gruix base	so	2.718
Gruix en el diàmetre primitiu	sb	2.356

Nombre de dents	z	40
Amplada del dentat	b	7
Angle de pressió de l'eina	$\alpha_o$	20
Mòdul de l'eina	mo	1.5
Desplaçament del perfil	x	0
Diàmetre base	db	56.382
Diàmetre primitiu o de generació	do	60
Diàmetre de fons	db	56.250
Diàmetre inici d'evolvent	dinv	57.563
Gruix base	so	3.054
Gruix en el diàmetre primitiu	sb	2.356



### B2.3 Relacions fonamentals de rodes cilíndriques de dents rectes

Analitzant la figura ja vista (Fig.B.23), resulta que les velocitats angulars  $w_1$  y  $w_2$  en radians per segon, en funció de  $n_1$  i  $n_2$ , estan donades per les expressions:

$$a) w_1 = 2\pi.n_1 \quad i \quad b) w_2 = 2\pi.n_2 \quad (B.29)$$

La relació de transmissió del moviment,  $i$ , es defineix com el quocient entre les velocitats angulars  $\omega_1$  de la roda motora i  $\omega_2$  de la roda conduïda:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{2\pi n_1}{2\pi n_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (B.30)$$

Per ser  $v_1 = v_2 = v$  i també, per ser  $v = R.w$ , per la (B.29) es té:

$$a) v_1 = \frac{\pi D_p n_1}{60} \quad i \quad b) v_2 = \frac{\pi d_p n_2}{60} \quad (B.31)$$

$$\frac{\pi D_p n_1}{60} = \frac{\pi d_p n_2}{60} \quad (B.32)$$

De la (B.32), substituint termes, i sent  $D_p = 2R_p$  i  $d_p = 2r_p$ , resulta:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{r_p}{R_p} = \frac{z_2}{z_1} \quad (B.33)$$

Per tant, de les expressions (B.30) i (B.33) s'obté una expressió generalitzada per la relació de transmissió:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{r_p}{R_p} = \frac{z_2}{z_1} \quad (B.34)$$

De la (B.34) es pot obtenir els valors de cada paràmetre en funció de la resta fent substitucions de termes, i així s'obté:

$$a) n_1 = n_2 \frac{d_p}{D_p} = n_2 \frac{r_p}{R_p} = n_2 \frac{z_2}{z_1} \quad o \quad b) z_1 = z_2 \frac{n_2}{n_1} = z_2 \frac{D_p}{d_p} = z_2 \frac{R_p}{r_p} \quad (B.35)$$



La distància  $L$  entre eixos dels engranatges és:

$$L = \frac{D_p + d_p}{2} = R_p + r_p \quad (\text{B.36})$$

### B2.3.1 Relacions de transmissió canvi de marxes

Pel que fa referència als parells de rodes dentades que intervien en el canvi de marxes, es pot comprovar amb facilitat (aplicant l'equació B.36), i amb qualsevol parella de rodes dentades la distància entre eixos, essent per a les tres parelles de rodes dentades de 48 mm.

$$L = 48 \text{ mm}$$

També es directe el càlcul de les relacions de transmissió entre rodes dentades (segons l'equació B.34), ja que en tots els casos es coneix el nombre de dents dels parells de rodes dentades.

$z_1 = 29$ $z_2 = 35$	$i_1 = 0.828$
$z_3 = 35$ $z_4 = 29$	$i_2 = 1.207$
$z_5 = 24$ $z_6 = 35$	$i_3 = 0.6857$

A partir d'aquestes relacions de transmissió es pot calcular la relació de velocitats tant en marxa directe com en reduïda.

$$\text{Marxa directa : } i = i_1 \times i_2 = 0.828 \times 1.207 = 0.999 \approx 1$$

$$\text{Marxa reduïda : } i = i_1 \times i_3 = 0.828 \times 0.6857 = 0.563 \approx 0.5$$



## B2.4 Forma dels dents

Per engranatges cilíndrics, per tant el perfil dels dents es de forma prismàtica cilíndrica. La forma de les cares anterior  $abcd$  i posterior  $a'b'c'd'$  (Fig.B.28), son simètriques respecte el radi que passa per el punt mig de l'arc comprés entre les corbes del dent  $ad$  i  $bc$  en la cara anterior i  $a'd'$  i  $b'c'$  en la cara posterior, tomat sobre la circumferència primitiva de la roda.

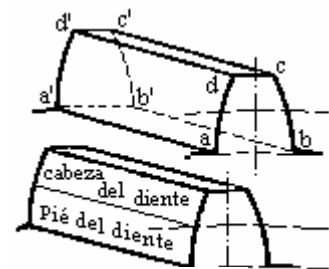


Fig.B.28

### B2.4.1 Engranatges homòlegs

Dos o més rodes dentades son homologues quan poden engranar entre sí. Cal que tinguin igual pas circumferencial  $p_c$  i per tant, igual mòdul  $m$ . A la figura (Fig.B.23) ambdós engranatges són homòlegs, essent les dimensions dels dents iguals, variant únicament els diàmetres de peu, primitius i de cap i per tant el nombre de dents.

### B2.4.2 Perfil del dent

El traçat del perfil de dent és molt important, ja que de determinarà si hi ha xocs o contactes bruscs entre els engranatges. A efectes d'evitar la aleatorietat en la construcció del perfil del dent, s'han establert corbes senzilles de executar tècnicament, com són las Corbes Cícliques, que generen perfils de dents:

a) Cicloidals, que poden ser: 1- Cicloide: corba engendrada por un punt d'un cercle que roda sense rrelliscar sobre una recta fixa; 2- Epicicloide: corba engendrada per un punt d'un cercle que roda sense rrelliscar, recolzada exteriorment sobre una circumferència de major diàmetre que és fixa; 3- Hipocicloide: corba engendrada por un punt d'un cercle que gira sense rrelliscar, recolzat interiorment sobre una circumferència fixa; 4- Pericicloide: corba engendrada per el punt de una circumferència que roda sense rrelliscar sobre un cercle fix interior a ella, ambdós en un mateix pla;

b) Evolvent de cercle, que es una corba engendrada por el punt d'una recta que gira sense rrelliscar sobre una circumferència fixa.

Per el traçat pràctic de l'evolvent de cercle (Fig.B.28) es traça amb un radi qualsevol  $R$  i centro en  $O$  la circumferència base, de la qual es pren un determinat arc. A partir d'un punt inicial  $o$  sobre aquest arc s'efectuen divisions amb els punts  $a, b, c$  i  $d$  a

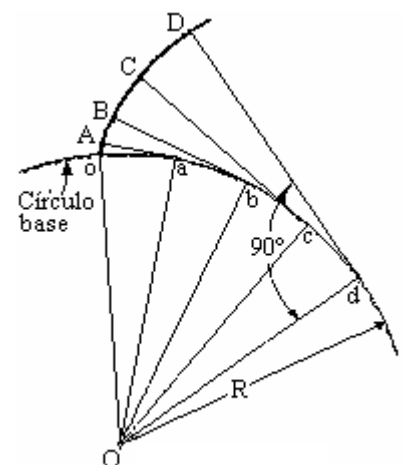


Fig.B.28



partir dels quals es traça els radis  $Oo$ ,  $Oa$ ,  $Ob$ ,  $Oc$  i  $Od$ . Es tracen les rectes perpendiculars a aquests radis:  $aA$ ,  $bB$ ,  $cC$  i  $dD$ . Fent centre successivament en  $a$ ,  $b$ ,  $c$  i  $d$ , amb radis  $ao$ ,  $ba$ ,  $cb$  i  $dc$  respectivament, es tracen els arcs  $oA$ ,  $AB$ ,  $BC$  i  $CD$ , resultant com aproximació suficient la corba  $oABCD$  la evolvent del cercle. Amb aquesta corba s'està en condicions de traçar el perfil de dent evolvent de cercle.

### B2.4.3 Traçat pràctic del perfil del dent d'evolvent de cercle

Per efectuar el dibuix d'un engranatge, el qual no exigeix una gran exactitud, es procedeix de la següents manera (Fig.B.19): prenent l'engranatge amb circumferència primitiva amb radi  $R_p = OC$  i centre el punt  $O$ ; es coneixen les alçades  $a$  i  $d$  del cap i del peu de dent respectivament, fet que permet traçar les circumferències de cap de radi  $R_e$  i la de radi de peu  $R_i$ . Es traça la recta  $Oy$  i la recta  $m-n$  perpendicular a la primera, la que és tangent a la circumferència primitiva en el punt  $C$ . Per aquest punt es traça una recta tangent en el punt  $G$  a la circumferència de radi  $OG$ , que és la circumferència base o de construcció per el perfil a evolvent de cercle, la qual rep el nom de recta de pressions i forma un angle compres entre  $15^\circ$  i  $25^\circ$  amb la  $m-n$ , que depèn del nombre de dents de l'engranatge. Fent centre en  $G$ , si es traça l'arc  $ACB$  amb radi  $GC$  limitat per la circumferència de cap i la de base, aquest resulta casi coincident amb l'evolvent de cercle que correspon al punt  $A$  que està sobre aquesta circumferència. Aquest arc  $ACB$  es part del perfil del dent, el qual es completa traçant el radi  $OA$ . El perfil per sota del punt  $A$  no afecta, segons la experiència, motiu per el que es pot arrodonir a voluntat en el entall para evitar la concentració de tensions en l'angle viu, reforçant al mateix temps la base del dent.

La línia d'engranat és coincident amb la prolongació de la recta  $GC$  per els dents de perfil evolvent de cercle i també amb la recta d'acció de la direcció d'empenta o pressió que exerceix el dent de l'altre engranatge amb qui engrana.

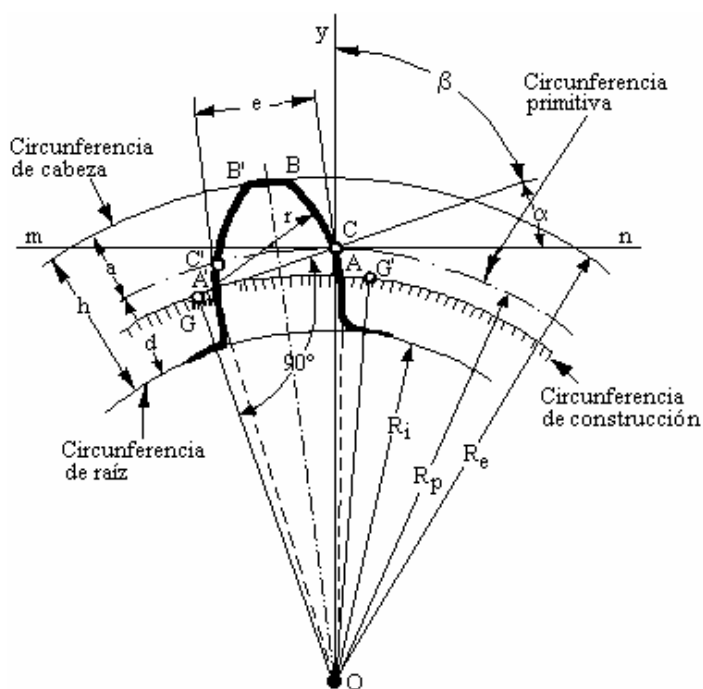


Fig.B.29



Un cop obtingut un dels perfils d'un flanc de dent, l'altre es traça de forma simètrica. Determinant el punt  $C'$ , ja que es coneix el gruix de dent  $e$  sobre la circumferència primitiva donada per la (4.6), amb radi  $GC$  i centre en  $C'$  es talla la circumferència de construcció en el punt  $G'$ . Amb centre en  $G'$  i radi  $G'C'$  es traça l'arc  $A'C'B'$  amb el que es construeix l'altre flanc de dent, d'igual manera que el costat oposat..

Per construir tots els dents es divideix la circumferència primitiva en el doble de parts com dents té, és a dir  $2z$  parts, estant tots els centres dels arcs d'evolvent ( $G, G', etc.$ ) sobre la circumferència base.

### B2.4.4 Línia d'engrane

La línia d'engrane és el lloc geomètric format per tots els punts de contacte de dos dents durant el giro de les rodes que engranen entre sí. Per a que el contacte entre dents sigui continu i sense xocs, la longitud de la línia d'engrane ha ser major que la longitud de l'arc corresponent al pas circumferencial. La línia d'engrane estroba limitada per les circumferències exteriors. A la figura (Fig.B.30) s'observa, la línia d'engrane d'un engranatge amb dents de perfil cicloidal, essent aquesta la formada per els arcs de corbes MON pertenyents als cercles generadors de radi  $r$ , i limitada per les circumferències de cap.

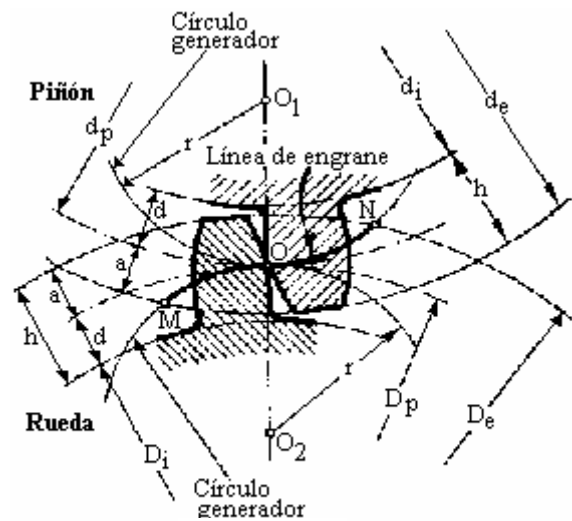


Fig.B.30

### B2.5 Forces que actuen en un engranatge

En l'engranament de dos engranatges cilíndrics (Fig.B.31), o engranatge i cremallera (Fig.B.32), tot i que en general estan en contacte dos o tres dents, es considera que la força exercida per la roda motora sobre la conduïda es realitza a través d'un sol dent. Aquesta força  $F_n$  té la direcció de la recta de pressió, formant l'angle  $\alpha$  amb la tangent a les circumferències primitives i és aplicada en el punt  $O$  de contacte d'ambdós dents. Aquesta pot

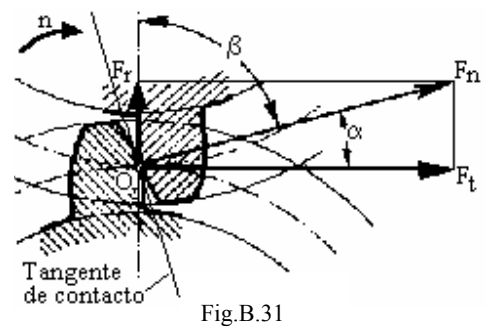


Fig.B.31

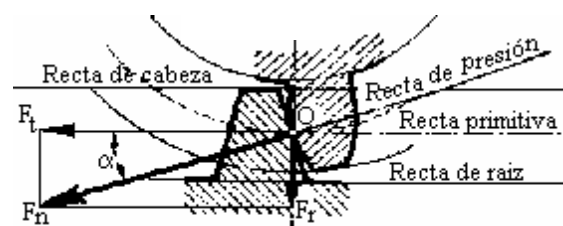


Fig.B.32



descomposar-se en dos components, una força tangencial  $F_t$ , que és la força que produeix el moviment rotatiu i una força radial  $F_r$ .

La potència tramesa tangencialment al moviment de gir per la roda motora a la conduïda és  $N$ , essent  $n$  la velocitat de rotació en voltes per minut (rpm). Per el radi primitiu  $R$ , la velocitat tangencial  $v$  del punt  $O$  de contacte entre dents sobre el radi primitiu, segons la (B.23) i la (B.25) resulta:

$$v = n \cdot R = \frac{2\pi R n}{60} \quad (\text{B.38})$$

La potència  $N$  en la direcció tangencial del moviment és:

$$N = F_t \cdot v = \frac{F_t 2\pi R n}{60} \quad (\text{B.39})$$

De la (B.39) s'obté:

$$F_t = \frac{N}{v} = \frac{60N}{2\pi R n} = 9,55 \frac{N}{R n} \quad (\text{B.40})$$

Per altre banda, resulta, segons la figura (FigB.31):

$$\text{a) } F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha} \quad \text{i} \quad \text{b) } F_r = F_t \operatorname{tg} \alpha \quad (\text{B.41})$$

Per tant, substituint a la (B.41) el valor de  $F_t$  donat per la (B.40) s'obté:

$$\text{a) } F_n = 9,55 \frac{N}{R n \cos \alpha} \quad \text{i} \quad \text{b) } F_r = 9,55 \frac{N}{R n} \operatorname{tg} \alpha \quad (\text{B.42})$$

El moment de rotació serà:

$$M = F_t \cdot R \quad (\text{B.43})$$





### B2.5.1 Càlcul de la resistència del dent (dimensionat)

És important dimensionar correctament el dentat per tal d'obtenir una resistència idònia del dent. Per a calcular els esforços a que estan sotmesos els dents que interactuen en un engranament, cal tenir en compte diversos factors com són principalment la qualitat de dents en contacte, la variació de la càrrega en magnitud i direcció durant el temps de contacte, les càrregues de xoc entre dents per imperfeccions constructives, concentració d'esforços a la base del dent, desgast del dent, la geometria pròpia del dent, etc. És a dir que el dent experimenta esforços dinàmics i càrregues de desgast.

En principi la resistència de l'engranatge es calcula suposant al dent com si fos una biga en voladís, basant-se en la resistència a la ruptura del material sotmès al esforç que genera la potència tramesa. Al respecte s'apliquen diferents hipòtesis de càlcul, essent algunes les següents:

**Primera hipòtesis:** considera que la força a la que està sotmès el dent és tangencial, que aquesta només és suportada per un sol dent i aplicada a la circumferència exterior sobre el cap de dent.

En realitat la força  $F_n$  que actua sobre el dent té la direcció de la recta de pressió, estant la força tangencial  $F_t$  donada per l'expressió:

$$F_t = F_n \cos \alpha \quad (\text{B.44})$$

De la (B.44) s'obté:

$$F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha} \quad (\text{B.45})$$

En general la força que actua sobre un engranatge és resistida per dos i fins a tres dents, fet que compensa l'utilització de la força tangencial  $F_t$  menor que la  $F_n$ .

La força  $F_t$ , figura (Fig.B.33a) produeix un moment flector donat per l'expressió:

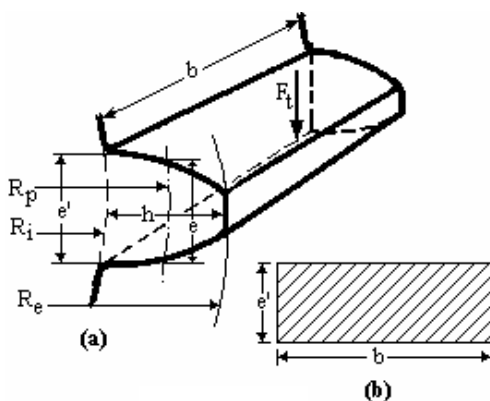


Fig.B.33

$$M_f = F_t \cdot h \quad (\text{B.46})$$



La secció resistent  $W$  a la base del dent (Fig.B.33b) és:

$$W = \frac{b \cdot e'^2}{6} \quad (\text{B.47})$$

El moment flector  $M_f$  en funció de la resistència unitària a la flexió  $\sigma_f$  del material i de la secció resistent  $W$  és:

$$M_f = W \cdot \sigma_f \quad (\text{B.48})$$

De les expressions anteriors s'obté:

$$F_t \cdot h = \frac{b \cdot e'^2}{6} \sigma_f \quad (\text{B.49})$$

Els valors de  $e'$ ,  $b$  i  $h$  es poden expressar en funció del pas circumferencial, considerant l'expressió (B.21) i que en la pràctica és  $e < e'$  es té:

$$\frac{p_c}{2} = e < e' \quad (\text{B.50})$$

Per tant de (B.50) es pot escriure:

$$e' = c \cdot p_c \quad (\text{B.51})$$

Si s'adopta  $c = 0,52$  s'obté:

$$\text{a) } e' = 0,52 p_c \quad \text{d'on} \quad \text{b) } e'^2 = 0,27 p_c^2 \quad (\text{B.52})$$

Així també el gruix  $b$  del dent es pot escriure:

$$b = S \cdot p_c \quad (\text{B.53})$$

A la (4.89) se pren  $S = 2$  per dents en brut;  $S = 2$  a  $3$  per rodes de transmissió comú;  $S$  fins a  $5$  per transmetre forces considerables.

L'alçada  $h$  del dent es pren com::

$$h = 2,2 \frac{p_c}{\pi} \quad (\text{B.54})$$



De la (B.16) es té:

$$\text{a) } p_c = \frac{2\pi R}{z} \quad \Rightarrow \quad \text{b) } R = \frac{p_c z}{2\pi} \quad (\text{B.55})$$

Si es substitueixen els valors de  $e'2$ ,  $b$  i  $h$  donats per (B.52), (B.53) i (B.54) respectivament en l'expressió (B.49) s'obté:

$$F_t \cdot 2,2 \frac{p_c}{\pi} = \frac{1}{6} S \cdot p_c \cdot 0,27 p_c^2 \sigma_f \quad (\text{B.56})$$

Multiplicant ambdós membres de (B.56) per la (B.55) operant i aïllant  $p_c^3$ , resulta:

$$p_c^3 = 97,7 \frac{F_t R}{z S \sigma_f} \approx 100 \frac{F_t R}{z S \sigma_f} \quad (\text{B.57})$$

D'on es té:

$$p_c = \sqrt[3]{\frac{100 F_t R}{z S \sigma_f}} = 4,64 \sqrt[3]{\frac{F_t R}{z S \sigma_f}} \quad (\text{B.58})$$

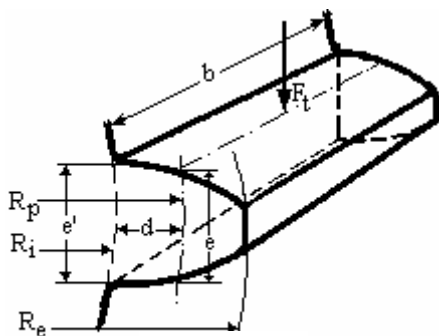


Fig.B.34

**Segona hipòtesis:** per aquest cas també es suposa que la relació de contacte és major que la unitat i que almenys dos dents participen en la transmissió de força o potència. En aquest cas la càrrega es considera aplicada a la generatriu primitiva. Seguint el mateix raonament anterior es té que el moment aplicat a la distància  $d$  en funció de la secció resistent i la resistència unitària a flexió del material del dent és:

$$F_t d = \frac{e'^2 b}{6} \sigma_f \quad (\text{B.59})$$

D'acord a les proporcions del dent, segons la es té:

$$d = \frac{7}{6} \frac{p_c}{\pi} \quad (\text{B.60})$$



Operant de manera semblant que en el cas anterior, s'obté:

$$p_c^3 = 51,85 \frac{F_t R}{S z \sigma_f} \tag{B.61}$$

D'aquí s'obté l'expressió:

$$p_c = \sqrt[3]{51,85 \frac{F_t R}{S z \sigma_f}} = 3,72 \sqrt[3]{\frac{F_t R}{S z \sigma_f}} \tag{B.62}$$

En funció del mòdul M, la (B.62) resulta:

$$M = 1,19 \sqrt[3]{\frac{F_t R}{S z \sigma_f}} \tag{b.63}$$

### B2.5.2 Fórmula de Lewis

L'expressió proposada per Wilfred Lewis al 1892 suposa que només un parell de dents resisteix la força a transmetre, i aquesta està aplicada a una aresta del dent sobre la generatriu

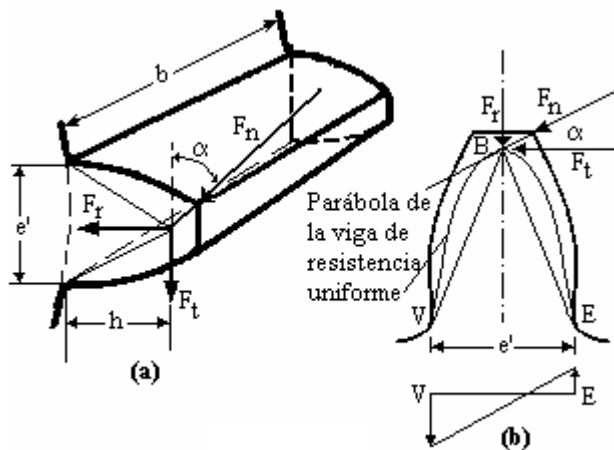


Fig.B.35

exterior de l'engranatge seguint la línia de pressió, i dins del dent s'aplica sobre l'eix de simetria d'aquest en l'extrem superior del contorn de la biga en voladís d'igual resistència de forma parabòlica, i la base d'aquesta té el mateix ample que la base del dent, que és qui resisteix la força aplicada. Introdueix un factor de forma, anomenat  $y$  o  $Y$  que considera la geometria i proporcions del dent.

Es considera, segons mostra la figura (Fig.B.35), la força  $F_n$  aplicada en l'extrem superior B de la biga d'igual resistència de forma parabòlica, essent aquesta última tangent en V i E a la base del dent. La força  $F_n$  es pot descomposar en una força radial  $F_r$  de compressió, que per aquest cas no es considera i en una força tangencial  $F_t$  aplicada sobre el dent a la distància  $h$ ,



assignant-se  $h$  en aquest cas a l'alçada de la biga d'igual resistència; la força  $F_t$  produeix un moment flector  $M_f$ , màxim en els punts V o E, el qual estarà donat per l'expressió:

$$M_f = F_t h = W \sigma_f \quad (\text{B.64})$$

Considerant que la (B.47) expressa la secció resistent  $W$ , la (B.64) s'escriu:

$$F_t h = \frac{e'^2 b}{6} \sigma_f \quad (\text{B.65})$$

Si es multiplica membre a membre la (B.65) per el pas circumferencial  $p_c$  i s'aïlla  $F_t$  s'obté:

$$F_t = \frac{1}{6} \frac{e'^2}{p_c h} b \sigma_f p_c \quad (\text{B.66})$$

El factor de forma  $y$  de Lewis és:

$$y = \frac{e'^2}{6 h p_c} \quad (\text{B.67})$$

Per tant la (B.66) queda:

$$F_t = y b \sigma_f p_c \quad (\text{B.68})$$

Per obtenir en funció del mòdul  $M$  es divideix ambdós membres de la (B.68) per  $\pi$  i s'obté el factor de forma  $Y$ :

$$\frac{F_t}{\pi} = \frac{y b \sigma_f p_c}{\pi} \quad (\text{B.69})$$

Recordant que  $M$  és, segons (B.20)

$$M = \frac{P_c}{\pi} \quad (\text{B.20})$$

Y fent:

$$Y = y \pi \quad (\text{B.70})$$

Substituint en la (B.68) aquests valors, segons la (B.20) i la (B.69) s'obté:



$$F_t = Y b \sigma_f M \quad (B.71)$$

Existeixen taules, com la que es mostra a continuació, que donen el valor del factor de forma o de Lewis “y” per a diferents valors de l'angle de pressió i del tipus de dent.

Nº de dents	14,5° Alçada normal	20° Alçada normal	20° Dent curt	Nº de dents	14,5° Alçada normal	20° Alçada normal	20° Dent curt	Nº de dents	14,5° Alçada normal	20° Alçada normal	20° Dent curt
10	0,056	0,064	0,083	19	0,088	0,100	0,123	43	0,108	0,126	0,147
11	0,061	0,072	0,092	20	0,090	0,102	0,125	50	0,110	0,130	0,151
12	0,067	0,078	0,099	21	0,092	0,104	0,127	60	0,113	0,134	0,154
13	0,071	0,083	0,103	23	0,094	0,106	0,130	75	0,115	0,138	0,158
14	0,075	0,088	0,108	25	0,097	0,108	0,133	100	0,117	0,142	0,161
15	0,078	0,092	0,111	27	0,099	0,111	0,136	150	0,119	0,146	0,165
16	0,081	0,094	0,115	30	0,101	0,114	0,139	300	0,122	0,150	0,170
17	0,084	0,096	0,117	34	0,104	0,118	0,142				
18	0,086	0,098	0,120	38	0,106	0,122	0,145	Crem.	0,124	0,154	0,175

Taula B3



## B2.6 Càlcul de resistència de dent en les rodes dentades del mecanisme canvi de marxos.

Apliquem directament la fórmula de Lewis abans deduïda sobre les engranatges del nostre mecanisme per tal de comprovar la seva resistència del dentat.

Per tant tenim que

$$F_t = Y b \sigma_f M \quad (\text{B.72})$$

On  $Y$  és el factor de forma que es pot prendre directament de la taula anterior ja que es coneixen el nombre de dents de totes les rodes dentades,  $b$  és l'ample de dent,  $\sigma_f$  és la resistència a flexió i  $M$  el mòdul.

Calcularem la força màxima admissible per a cada roda dentada considerant per el càlcul la tensió màxima admissible  $\sigma_{fadm}$ .

$$\sigma_{fadm} = \frac{S_L K_L}{K_t K_r} \quad (\text{B.73})$$

Essent :

$S_L = S_L$  la és la resistència a flexió del material

$K_L = K_L$  el factor de duració

$K_t = K_T$  el factor de temperatura

$K_r = K_R$  el factor de confiabilitat

Els valors de  $S_L$  i  $K_L$  s'han pres de la taula i gràfics adjunts, considerant 107 cicles, mentre que per  $K_R$  s'ha considerat una confiabilitat de 99% i per  $K_T$  s'ha considerat que la temperatura de funcionament és inferior a 120°C i per tant pren el valor de la unitat.



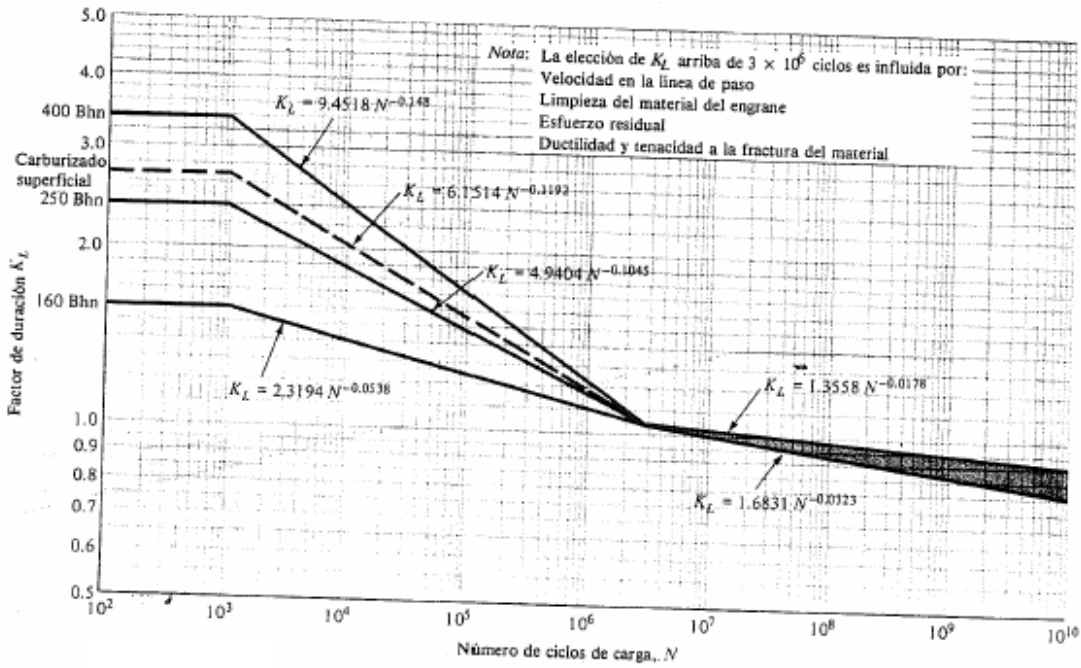


Fig.B.36 Resistència de flexió (Font: AGMA 218.01)

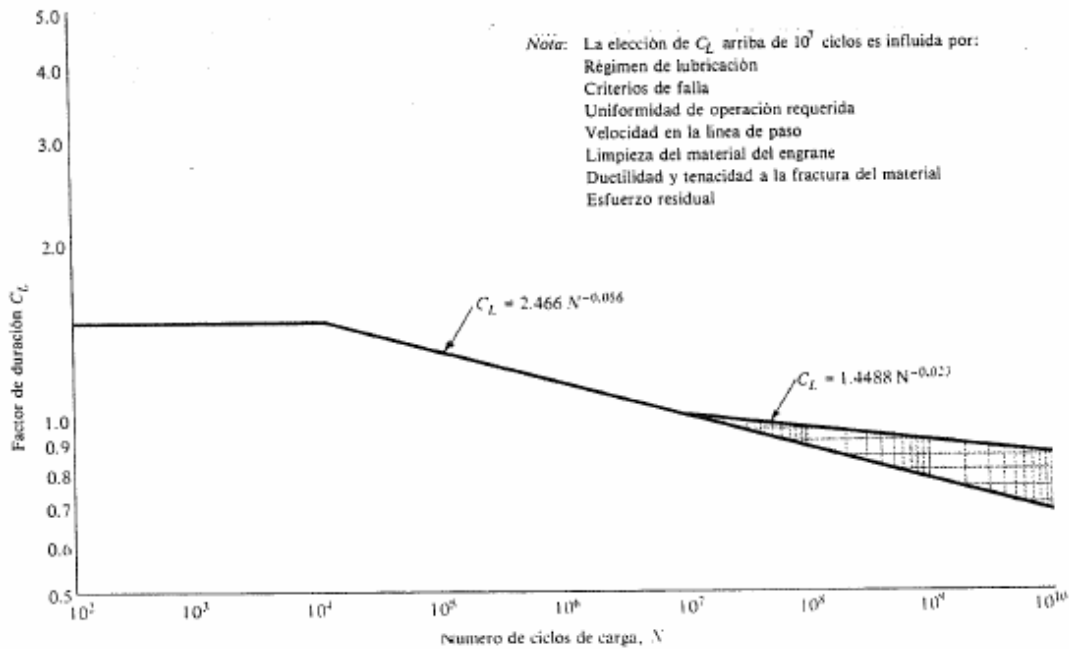


Fig.B.3736 Resistència de picadura (Font: AGMA 218.01)





CONFIDABILIDAD	$C_R, K_R$
0.90	0.85
0.99	1.00
0.999	1.25
0.9999	1.50

Fig.B.38. Factors de Confiabilitat AGMA

Per tant degut a que tots els factors pren valor unitari, es considera que :

$$\sigma_{fadm} = SL = 380 \text{ MPa} = 380 \text{ N/mm}$$

Per tant tenim que:

Z	Y	b	$\sigma_f$	m	Ftag
24	0.337	7	380	1.5	1344.63
29	0.356	7	380	1.5	1420.44
35	0.374	7	380	1.5	1492.26
40	0.390	7	380	1.5	1556.1

Taula.B.5

Anem a comprovar que la força tangencial que suporta cada engranatge és menor que la admissible. Per tal de dur a terme aquest càlcul es considerarà que la persona usuària de la cadira de rodes es capaç d'empènyer amb 50N. El volant d'impulsió de la cadira és de 600mm, per tant tenim que el parell d'entrada és :

$$P_{ent} = 50\text{N} \times 300\text{mm} = 15000\text{Nmm}$$

El parell de sortida en cas de marxa directa és el mateix d'entrada, mentre que el parell de sortida en cas de reducció és el doble ja que la velocitat de sortida en cas de marxa reduïda és la meitat de la velocitat d'entrada:

$$P_{sort \text{ directe}} = 15000\text{Nmm}$$

$$P_{sort \text{ reducció}} = 30000\text{Nmm}$$



Així doncs, com coneixen el valor del diàmetre primitius de les rodes dentades tenim que per les rodes del cilindre d'entrada i la menor de les del cilindre de sortida es pot determinar la força d'engranament ( $F_{eng\_1}$ ). Aquesta força serà la mateixa per els engranatges de l'eix secundari: engranatge secundari i engranatge directe per el principi d'acció i reacció de forces. De la mateixa manera i seguint els mateixos criteris es pot avaluar la força en els engranatges que intervenen en el retorn de moviment de gir en la marxa reduïda. ( $F_{eng\_2}$ ). Ja s'ha comentat anteriorment que la força tangencial és la força aplicada en l'engranatge multiplicat per el  $\cos\alpha$ , essent  $\alpha=20^\circ$

Substituint valors i operant s'obté els valors següents:

$$F_{eng\_1} = 640.11 \text{ N} < F_{tagm}$$

$$F_{eng\_2} = 894.94 \text{ N} < F_{tagm}$$

## B2.7 Concentració de tensions

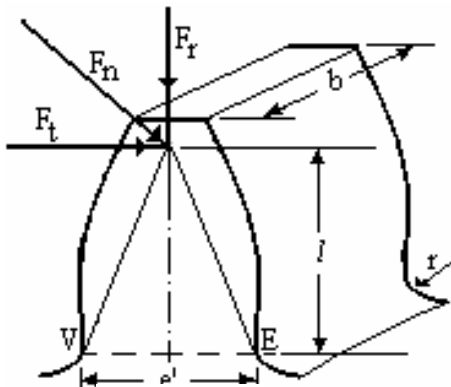


Fig.38

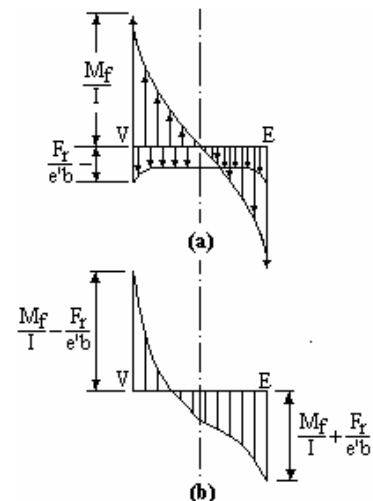


Fig.39

Degut a que, en l'entall de l'unió de l'arrel de dent amb la llanta, existeix concentració de tensions, que depenen del material del engranatge, del gruix de dent en l'arrel, de la posició de la força sobre el dent, del radi d'entall o  $i$  de l'angle de pressió, fa que la tensió real a la que està sotmès el material sigui major que la resultant de considerar les forces estàtiques i dinàmiques.

Si es considera que la força  $F_n$  que suporta el dent es descomposa, segons s'indica a la figura (Fig.B.38), en les forces  $F_t$  i  $F_r$  tangencial i radial respectivament, apareixen en els punts V i



E tensions degudes tant al moment flector que produeix la força  $F_t$  com a la compressió que produeix la força  $F_r$ , depenent el valor d'aquestes tensions del moment d'inèrcia  $I$  de la secció  $e'b$  en l'arrel del dent, de la compressió  $F_r/e'b$  i del moment flector  $M_f$ , les quals tindran una forma similar a les que es mostren a la figura (Fig.B.39).

$$\sigma_f = \frac{M_f}{I} \quad (\text{B.74})$$

per la tensió unitària a la flexió deguda al moment flector  $F_t \cdot h$ , y

$$\sigma_c = \frac{F_r}{e'b} \quad (\text{B.75})$$

la tensió unitària a la compressió deguda a la força  $F_r$ .

Per a contrarestar els efectes d'aquestes tensions, s'incrementa la força  $F_d$ , amb un coeficient  $\theta$ , de tal manera que l'esforç unitari de treball a flexió  $\sigma_d$  resulti menor que l'esforç unitari a fatiga alternativa  $\sigma_a$ :

$$\sigma_d = \frac{\theta F_d}{b y p_c} \leq \sigma_a \quad (\text{B.76})$$

El coeficient  $\theta$  de concentració de tensions està donat per les següents expressions:

$$\theta = 0,22 + \left(\frac{e'}{r}\right)^{0,2} \cdot \left(\frac{e'}{h}\right)^{0,4} \quad \text{per } \alpha = 14^\circ 30' \quad (\text{B.77})$$

$$\theta = 0,18 + \left(\frac{e'}{r}\right)^{0,15} \cdot \left(\frac{e'}{h}\right)^{0,45} \quad \text{per } \alpha = 20^\circ \quad (\text{B.78})$$



## B2.8 Concentració de tensions en rodes del canvi de marxex

Segons el vist en el punt anterior, es comprova que les rodes que intervenen en el canvi de marxex suporten els esforços a peu de dent durant el funcionament del mecanisme sense presentar riscos de fallada.

S'aplicarà directament la formula 4.115 i es realitzarà la comprovació amb el s valors presentats a taula adjunta. Prèviament caldrà calcular el coeficient  $\theta$  segons la fórmula 4.117.

z	sb	h	$\theta$	b	y	pc	Fd	$\sigma_d$
24	2.718	2	1.0444	7	0.337	36	1344.63	126.32
29	2.823	2	1.0396	7	0.356	43.5	1420.44	125.74
35	2.949	2	1.0375	7	0.374	52.5	1492.26	125.49
40	3.054	2	1.0387	7	0.390	60	1556.1	125.69

Com es pot veure, el valor de  $\sigma_d$  per les rodes dentades és menor al valor admissible donat per al acers segons la taula adjunta, essent aquestes capaces de suportar les tensions a peu de dent a les que estaran sotmeses durant el funcionament del canvi.



## Límits de fatiga para materials d'engranatges

Materials	Nombre de duresa Brinell	Límit de fatiga alternativa $\sigma_{fa}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Límit de fatiga superficial $\sigma_{fs}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Fundició gris de ferro	160	840	6300
Semiacer.	200	1260	6300
Bronze fosforós	100	1680	6300
Acer	150	2520	3500
	200	3500	4900
Per acer:	240	4200	6020
$\sigma_{fa} = 17,5 \times \text{Nombre Brinell} .$	250	4340	6300
Per nombre Brinell 400 .	280	4900	7140
I per major utilitzar:	300	5250	7700
$\sigma_{fa} = 7000$	350	5950	9100
	360	6300	9380
$\sigma_{fs} = 28 \times \text{Número Brinell}.$	400	7000	10500

Taula.B 6





## ANNEX C: MEMORIA ECONÒMICA

### INDEX:

<b>C1. INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>161</b>
C1.1 VIABILITAT PER ALS USUARIS DE CADIRES DE RODES.....	161
C1.1.1 <i>Cost adquisició i manteniment d'una cadira de rodes manuals estàndard ...</i>	161
C1.1.2 <i>Cost adquisició i manteniment cadires de rodes motoritzades .....</i>	162
C1.1.3 <i>Cost adquisició i manteniment canvi de marxes .....</i>	162
C1.1.4 <i>Conclusions .....</i>	163
<b>C2. MATERIALS.....</b>	<b>165</b>
C2.1 ELEMENTS DE COMPRA .....	165
C2.1.1 <i>Boixa.....</i>	165
C2.1.2 <i>Aro impulsió .....</i>	165
C2.1.3 <i>Reductor .....</i>	166
C2.1.4 <i>Sistema accionament .....</i>	166
C2.1.5 <i>Resum .....</i>	167
C2.2 ELEMENTS DE FABRICACIÓ.....	167
C2.2.1 <i>Elements de Fabricació d'alimentació boixa.....</i>	168
C2.2.2 <i>Elements de Fabricació aro impulsió.....</i>	168
C2.2.3 <i>Elements de Fabricació reductor .....</i>	169
C2.2.4 <i>Elements de Fabricació sistema accionament.....</i>	169
C2.2.5 <i>Resum Elements de Fabricació .....</i>	170
C2.3 RESUM DEL COST DE MATERIALS .....	170
<b>C3. SERVEIS.....</b>	<b>171</b>
C3.1.1 <i>Serveis de la Primera Etapa.....</i>	172
C3.1.2 <i>Serveis de la Segona Etapa .....</i>	172
C3.1.3 <i>Serveis de la Tercera Etapa .....</i>	173
C3.1.4 <i>Serveis de la Quarta Etapa.....</i>	174
C3.1.5 <i>Serveis de la Cinquena Etapa.....</i>	175
C3.1.6 <i>Resum dels Costos de Serveis.....</i>	175
<b>C4. COST TOTAL DEL PRODUCTE.....</b>	<b>177</b>







---

## C1. INTRODUCCIÓ

---

Donat que És un nou producte de mercat s'estudiarà els costos de desenvolupament per el seu disseny, elaboració de plànols i documentació per la seva fabricació i muntatge, els costos de fabricació dels components de disseny propi i els d'adquisició de material estàndard per al muntatge i el cost de muntatge del canvi i ensamblatge en una cadira de rodes manuals. La suma d'aquests costos s'haurà d'afegir al cost que té una cadira de rodes manual estàndard per tal de conèixer el cost total del producte complet: cadira de rodes amb canvi de marxes. Però a la cadira estàndard se li ha de restar el cost de les rodes, els suports de les rodes i els frens ja que aquests ja estan incorporats en el conjunt d'elements del canvi de marxes. Les cadires de rodes manuals només tenen el cost d'adquisició i un petit cost de manteniment, ja que hi ha components que es desgasten amb més facilitat que altres, com seria el cas dels pneumàtics o els frens. Donat que el producte que es presenta és una incorporació de millora al producte ja existent, es mantindrien aquests costos, i caldria afegir-hi els costos de manteniment dels canvi i accionament. Es farà una petita comparativa amb cadires de rodes motoritzades.

### C1.1 VIABILITAT PER ALS USUARIS DE CADIRES DE RODES

#### C1.1.1 Cost adquisició i manteniment d'una cadira de rodes manuals estàndard

El cost de les cadires de rodes manuals varia en funció del model triat, ja que es poden trobar cadires amb diverses característiques: estructura d'alumini o d'acer, seients de lona o acotxats amb goma espuma o de plàstic, si disposen d'elements anti-volcada, etc. Es pot afirmar que, segons un estudi dut a terme per la publicació d'un llibre "Problemática de los usuarios de sillas de ruedas" en col·laboració amb COCEMFE (Confederación Coordinadora Estatal de Minusválidos Físicos de España), amb IBV (Instituto de Biomecánica de Valencia) i la



ONCE, el cost d'adquisició d'una cadira de rodes manual és en promig de 900 €, però es poden trobar des de 240 € a 2400 €.

En quant al manteniment dir que a part de les revisions anuals recomanades per els propis fabricants a centres especialitzats, és possible que, en funció de l'ús que se'n faci de la cadira, que algun component pateixi més desgast i s'hagi de substituir per un de nou per a garantir la seva funció. Aquests podria ser el cas de pneumàtic o del fre d'estacionament entre altres. Degut a la varietat d'us que se'n fa de les cadires de rodes: temps de funcionament diari, terreny sobre el qual es circula, pes de la persona, etc, el desgast d'aquest components serà diferent.

### **C1.1.2 Cost adquisició i manteniment cadires de rodes motoritzades**

El cost d'adquisició d'una cadira de rodes motoritzada és molt superior al d'una cadira de rodes manual. En aquest cas, i segons el mateix estudi, el preu mig d'una cadira de rodes motoritzada és de 3050 €, amb un rang que va des de els 1200 a 4500 €.

En quant al manteniment d'aquest tipus de cadires, és bàsicament el de les bateries que li subministren energia per al seu funcionament, els cables de connexió amb l'accionament manual i les palanques de control..

### **C1.1.3 Cost adquisició i manteniment canvi de marxes**

El cost d'adquisició d'una cadira amb canvi de marxes com la que s'ha obtingut en finalitzar aquest projecte és la suma del cost de producció d'una cadira de rodes estàndard a la que se li ha eliminat les rodes, el suport de les rodes i els frens, en aquest cas el model Live 70 de "Lifante Vehículos, S.A" i el cost de producció de dos conjunts de canvi de marxes, un canvi dret i un canvi esquerre. Segons documentació cedida per "Lifante Vehículos, S.A", el cost de producció d'aquestes cadires és de 115,67€ (essent 85€ el cost dels components, 20.67€ el cost de mà d'obra per el muntatge i 10€ de costos diversos). Sobre aquest preu se li afegeix el cost de dos conjunts de canvi de marxes, que es presenta de manera desglossada en els punts que es tractaran a continuació, però que es pot valorar en 1598.79€. Per tant, es pot afirmar que el cost de producció d'un conjunt de cadira de rodes manual amb canvi de dues marxes seria de 1714.46€. El cost d'adquisició d'aquest producte complet seria major degut el marge de beneficis que ha de deixar la comercialització d'aquest producte. Es considera, però, que aquest costos es podrien reduir notablement si la comercialització es fes a major escala produint series més llargues i millorant part del muntatge que es fa manualment, considerant que el preu de venda final estaria entre el preu de compra de cadires manuals i cadires motoritzades.



### C1.1.4 Conclusions

El cost d'aquest nou producte, considerant el producte com una cadira de rodes manual amb canvi de marxes, es situaria en una entre el cost de les cadires de rodes manuals (promig de 900€) i el de les cadires de rodes motoritzades ( 3050€).

A continuació es presenten uns quadres de resum de costos en la producció d'un petita sèrie de 60 cadires, presentada en el Fòrum de les Cultures de Barcelona d 2004, per a que els visitants poguessin disposar del servei d'aquestes cadires per a la mobilitat dins el recinte. Ha estat una oportunitat per a que de primera mà es pogué conèixer l'opinió i valoració de persones usuàries de cadires de rodes sobre aquest producte nou. Segons la resposta rebuda per part de personal del Fòrum sembla que sí que ha tingut acceptació dins la comunitat d'usuaris de cadires de rodes.

Els costos que es presenten aquí, són per a una cadira de rodes ( per tant dos conjunts de canvi de marxes)

<b><i>MATERIALS</i></b>	
Total elements de compra	78.42 €
Total elements de fabricació	1066.66 €
<b><i>SERVEIS</i></b>	
Total serveis	233.19 €
<b><i>TOTAL sense IVA</i></b>	<b><i>1378.27€</i></b>
<b><i>TOTAL producte amb IVA</i></b>	<b><i>1598.79€</i></b>





## C2. MATERIALS

A continuació es presenten per a cada conjunt els quadres resum dels costos de les peces a fabricar així com dels elements de compra. S'entén per conjunt una cadira de rodes, per tant parlem de dues caixes de canvi, dues rodes i dos accionaments.

### C2.1 ELEMENTS DE COMPRA

En aquest punt s'avaluen els preus de catàleg de tots els elements estàndard que cal adquirir per muntar un conjunt per una cadira (canvi dret i canvi esquerre amb els respectius sistemes d'accionament i passamà d'impulsió).

#### C2.1.1 Boixa

<i>Denominació</i>	<i>Referència</i>	<i>Unit.</i>	<i>Preu Unit.</i>	<i>Preu €</i>
Rodament rígid de boles	61804 2RS	4	4.15	16.6
Anella elàstica (seeger)	E-20 DIN 471	2	0.095	0.19
<b>TOTAL COMPRA BOIXA</b>				<b>16.79 €</b>

#### C2.1.2 Aro impulsió

<i>Denominació</i>	<i>Referència</i>	<i>Unit</i>	<i>Preu Unit</i>	<i>Preu €</i>
Cargol per roda	Cargol M6x25 DIN 9121	6	0.105	0.63
Cargol per boixa	Cargol M6x8 DIN 7991	5	0.045	0.22
<b>TOTAL COMPRA ARO IMPULSIÓ</b>				<b>0.85 €</b>



### C2.1.3 Reductor

<i>Denominació</i>	<i>Referència</i>	<i>UnIT</i>	<i>Preu UnIT</i>	<i>Preu €</i>
Rodament rígid de boles	16008 2Z	2	5.03	10.06
Rodament rígid de boles	16006 2Z	2	3.12	6.24
Rodament rígid de boles	61900	4	4.64	18.56
Rodament d'agulles	HK 2518 RS	2	3.05	6.1
Anella elàstica	Anella tipus WR Ø40	2	0.34	0.68
Anella elàstica	Anella tipus SW Ø30	2	0.25	0.5
Anella elàstica	Anella tipus SR Ø55	2	0.32	0.64
Anella elàstica	Anella E-68 DIN 472	2	0.94	1.87
Anella elàstica	Anella tipus SW Ø18	4	0.30	1.2
volandera	Arandela ajust 18x25x1 DIN 988	2	0.35	0.70
Molla	Tipus B CO210-026-1500M	2	0.53	1.06
Molla	Tipus B CO180-032-0690M	2	0.57	1.15
Passador elàstic	Passador elàstic DIN 1481	2	0.08	0.16
Passador	Passador Ø3x40 DIN 6235	2	0.14	0.28
nilos	Nilos 16008 JV	2	2.4	4.8
nilos	Nilos 16006 JV	2	1.8	3.6
Passador cilíndric	Passador Ø4x20 DIN 6235	4	0.077	0.31
cargols	Cargols M4x16 DIN 912	8	0.055	0.44
cargols	Cargol M20x20 DIN 912	4	0.08	0.32

<b>TOTAL COMPRA REDUCTOR</b>	<b>58.67 €</b>
------------------------------	----------------

### C2.1.4 Sistema accionament

<i>Denominació</i>	<i>Referència</i>	<i>Unit</i>	<i>Preu Unit</i>	<i>Preu €</i>
Cargols M6x40	Cargol M6x40 DIN 7985	4	0.125	0.5
Cargols M5x20	Cargols M5x20 DIN 7380	8	0.066	0.528
Femelles autoblocants	Femelles M5 DIN 985	4	0.06	0.24
Femelles autoblocants	Femelles M6 DIN 985	4	0.06	0.24
Volanderes M5		22	0.02	0.44
Volanderes M6	Volanderes M6	8	0.02	0.16

<b>TOTAL COMPRA SISTEMA D'ACCIONAMENT</b>	<b>2.11 €</b>
---	---------------



### C2.1.5 Resum

Resumint el total dels elements de compra necessaris, és:

<b><i>ELEMENTS DE COMPRA</i></b>	
Total caixa	16.79
Total aro impulsíó	0.85
Total reductor	58.67
Total sistema accionament	2.11
<b><i>TOTAL ELEMENTS DE COMPRA</i></b>	<b><i>78.42 €</i></b>

### C2.2 ELEMENTS DE FABRICACIÓ

La major part de les peces de fabricació que componen la màquina han estat elaborades a partir de processos de mecanització, majoritàriament per arrencament de material, ja sigui amb torn, fresa i centre de mecanitzat. Els engranatges han estat mecanitzats amb una fresadora especial per rodes dentades.. Pel que fa a les peces de xapa han estat realitzades amb tall per làser i posteriorment doblades aquelles que ho requerien.

Per a calcular el preu unitari s'ha tingut en compte el cost de material, el cost de mecanització i la repercussió del preu de l'utilatge i el cost de preparació de la màquina per tal de fabricar una sèrie de 120 caixes. Així doncs el preu de fabricació d'una peça serà:

$$\text{Cost fabricació} = \text{cost material} + \text{cost mecanitzat} + \frac{\text{cost\_preparació}}{120} + \frac{\text{utillatge}}{120}$$



### C2.2.1 Elements de Fabricació d'alimentació boixa

<i>Denominació</i>	<i>Quantitat</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Preu Total</i>
Cilindre entrada	2	24.05	48.1
Cub sortida	2	29.52	59.04
distanciador	2	3.41	6.82
volandera	2	3.47	6.94
<b>TOTAL FABRICACIÓ BOIXA</b>			<b>120.9 €</b>

### C2.2.2 Elements de Fabricació aro impulsíó

La protecció dels dits està feta mitjançant tallat amb troquel, per tant, s'ha considerat la repercussió del preu del troquel sobre cada unitat

<i>Denominació</i>	<i>Quantitat</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Preu Total</i>
Radis volant	2	15.69	31.38
Protector dits	2	1.6	3.2
distanciadors	12	0.02	0.24
Radiat de les rodes amb boixa nova	10	2	20
<b>TOTAL FABRICACIÓ ARO IMPULSIÓ</b>			<b>54.82 €</b>





**C2.2.3 Elements de Fabricació reductor**

<i>Denominació</i>	<i>Quantitat</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Preu Total</i>
Cub entrada	2	42.61	85.22
Cub sortida	2	46.81	93.62
Eix secundari	2	24.48	48.96
Engranatge secundari	2	24.43	48.86
Engranatge directe	2	21.71	43.42
Engranatge reducció	2	17.78	35.56
Volandera	4	6.90	27.6
Eix selector	2	15.96	31.92
Eix interior del selector	2	7.02	14.04
Disc selector	2	0.83	1.66
Distanciador selector	2	1.18	2.36
palanca	2	12.99	25.98
carter	2	102.83	205.66
Tapa carter	2	61	122
fixacions	4	14.95	59.8
<b><i>TOTAL FABRICACIÓ REDUCTOR</i></b>			<b><i>846.66 €</i></b>

**C2.2.4 Elements de Fabricació sistema accionament**

<i>Denominació</i>	<i>Quantitat</i>	<i>Preu unitari</i>	<i>Preu Total</i>
Placa suport	2	2.35	4.7
Maneta llarga	2	3.43	6.86
Maneta curta	2	3.24	6.48
Barra fre	2	1.12	2.24
Barra canvi	2	1.02	2.04
Cable	2	6.05	12.1
Suport davanter cable	2	2.49	4.98
Suport posterior cable	2	2.44	4.88
<b><i>TOTAL FABRICACIÓ SISTEMA ACCIONAMENT</i></b>			<b><i>44.28 €</i></b>



### C2.2.5 Resum Elements de Fabricació

Resumint el total dels elements de fabricació per conjunts, tenim que:

<b><i>ELEMENTS DE FABRICACIÓ</i></b>		
Total fabricació caixa		120.9
Total fabricació aro impulsíó		54.82
Total fabricació reductor		846.66
Total fabricació sistema accionament		44.28
<b><i>TOTAL ELEMENTS DE FABRICACIÓ</i></b>		<b><i>1066.66 €</i></b>

### C2.3 RESUM DEL COST DE MATERIALS

<b><i>MATERIALS</i></b>		
Total Elements de Compra		78.42
Total Elements de Fabricació		1066.66
<b><i>TOTAL DE MATERIALS</i></b>		<b><i>1074.08 €</i></b>



---

## C3. SERVEIS

---

En aquest apartat es comptabilitzen les hores d'enginyeria realitzades en el desenvolupament del projecte. Les hores de disseny han estat dividides per etapes o fases del projecte. Val a dir, que també s'ha fet una distinció en quan al tipus de tècnic que ha col·laborat en el projecte, així doncs, s'han comptabilitzat les hores de tècnic júnior a 20 €, les de tècnic sènior (persona amb majors coneixements i experiència) a 66 € i les de muntador a 33€.

Dins els costos per hora d'enginyer o becari es troba englobat, apart dels salaris, el cost d'amortització dels equips (Estacions de treball, Ordinadors, llicències del software, Plotters, paper, telèfon, llum i altres despeses que té en Centre).

A continuació s'estudien els costos d'enginyeria en les cinc etapes o fases en les que es divideix el projecte:

- Etapa 1: Validació prototip.
- Etapa 2: Disseny canvi per a la fabricació seriada.
- Etapa 3: Disseny sistema selector i radis volant.
- Etapa 4: Muntatge i verificació .
- Etapa 5: Lliurament del producte i documentació.



### C3.1.1 Serveis de la Primera Etapa

<b>1ª ETAPA</b>	<b>VALIDACIÓ PROTOTIP</b>		
<i>Objectius</i>	<input type="checkbox"/> Verificació disseny i funcionament. <input type="checkbox"/> Estudi i disseny de millores sobre el primer prototip.		
<i>Hores Realitzades</i>	Tècnic Júnior	30	Repercussió sobre un conjunt una cadira de rodes:  <b>18.8 €</b>
	Tècnic Sènior	8	
<i>Cost Hores</i>	Tècnic Júnior	600	
	Tècnic Sènior	528	
<i>Cost Total 1ª Etapa</i>		<b>1128 €</b>	

### C3.1.2 Serveis de la Segona Etapa

<b>2ª ETAPA</b>	<b>DISSENY CANVI PER FABRICACIÓ SERIADA</b>		
<i>Objectius</i>	<input type="checkbox"/> Redisseny de components. <input type="checkbox"/> Compactació del mecanisme. <input type="checkbox"/> Definició de peces amb SolidWorks (representació en 3D). <input type="checkbox"/> Elaboració del plànols 2d per a la fabricació. <input type="checkbox"/> Definició tractaments i acabats peces <input type="checkbox"/> Llistat de peces de fabricació, normalitzats.		
<i>Hores Realitzades</i>	Tècnic Júnior	251	Repercussió sobre un conjunt una cadira de rodes:  <b>169.47 €</b>
	Tècnic Sènior	78	
<i>Cost Hores</i>	Tècnic Júnior	5020	
	Tècnic Sènior	5148	
<i>Costa Total 1ª Etapa</i>		<b>10168 €</b>	



### C3.1.3 Serveis de la Tercera Etapa

<i>3ª ETAPA</i>	<i>DISSENY ACCIONAMENT I RADIAT</i>	
<i>Objectius</i>	<input type="checkbox"/> Disseny conceptual i de detall dels conjunts d'accionament extern del canvi i <input type="checkbox"/> Disseny del radiat de roda <input type="checkbox"/> Representació gràfica en 3D. <input type="checkbox"/> Plànols de detall nous components. <input type="checkbox"/> Llistat de peces de fabricació, normalitzats.	
<i>Hores Realitzades</i>	Tècnic Júnior	32
	Tècnic Sènior	6
<i>Cost Hores</i>	Tècnic Júnior	640
	Tècnic Sènior	696
<i>Cost Total 1ª Etapa</i>		<b>736 €</b>

Repercussió sobre un conjunt una cadira de rodes:  
**12.3 €**



### C3.1.4 Serveis de la Quarta Etapa

<b>4ª ETAPA</b>	<b>MUNTATGE I VERIFICACIÓ+ manteniment</b>		
<i>Objectius</i>	<input type="checkbox"/> Muntatge i posta a punt de cada caixa de canvi. <input type="checkbox"/> Muntatge sistemes accionament <input type="checkbox"/> Muntatge de cadires de rodes amb canvi ( reductors, accionament extern rodes amb radiat i proteccions) <input type="checkbox"/> Verificació del funcionament de cada cadira de rodes. <input type="checkbox"/> Marcat de cadires per seguiment reparacions		
<i>Hores Realitzades</i>	Muntador1	61	Repercussió sobre un conjunt una cadira de rodes:  <b>121.12 €</b>
	Muntador2	68	
	Tècnic Júnior	35	
	Tècnic Sènior	35	
<i>Cost Hores</i>	Muntador	4257	
	Tècnic Júnior	700	
	Tècnic Sènior	2310	
<i>Cost Total 1ª Etapa</i>		<b>7267 €</b>	



### C3.1.5 Serveis de la Cinquena Etapa

<i>5ª ETAPA</i>	<i>LLIURAMENT DEL PRODUCTE I DOCUMENTACIÓ</i>		
<i>Objectius</i>	<input type="checkbox"/> Lliurament a “Forum de les cultures” de 60 cadires amb canvi . <input type="checkbox"/> Documentació i instruccions. <input type="checkbox"/> Memòria del projecte.		
<i>Hores Realitzades</i>	Tècnic Júnior	15	Repercussió sobre un conjunt una cadira de rodes:  <b>21.5 €</b>
	Tècnic Sènior	15	
<i>Cost Hores</i>	Tècnic Júnior	300	
	Tècnic Sènior	990	
<i>Cost Total 1ª Etapa</i>		<b>1290€</b>	

### C3.1.6 Resum dels Costos de Serveis

<i>RESUM COSTOS SERVEIS</i>	
Total Serveis 1ª Etapa	18.80€
Total Serveis 2ª Etapa	169.47€
Total Serveis 3ª Etapa	12.30€
Total Serveis 4ª Etapa	121.12€
Total Serveis 5ª Etapa	21.50€
<b>TOTAL SERVEIS en €</b>	<b>233.19 €</b>







## C4. COST TOTAL DEL PRODUCTE

Sumant les partides analitzades en els anteriors apartats es pot obtenir el cost total del producte. Val a dir, que aquesta és una innovació, que ha requerit molt de temps per el seu disseny i per tant, un cost elevat de serveis.

Un altre factor que cal considerar, és que s'ha dut a terme la fabricació d'una petita sèrie, i per tant el disseny i selecció de mètode de fabricació han estat escollits en funció de la quantitat a produir. En canvi si es tractés d'un sèrie més llarga es podia haver seleccionats altre processos de fabricació, que tot i que en un inicialment requereixen major inversió, aquesta és amortitzada gràcies a la quantitat de peces produïdes, fet que fa que el cost d'aquest inversió quedi molt repartit entre la producció essent la repercussió per unitat menor que en el nostre cas.

<b>RESUM COSTOS TOTALS</b>	
<b>MATERIALS</b>	
Total elements de compra	78.42€
Total elements de fabricació	1066.66€
<b>SERVEIS</b>	
Total serveis	233.19€
<b>TOTAL PRODUCTE</b>	
	<b>1378.27 €</b>
<b>TOTAL PRODUCTE + iva</b>	<b>1598.79 €</b>



Cal considerar que aquest cost correspon a una sèrie de 60 cadires. Es considera que els utilitatges i el cost de disseny queda amortitzat amb aquesta primera sèrie, i per tant, en cas de realitzar una segona sèrie, ja no es tindrien aquests en compte, podent reduir notablement el cost.



## **ANNEX D: CADIRES DE RODES, ANÀLISIS DE MERCAT I**

### **PATENTS**

#### **INDEX:**

<b>D1. INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>181</b>
D1.1 CARACTERÍSTIQUES GENERALS .....	181
D1.2 CLASSIFICACIÓ .....	181
D1.3 FACTORS QUE AFECTEN A LA MOBILITAT .....	184
<i>D1.3.1 Impacte d'aquests factors a cadira amb canvi.....</i>	<i>186</i>
D1.4 EVOLUCIÓ.....	186
<b>D2. ANÀLISIS DE MERCAT.....</b>	<b>189</b>
D2.1 DESCRIPCIÓ DE CADIRES DE RODES UTILITZADES PER LA POBLACIÓ ESPANYOLA .....	189
D2.2 UNA CADIRA DE RODES AMB CANVI DE MARXES EN EL MERCAT ACTUAL.....	192





---

## D1. INTRODUCCIÓ

---

### D1.1 CARACTERÍSTIQUES GENERALS

La cadira de rodes suposa una solució a les limitacions de desplaçament que tenen algunes persones amb discapacitat.

Per els usuaris de cadires de rodes, la cadira és com les cames per els que poden caminar, i en qualsevol cas, un dispositiu en el que passen la major part del dia. Ha de complir, inicialment, un doble requeriment: per un costat, ha de ser estable i còmoda i, per altre, ha de permetre un fàcil desplaçament.

Una cadira de rodes ha de tenir com objectiu permetre a l'usuari la màxima funcionalitat, comoditat i mobilitat. Para assolir aquest objectiu, la cadira ha d'estar pensada para ajustar-se a la persona, no és la persona la que ha d'ajustar-se a la cadira.

### D1.2 CLASSIFICACIÓ

Existeix una amplíssima gamma de models i moltes classificacions de cadires de rodes, però la més acceptada a nivell internacional és la propulsada por la Norma ISO 9999.

Estableix dos grans grups: les manuals i les elèctriques amb els seus subgrups corresponents.

Dins de les manuals es té:

- Impulsades por un acompanyant.
- Bimanuals impulsades per les rodes darreres.



- Bimanuals impulsades per les rodes davanteres.
- Bimanuals impulsades per mitjà de palanques
- Manuals de conducció monolateral.
- Manejades per un peu.

Entre les elèctriques estan:

- Cadires de rodes de motor conduïdes per un acompanyant
- Cadires de rodes amb motor elèctric i direcció manual
- Cadires de rodes amb motor elèctric i direcció assistida
- Cadires de rodes propulsades amb motor de combustió.

### D1.3 DIMENSIONA CADIRES DE RODES MANUALS

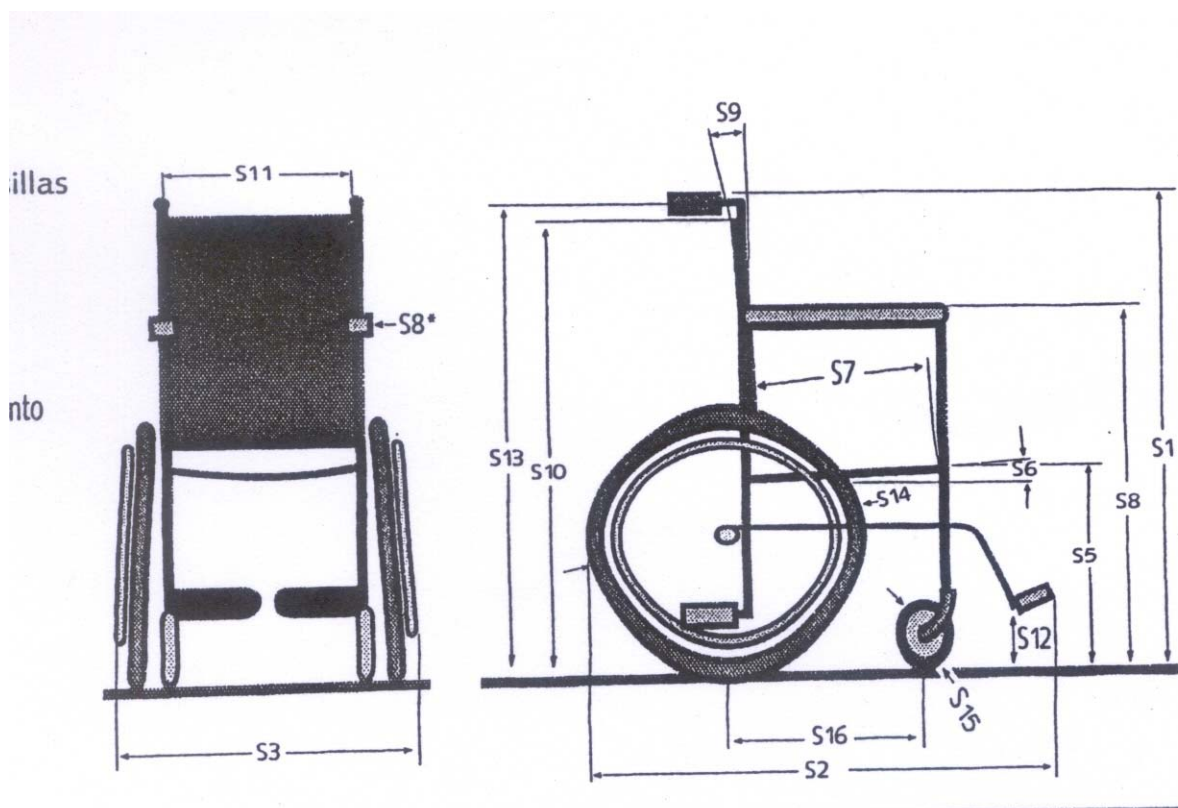


Fig. D1. Dimensions cadira de rodes manual



<b>DIMENSIONS CADIRES DE RODES MANUALS</b>		<b>p-5</b>	<b>p-50</b>	<b>p-95</b>
S1	ALÇADA TOTAL (cm)	83.0	91.5	96.0
S2	LONGITUD TOTAL (cm)	79.7	105.0	114.0
S3	AMPLADA TOTAL (cm)	54.0	60.0	66.0
S4	AMPLADA SEIENT (cm)	35.0	40.0	45.0
S5	ALÇADA SEIENT (cm)	44.0	50.4	57.5
S6	ANGLE SEIENT	-1.6	5.4	17.7
S7	PROFUNDITAT SEIENT	38.0	41.0	47.0
S8	ALÇADA MAX. REPOSABRAÇOS (cm)	67.5	71.0	75.3
S8*	AMPLADA REPOSABRAÇOS (cm)	3.5	5.3	6.0
S9	ANGLE RESPATLLER (°)	93.0	101.0	110.0
S10	ALÇADA RESPATLLER (cm)	75.0	85.0	90.0
S11	AMPLADA RESPATLLER (cm)	31.0	37.0	46.0
S12	ALÇADA MIN. REPOSAPEUS (cm)	5.5	12.0	23.0
S13	ALÇADA EMPUNYADURA (cm)	82.0	90.0	95.0
S14	DIÀMETRE RODA POSTERIOR (cm)	50.0	59.0	61.3
S15	DIÀMETRE RODA ANTERIOR (cm)	9.5	19.8	20.3
S16	DISTÀNCIA ENTRE EIXOS (cm)	36.5	41.5	56.0

Taula D1. Dimensions cadira per percentil 5, 50 i 95



## D1.4 FACTORS QUE AFECTEN A LA MOBILITAT

És habitual considerar que el que més afecta a la maniobrabilitat de la cadira és el seu pes i el material amb el que s'ha fet la seva estructura. En canvi, hi ha factors més importants que poden influir decisivament en la funcionalitat i mobilitat del usuari.

- El seient i la postura que se'n deriva
- La distancia entre eixos de las rodes
- La posició i el dimensions de les rodes
- La forma en que la cadira ha estat ajustada i muntada.

Quan el fregament és major, la resistència a rodar de la cadira serà superior, i per tant l'usuari requereix major energia per a la seva propulsió.

Analitzem com afecta a la facilitat per rodar i desplaçar-se els següents factors:

- La distribució del pes entre las rodes davanteres i posteriors. Més pes sobre las rodes davanteres provoquen major fregament, però al mateix temps fa que la cadira sigui més estable. Una cadira de rodes Standard té una distribució del pes de 50/50%, mentre que una cadira lleugera ajustable pot arribar a tenir una distribució del pes de 80% en la roda posterior i 20% en la davantera (aproximadament). Això fa que llisqui millor que una Standard però que sigui menys estable.
- El terreny sobre el qual serà utilitzada. El terreny tou produeix un major fregament i per lo tant exigeix major esforç per propulsar la cadira. El fregament es menor en terrenys o superfícies dures.
- Dimensions i composició de las rodes: Les rodes pneumàtiques resulten més còmodes ja que poden amortir millor, però oposen una major resistència a rodar per ser més toves. La resistència és inferior en rodes amb cobertes massisses per ser més dures. Les rodes petites tenen menor fregament al tenir menor superfície de contacte amb el terra, però això fa que presentin pitjor adherència. Rodes més grans tenen menor adherència per tenir una superfície de contacte major però també produeix un fregament superior.





- Dimensions de les rodes davanteres: Las rodes grans són més recomanables per exteriors, i sòls irregulars. Les rodes petites són millors per circulació en interiors i la pràctica d'esports per la seva rapidesa de gir en superfícies llises i dures.
- Centre de gravetat de la cadira: Al moure el centre de gravetat cap enrera i cap a dalt s'augmenta el pes sobre les rodes posteriors i fent la cadira més manejable però més inestable. Si es desplaça el centre de gravetat cap abaix i cap endavant, la cadira serà més estable però menys manejable (Pot ser necessari introduir dispositius de seguretat com rodes anti-volcada).
- Distància entre eixos de rodes davanteres i posteriors: Una distància llarga entre eixos manté millor la direcció. Una distància entre eixos curta resulta més suau i fàcil de maniobrar.
- El fet de desplaçar el centre de la roda també marca la posició òptima de la roda. Si la roda està avançada i l'eix queda per davant dels dits, l'usuari iniciarà la propulsió massa enrera i no podrà completar tot el recorregut.

Si l'eix queda endarrerit respecte als dits, l'usuari iniciarà la propulsió adelantat i per lo tant tindrà un recorregut més curt, menys eficient.

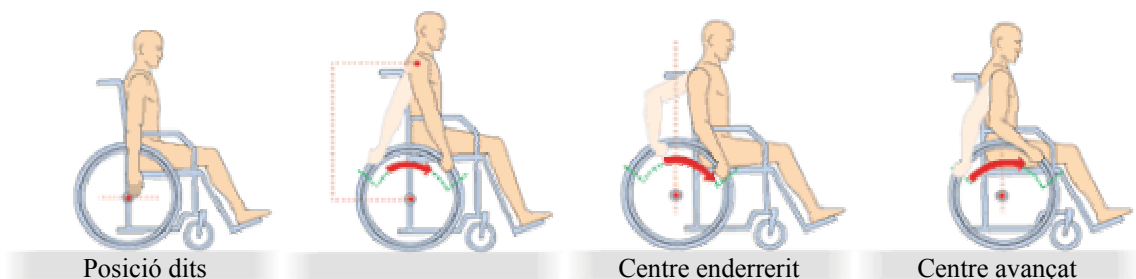


Fig. D2. Diferents posicions de roda motriu o posterior respecte posició dits

- Angle de les rodes posteriors: Si les rodes tenen un angle positiu (major amplada a la base) la cadira manté millor la direcció, és més estable i la postura dels hombros és millor. L'inconvenient és que s'augmenta l'amplada total de la cadira.
- Angle de les rodes davanteres: Després de qualsevol canvi en les rodes posteriors o alçada de l'estructura, cal verificar sempre que les davanteres estan a 90°. Si l'angle és més obert (superior a 90°) la cadira girarà més ràpid però en parar tendirà a anar-se'n enrera i la part davantera quedarà més elevada. Si l'angle és inferior a 90° es dificulta



el gir, quan es para la cadira aquesta tendeix a seguir rodant i la part davantera queda més baixa que la posterior.

#### **D1.4.1 Impacte d'aquests factors a cadira amb canvi**

Es important tenir present aquestes consideracions per tal de dissenyar un canvi de marxes de tal manera que el centre de gravetat no quedi desplaçat, i si és així que sigui el mínim necessari per garantir l'estabilitat de la cadira. Cal considerar que si el centre de la roda motriu es desplaça, existeix el perill de obtenir una propulsió per part de l'usuari curta i ineficient i una inestabilitat de la cadira. Evidentment, davant qualsevol canvi de posició de la roda motriu o posterior caldrà verificar que la posició de les rodes davanteres és de 90°.

En el cas de la cadira amb canvi, hi ha un desplaçament de la roda posterior o motrius cap a baix i endavant un centímetres. La resposta de la cadira davant aquest canvi és correcte, sense provocar inestabilitats. Tot i així s'han instal·lats elements anti-volcada per evitar caigudes d'esquena en impulsions sobre terreny inclinat i pujades de voreres. Durant el muntatge dels canvis a l'estructura de la cadira s'ha modificat la posició de les rodes davanteres per a situar-les a 90°

Comentar també que amb la incorporació del canvi es mantenen les dimensions generals de la cadira de rodes, per tant es garanteix una bona resposta davant maniobres per interiors i accessos a recintes ja que no es veu modificada l'amplada i alçada total de la cadira.

### **D1.5 EVOLUCIÓ**

L'evolució de les cadires de rodes ha canviat l'estil de vida dels discapacitats que las necessiten para moure's. L'evolució ha estat visible i palpable: des de les pesades cadires de fusta, en que calia l'ajut d'un altre persona per desplaçar-se, als nous models, que poden pujar voreres i són ultralleugeres. Aquesta evolució tècnica ha permès a les persones invalides tenir una vida independent.

Fa tan sols 50 anys, la cadira de rodes era un símbol d'esclavitud, de limitació i barreres; avui el seu significat és molt diferent: d'autonomia. En cent anys, les cadires de rodes han passat de ser unes màquines aparatoses i pesades, a convertir-se en un vehicle que permet un nivell alt de mobilitat, el seu pes a disminuït notablement i fins i tot poden pujar les voreres.



Els nous models han canviat la vida del discapacitat: Primer van evolucionar els materials, alleugerant molts models. Les primeres es van fer en acer, i ara ja són habituals les cadires ultralleugeres d'alumini, de titani fins i tot de cromo.

No només ha evolucionat el xassís; també els accessoris son novedosos i milloren la qualitat de vida de l'usuari. També existeixen altres millores, com coixins antiescares i rodes que no es punxen. També han millorat considerablement les prestacions de les cadires elèctriques, que han aconseguit consums més baixos.

El canvi de marxes podria ser una millora més a les cadires de rodes manuals facilitant la mobilitat dels discapacitats i reduïnt esforços en cilcular.



Fig. D3. Disseny cadira de rodes en fusta



Fig. D4. Disseny cadira de rodes actual





---

## **D2. ANÀLISIS DE MERCAT**

---

### **D2.1 DESCRIPCIÓ DE CADIRES DE RODES UTILITZADES PER LA POBLACIÓ ESPANYOLA**

Les dades que es presenten a continuació són el resultat d'un anàlisi fet amb usuaris de cadires de rodes i publicat en el llibre “ Problemàtica de los usuarios de cadires de rodes en España”, que recull la valoració de diferents usuaris de cadires de rodes en diferents àmbits. Aquí només es presenta un resum d'un dels seus capítols. Aquest estudi es va realitzar amb 450 persones membre de diferents entitats relacionades amb minusvalies i de diferents comunitats autònomes d'Espanya.

Per facilitar aquest anàlisi les cadires de rodes han estat classificades en quatre categories:

- Cadires de rodes manipulades per acompanyant (4% )
- Cadires de rodes manuals impulsades per les rodes posteriors anomenades cadires estàndard (66%)
- Cadires de rodes elèctriques de direcció assistida o motoritzades(28% )
- Cadires de rodes manuals impulsades per rodes davanteres ( 0.2%), impulsades per pedals (0.9%), de conducció monolateral (0.9%) i cadires de rodes elèctriques de direcció manual (0.2%) , també anomenades scooters. Degut a la seva poca presència han estat classificats com altres.



A continuació un gràfic amb la distribució segons tipologia de cadira:

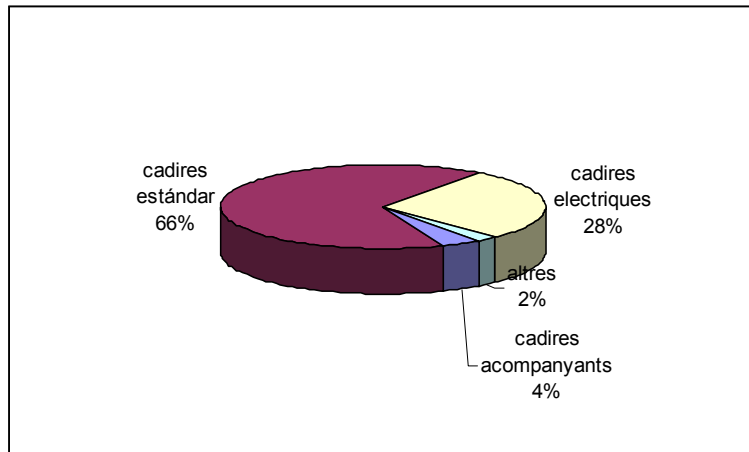


Fig. D5

El preu de la cadira de rodes depèn del tipus i característica dels elements que la componen. En termes generals es pot dir que una cadira de rodes estàndard costa una mitjana de 960€, amb un percentil de (p5 i p95) entre 240€ i 2400€. El preu mig de les cadires de rodes elèctriques és de 3300€ amb un rang típic de 1200€ a 4800€. El preu de les cadires d'acompanyant és el més baix de tots, variant entre les 240€ i els 570€ les més cares.

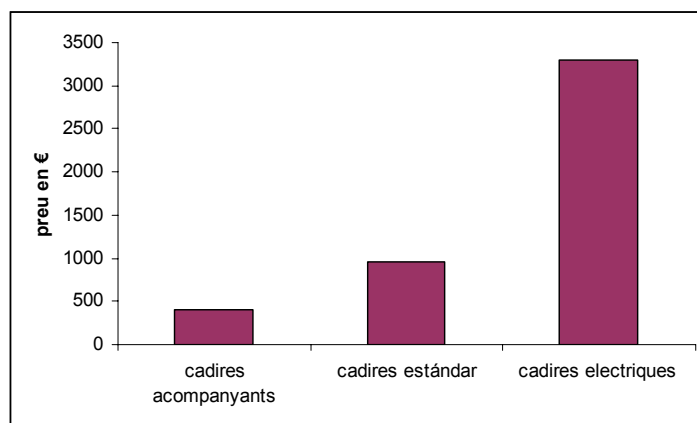


Fig. D6



En quant a les característiques generals de les cadires de rodes dels espanyols, s'analitzarà la capacitat de plegat de les cadires, els dispositius anti-volcada, material, pes i pintura.

1. Capacitat de plegat i desmuntatge sense eines. En el gràfic adjunt s'observa que pràcticament totes les cadires de rodes manuals són plegables, però només una quarta part es pot desmuntar sense necessitat d'eines.

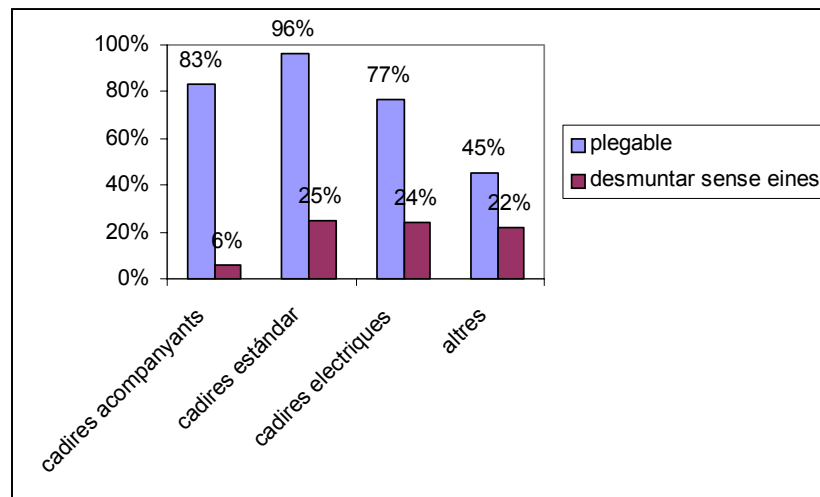


Fig. D7

2. Els dispositius antivolcada només es troben en un 6% de les cadires de rodes de propulsió manual, mentre que són habituals en el 75% de les cadires de rodes elèctriques.
3. Els materials més utilitzats per a la construcció del xassís són d'acer en la seva majoria, encara que cada cop és més notable la presència de cadires de rodes construïdes amb materials lleugers com és l'alumini, el titani i matèries compostes.
4. El pes és un factor determinant en la utilització i transport de les cadires de rodes. Aquí es recull el pes estimat per la mostra d'usuaris a partir de la qual es va fer aquest anàlisi. Un fet positiu és que només el un terç de les cadires manuals es valoren com a pesades o molt pesades. En contra, casi un 75% de les cadires elèctriques es valoren amb un pes elevat o molt elevat, que és prou lògic considerant la presència de motors, bateries i altres components.



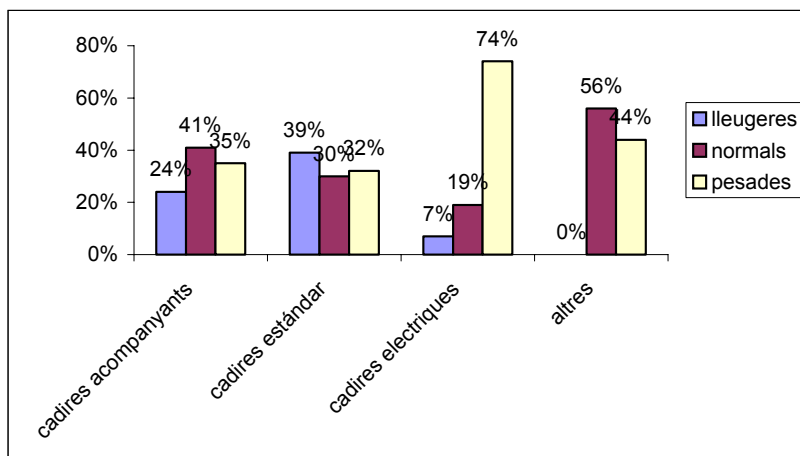


Fig. D8

5. L'estètica de la cadira de rodes és per molts usuaris un aspecte molt important. Comentar que tot i que el blau, negre i vermell es troba en el 80% de les cadires de rodes, els fabricant casi sempre ofereixen el subministrament en altres colors si així ho desitja l'usuari. Las forma de les cadires és prou similar entre models de cadires del mateix grup. Segons els col·laboradors d'aquest estudi, un 40% dels usuaris de cadires de rodes manuals i un 50% de cadires motoritzades consideren la seva cadira de rodes estèticament atractiva.

## D2.2 UNA CADIRA DE RODES AMB CANVI DE MARXES EN EL MERCAT ACTUAL

Segons el que s'ha vist, la cadira de rodes manual estàndard és la més estesa entre els usuaris. Segurament el preu d'adquisició i la possibilitat de realitzar desplaçament amb el propi esforç són factors determinats. Segons informació dels propis usuaris, sempre que es senten capacitats per poder ser autosuficients en els seus desplaçaments, trien les cadires de rodes manuals impulsades per rodes posteriors. Només aquest fet ja ens obre un bon ventall de possibles futurs usuaris d'una cadira de rodes manual amb canvi de marxès, que no faria altre cosa que facilitar els seus desplaçaments en vies inclinades.

Per altre banda la configuració presentada del canvi de marxès muntat sobre una cadira de rodes estàndard, satisfà les cinc característiques més valorades per el consumidor:





- **Plegable i desmuntable:** La cadira de rodes permet ser plegada per facilitar el seu transport sense augmentar l'amplada de la mateixa cadira de rodes estàndard sense canvi incorporat. Permet el desmuntatge de la roda sense eines ja que disposa d'un passador d'extracció ràpida com a eix de roda. Per el desmuntatge de la resta d'accessoris i del propi canvi només calen eines bàsiques com claus allen i tornavisos.
- **Anti-volcada.** La cadira de rodes ja incorpora aquest accessori
- **Material:** Cadira amb estructura d'alumini, més lleugera que les d'acer.
- **Pes:** El fet d'incorporar el canvi sobre l'estructura de la cadira no suposa un sobrepès excessiu en la cadira.
- **Estètica:** la incorporació del canvi no afecta l'estètica general de la pròpia cadira.

Aquest fet, juntament amb el nou valor afegit que proporciona la incorporació del canvi de marxes, pot resultar un producte molt competitiu en el mercat. Possibles consumidors d'aquest producte podrien ser usuaris de cadires de rodes manuals que realitzen desplaçaments que requereixen esforços. El fet d'incorporar el canvi de marxes, podria fer menys feixuga la seva circulació per vies inclinades o amb pendent.





---

## D3. PATENTS

---

### D3.1 CERCA I PATENT

Al iniciar el disseny del primer prototip es va dur a terme una cerca de patents, amb la finalitat de verificar que no hi havia cap tipus de producte equivalent en el mercat, que no hi havia cap patent enregistrada fent referència a algun tipus d'element per facilitar la circulació de cadires de rodes per vies inclinades i pendents, ni cap canvi de marxes adaptable a cadires de rodes manuals. Aquesta cerca es va dur a terme a través de pàgines web referent als registres de patents. El resultat d'aquesta cerca va ser, efectivament, la inexistència de cap element que semblés similar que respectés les especificacions inicials. Recordem aquestes especificacions:

- Adaptable a qualsevol cadira de rodes estàndard
- mantenir les dimensions de la cadira,
- permetre que es pugui plegar
- proporcionar dues marxes

Tot i així es va demanar a una empresa especialitzada, *March Asociados*, que fes un estudi verificant el resultat de la nostra cerca. Finalment, van donar resposta negativa a la cerca, és a dir que no hi havia cap patent que registrés un producte que satisfés les especificacions i la funció de reduir els esforços dels usuaris de cadires de rodes manuals.

El resultat d'aquesta cerca va permetre, per altre banda, la possibilitat de registrar i patentar aquesta nova innovació. La Universitat Politècnica de Catalunya va sol·licitar la patent sota el nom de : *"Cambio de marchas compacto con entrada i salida coaxiales, directamente aplicable a ruedas para sillas con ruedas u otras aplicaciones, permitiendo el cambio de rueda rápido"* Per motius de confidencialitat no es presenta una còpia de la patent .



### D3.2 ALTRES PATENTS

A continuació es presenten productes semblants i s'enumeren algunes patents relacionades, resultat de la cerca. Com es pot veure, cap d'ell és d'entrada i sortida coaxial, i algun d'ell augmenten les dimensions de la cadira.

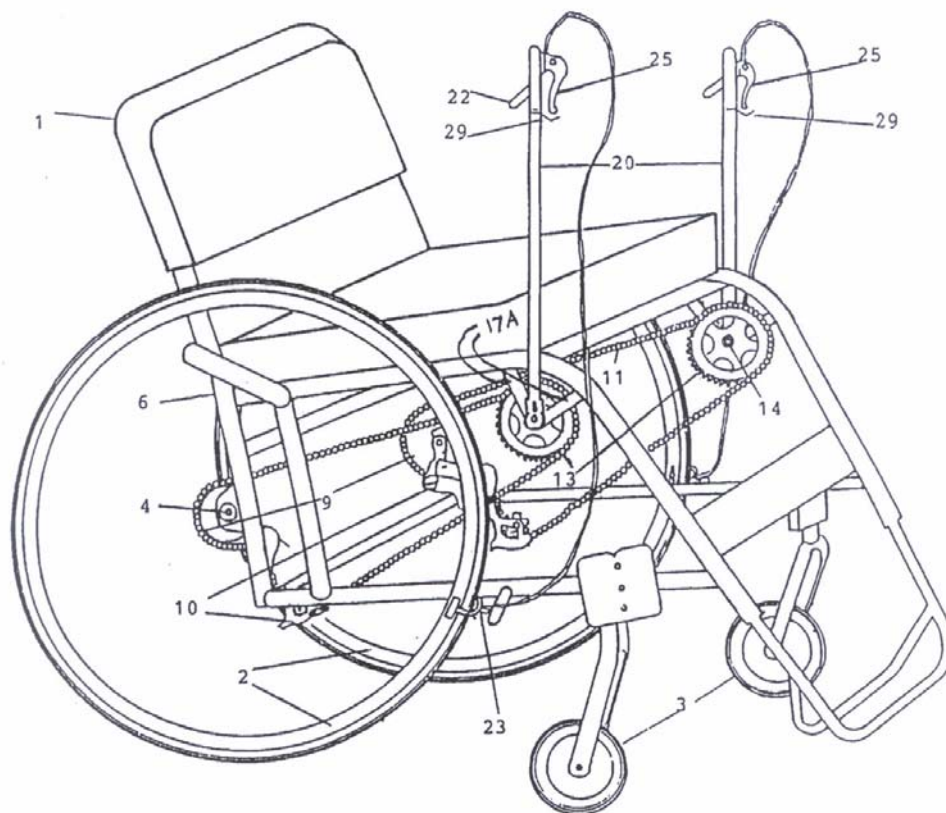


Fig. D9 Imatge Patent U.S. 5,865,455



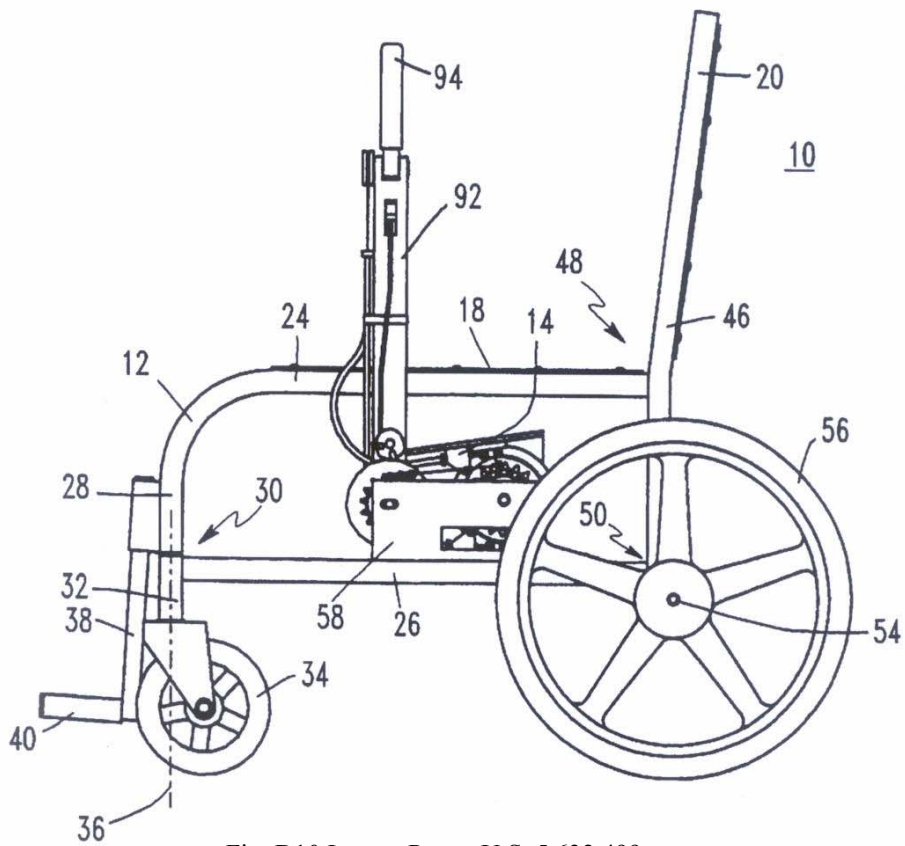


Fig. D10 Imatge Patent U.S. 5,632,499

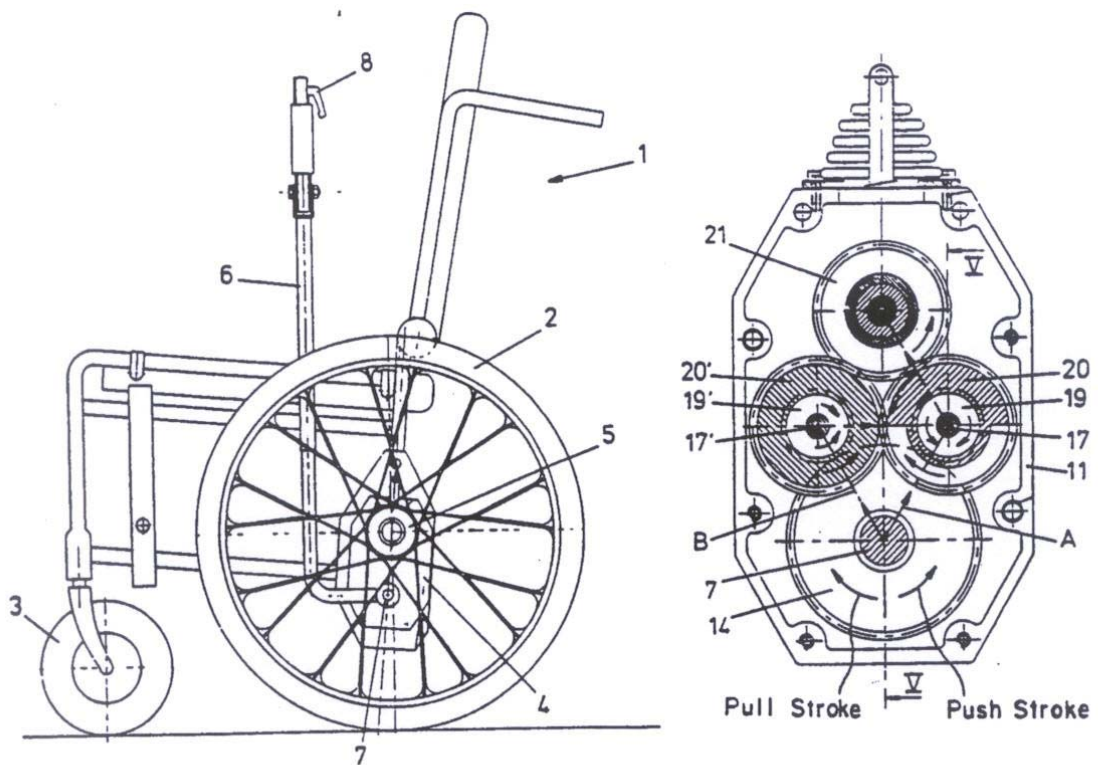


Fig. D11 Imatge Patent U.S.5,167,168



U.S. Patent

Apr. 11, 2000

Sheet 2 of 5

6,047,980

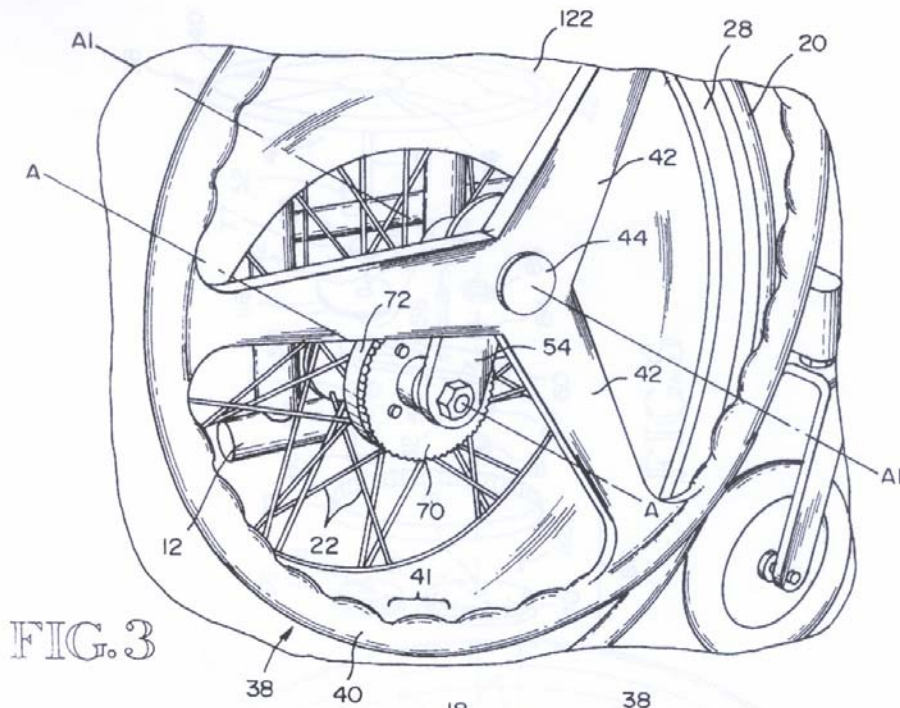


FIG. 3

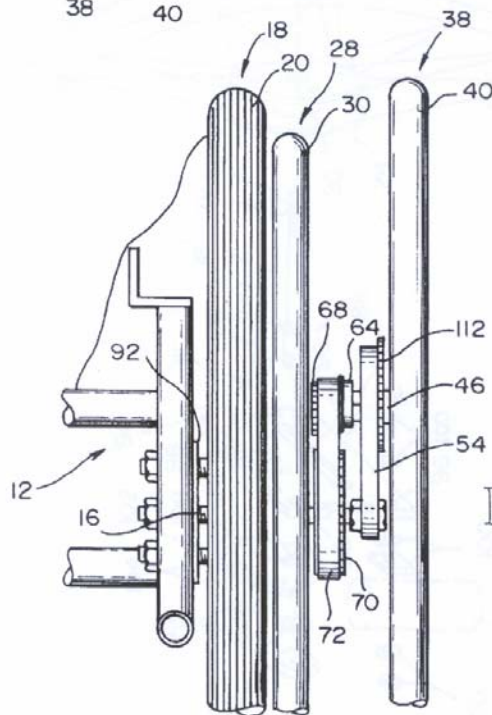


FIG. 4

Fig. D12 Imatge Patent U.S. 6.047.980



U.S. Patent

Apr. 11, 2000

Sheet 4 of 5

6,047,980

FIG. 6

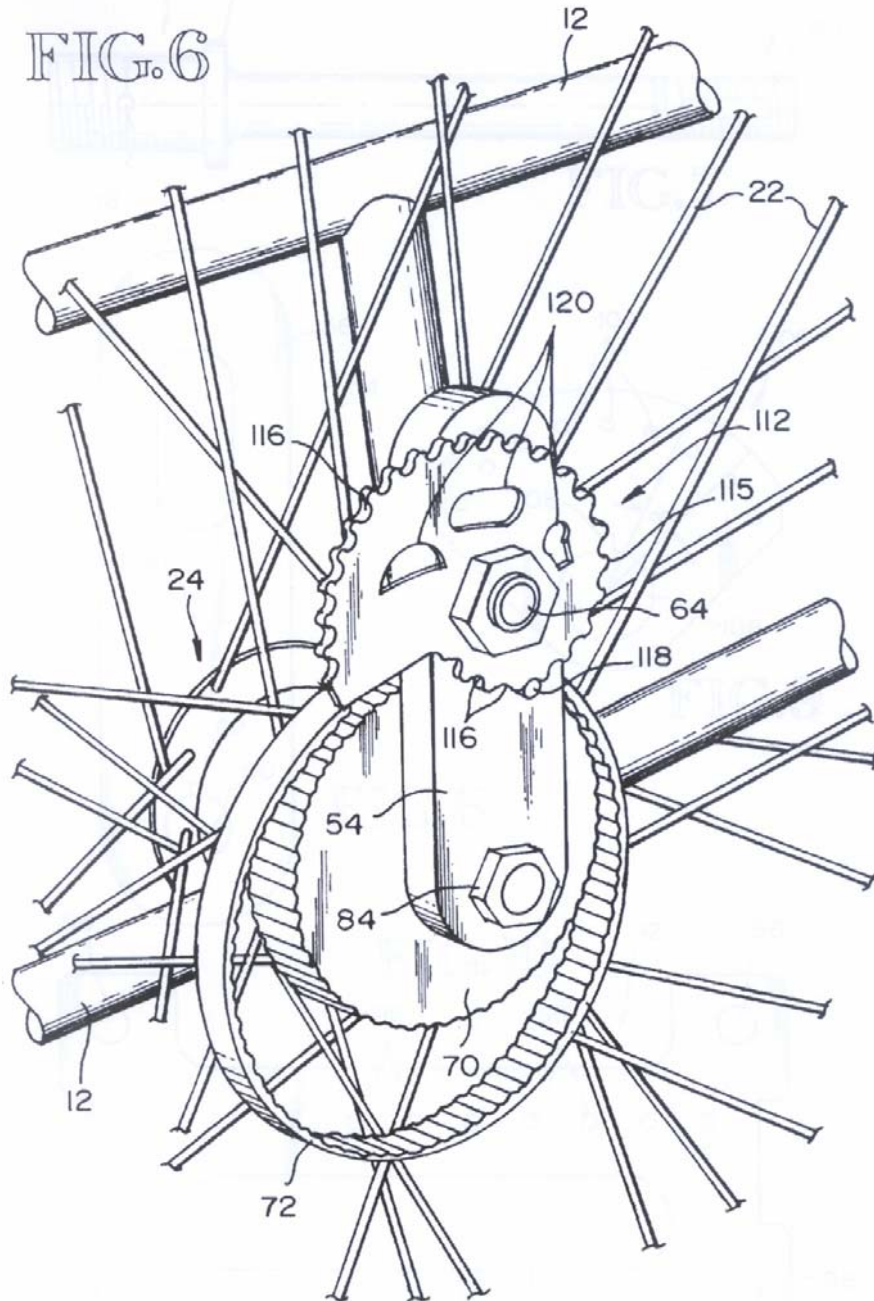


Fig. D13 Imatge Patent U.S. 6.047.980



U.S. Patent

Nov. 8, 1994

Sheet 1 of 3

5,362,081

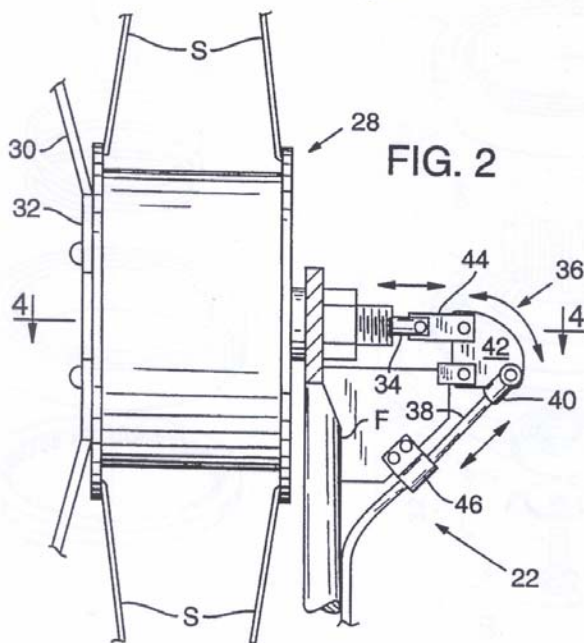
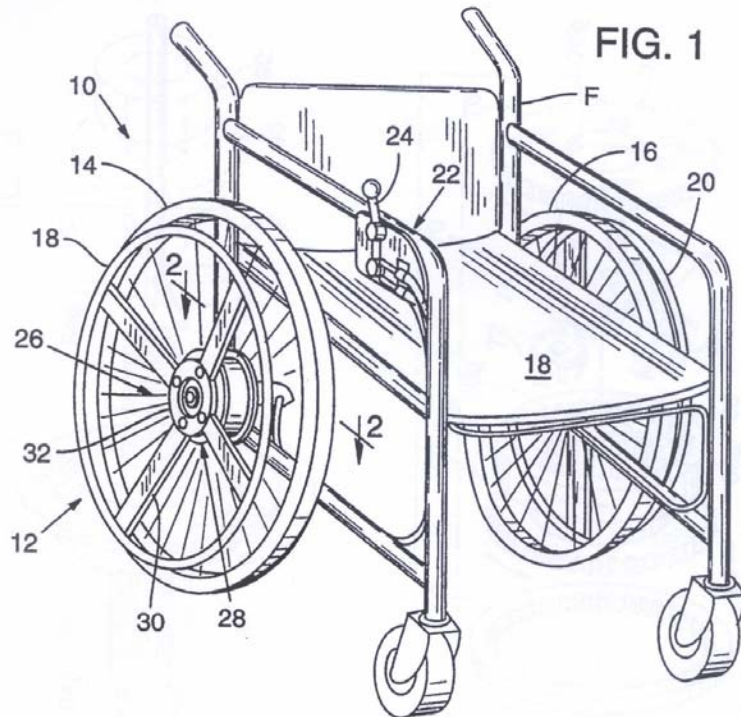


Fig. D14 Imatge Patent U.S. 5,362,081





## **ANNEX E: PUBLICACIONS**

### **INDEX:**

<b>E1. PUBLICACIONS .....</b>	<b>203</b>
E1.1 PRIMERA SÈRIE AL FORUM DE LES CULTURES 2004.....	203
E1.2 FULL INSTRUCCIONS .....	204
E1.3 PUBLICACIONS EN PREMSA.....	205
<i>E1.3.1 Nota premsa Forum 2004.....</i>	<i>205</i>
<i>E1.3.2 Publicació LA VANGUARDIA, 6 de maig 2004.....</i>	<i>206</i>
<i>E1.3.3 Publicació EL MUNDO, 6 de maig 2004.....</i>	<i>207</i>
<i>E1.3.4 Publicació EL PAIS, 6 de maig 2004 .....</i>	<i>208</i>
<i>E1.3.5 Article Revista del Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona, INFORMATIU THEKNOS, núm 79 .....</i>	<i>209</i>





---

## E1. PUBLICACIONS

---

### E1.1 PRIMERA SÈRIE AL FORUM DE LES CULTURES 2004.

La cadira de rodes utilitzada per muntar tot el sistema és un model de cadira estàndard de la gamma mitjana, lleugera i plegable. En base a aquest model, s'ha anat muntant el conjunt de canvi de marxes compacte amb accionament manual. Com ja s'ha comentat, el disseny de cada un dels components d'accionament externs a la caixa de canvi ha estat dissenyat per permetre la seva instal·lació sense problemes ni interferències amb altres elements de la pròpia cadira.

La primera producció en sèrie, ha estat de 60 cadires de rodes amb canvi de marxes i ha estat entregada a l'organització del **Fòrum de les Cultures 2004 de Barcelona**, per tal que els visitants amb discapacitats poguessin realitzar els seus desplaçaments dins el recinte amb major comoditat.



Aquesta ha estat una molt bona oportunitat per a presentar aquest producte als medis de comunicació i donar a conèixer al col·lectiu de discapacitats, a les institucions per a persones amb minusvalia i a la societat en general, les avantatges que proporciona una cadira de rodes amb canvi de marxes respecte a les cadires de rodes estàndard.

A part de la presentació en premsa

Fig.E1 Fotografia realitzada el dia de la presentació del producte en premsa a les instal·lacions del Forum de les cultures



realitzada a les instal·lacions del Fòrum, s'han publicat notes de premsa en referència a aquesta innovació i alguns articles tècnics en revistes del ram de l'Enginyeria.

## E1.2 FULL INSTRUCCIONS

Per facilitar la utilització del canvi de marxes als usuaris de les cadires que visiten el Fòrum de les Cultures 2004 de Barcelona, s'ha elaborat un full amb les recomenacions principals i instruccions per a la utilització correcta del canvi.

**CADIRA AMB CANVI**  
**CONRAD-CIM**<sup>®</sup>  
 Patent pending

**"ET FACILITEM L'ACCÉS"**

**CAIXA DE CANVIS**  
 Disseny integrat, adaptable a qualsevol cadira, fàcil d'instal·lar.

**PROTECCIÓ DELS DITS**  
 S'impedeix el contacte dels dits amb els radis.

**REPOSA PEUS**  
 No pujar de peus a sobre.

**CANVI DE MARXES**  
 Per superar un desnivell, accioneu el canvi pressionant endavant.  
 Per circular per plans o baixades, retornar les palanques enrera

**FRE**  
 Fre d'estacionament. Utilitzeu-lo només un cop estacionats

**Forum BARCELONA 2004**

[www.conrad-cim.com](http://www.conrad-cim.com)  
[conrad-cim@cim.upc.es](mailto:conrad-cim@cim.upc.es)

**PATROCINAT PER**  
 abertis, natan, s.l., FAG

**DISSENYAT PER**  
 ARQUITECTO ROVIRA-BELETA, centre cim, LIANTE

Fig..E2 Full instruccions entregat als usuaris cadira



## E1.3 PUBLICACIONES EN PREMSA

A continuació es presenten un recull de les diferents publicacions en medis de comunicació i revistes on s'ha fet referència a aquesta innovació.

### E1.3.1 Nota de premsa FORUM DE LES CULTURES, 5 de maig 2004

[Home](#) > [Notas de prensa](#)

#### Últimas notas de prensa

05-05-04 // 15:27h

#### UNA SILLA DE RUEDAS PARA EL FÓRUM UNIVERSAL DE LAS CULTURAS – BARCELONA 2004

**La silla tiene un cambio de marchas que permite superar mayores desniveles**

El Centre CIM, con el soporte de ABERTIS, ha desarrollado un sistema innovador para facilitar la movilidad de los discapacitados. La innovación consiste en incorporar un sistema de cambio de marchas de accionamiento mecánico en las sillas de ruedas. Este sistema, denominado CONRAD-DIM, podrá ser utilizado por los usuarios de sillas de ruedas que visiten el Fórum de las Culturas, puesto que se ha incorporado a las sesenta sillas de ruedas disponibles. Mediante este nuevo sistema, se puede superar fácilmente una rampa o un pequeño desnivel, lo que aumenta la autonomía, libertad y calidad de vida de las personas que utilizan sillas de ruedas.

Las sillas de ruedas son un elemento con grandes requisitos, lo que hace que sea muy compleja la incorporación de un sistema de cambio de marchas. De hecho, no existe ningún precedente de este proyecto. Las sillas de ruedas deben ser ligeras y plegables, para facilitar su transporte, y es necesario que cualquier sistema que se adapte lo haga sin alterar los niveles de seguridad que debe tener el usuario. El sistema de cambio de marchas que incorporan como novedad mundial las sillas de ruedas del Fórum cumple estos requisitos. Además, es tan compacto que a simple vista no se percibe su ubicación en la silla, ya que queda integrado como un elemento más. Esto se ha conseguido después de un proceso de tres años desarrollado por el equipo de investigadores del Centre CIM (ICT/UPC).

El Centre CIM, centro tecnológico de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y del Institut Català de Tecnologia (ICT), ubicado en el Parc Tecnològic de Barcelona, se dedica a ayudar a los profesionales y las empresas a innovar y adaptarse a los nuevos sistemas de diseño y producción, ofreciendo formación, investigación aplicada y servicios de transferencia de tecnología.

En el año 2001 inició un proyecto de investigación de una silla de ruedas que incorporase un cambio de marchas mecánico (sin motor) con el fin de facilitar la superación de pendientes, con un coste admisible. La idea inicial partió de Enric Rovira-Beleta, especialista en diseño y ejecución de planes de accesibilidad de edificios y recintos, con una fuerte vinculación con la UPC y la organización del Fórum Universal de las Culturas – Barcelona 2004.

El principio de funcionamiento del sistema es el siguiente: los aros que las manos impulsan no están «enganchados» a las llantas, sino que mediante unos radios se conectan con unos engranajes a la zona del eje de la rueda, donde un selector cambia el engranaje a conveniencia. El usuario, cuando se acerca a una subida, acciona una palanca situada al lado del freno de la rueda, y entonces las ruedas circulan más lentamente que los aros impulsados por la mano. Así se percibe una sensación de descanso al iniciar la subida, como cuando un ciclista cambia a plato pequeño y piñón grande. Muchos usuarios de sillas de ruedas que visiten el Fórum de las Culturas constatarán que el sistema instalado es fácil de explicar y utilizar.

Estos meses previos al Fórum se han realizado muchos esfuerzos para poder garantizar la disponibilidad de estas sillas con el nuevo sistema de cambio de marchas. De la mano de Ricard Maixenchs, director de relaciones institucionales y calidad de ABERTIS, se supervisó y dio luz verde el pasado mes de febrero al proceso de producción de las sillas y los cambios.

ABERTIS, sensibilizada con la integración de personas con discapacidades, ha esponsorizado las tareas de las entidades que han desarrollado la preserie de sesenta sillas con el cambio de marchas. En el diseño y la producción ejecutados por el Centre CIM también han participado las siguientes empresas: LIFANTE VEHICULOS (fabricante de sillas de ruedas), NATAN (fabricante de sistemas de cambios) e INA-FAG (fabricante de rodamentos de altas prestaciones).



## E1.3.2 Publicació LA VANGUARDIA, 6 de maig 2004

LA VANGUARDIA DIGITAL - Página 1 de 2

# LA VANGUARDIA.es

Versión para imprimir  
FRANCESC PEIRÓN - 06/05/2004



XAVIER CERVERA

**SILLA CON MARCHAS.** En la imagen se puede ver el dispositivo que facilita subir cuestas con menos esfuerzo

El 2004 introduce una serie de innovaciones para hacer que el recinto del Besòs y el acontecimiento sean accesibles

### Los discapacitados piden al Fòrum que su diversidad también sea visible

FRANCESC PEIRÓN - 03:46 horas - 06/05/2004

**BARCELONA** Que el Fòrum ha hecho un esfuerzo importante por facilitar a los discapacitados el acceso físico al recinto del Besòs y a los contenidos del acontecimiento, nadie, desde ningún colectivo, lo puso en duda ayer durante la presentación del plan de accesibilidad para personas con disminuciones, plan en el que sobresale la incorporación de una silla de ruedas con cambio de marchas.

Sin embargo, en un acto de este tipo, que acostumbra a ser una demostración de rendición absoluta hacia los organizadores, se pudieron escuchar voces críticas, como

la de María José Vázquez, representante del Institut Municipal de Persones amb Discapacitat (IMPD), quien, con un tono constructivo, se quejó de que "no se ha logrado" la accesibilidad total o de que debería haber una mayor participación en los debates. Y subrayó: "La imagen que se da es el tema más flojo, porque nuestra diversidad no sale en el Fòrum y también se debería hablar de ella en tono positivo", cuestión sobre la que, Xavier Marçet, director de comunicación del festejo, dijo tomar nota. Los comentarios de Vázquez no enturbiaron su elogio hacia "los avances" que se han hecho durante la preparación de este acontecimiento, y en concreto citó a Imma Alemany, directora en el 2004 de la unidad de atención a las personas con discapacidad.

El concejal Ricard Gomà, presidente del IMPD, dijo que esta convocatoria es una oportunidad para tratar de la diversidad en plural. "En el Fòrum hablamos siempre de la diversidad cultural, pero en Barcelona existen otras, como la de los discapacitados que aporta enriquecimiento a la ciudad". Gomà calificó de palpables las mejoras que se han introducido, aunque reconoció que no se ha llegado al 100%.

Después de los parlamentos –Imma Alemany citó muchos de los elementos incorporados para facilitar la accesibilidad, como vehículos eléctricos, triciclos, tándems para ciegos, audioguías, intérpretes de la lengua de signos, textos en braille, bucle magnético, emisoras en FM, juegos integrados–, se hizo una demostración con la silla de ruedas con marchas, al estilo de los piñones y platos de las bicicletas. Según su inspirador y asesor del Fòrum, el arquitecto Enrique Rovira-Beleta, este ingenio dará autonomía a los que utilizan estas sillas porque en muchos casos les evitará tener una acompañante que los empuje. La organización dispone de 60 de estos vehículos, que se prestarán en el punto de información de la entrada de Diagonal y se podrán hacer reservas en el 902-12-20-04.

6/5/04
11:20:40



### E1.3.3 Publicació EL MUNDO, 6 de maig 2004

## *actualidad*

---

INTEGRACIÓN / BARCELONA

# El Centro CIM de la UPC crea una silla de ruedas con cambio de marchas para el Fórum 2004

EFE

BARCELONA.- El Fórum Universal de las Culturas ha presentado hoy una de las 60 sillas con cambio de marchas que los organizadores del evento pondrán gratuitamente a disposición de los visitantes con movilidad reducida. El sistema ha sido desarrollado por un equipo de ingenieros del Centro CIM de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Instituto Catalán de Tecnología.

Dicha silla de ruedas es una de las iniciativas que contempla el plan de accesibilidad, puesto en marcha por el Fórum para facilitar a los discapacitados el acceso a todos los rincones y actividades del recinto, así como a los contenidos del acontecimiento.

Según ha explicado el ingeniero del centro CIM de la UPC Jordi Cavaldà, la silla de ruedas funciona de manera parecida a una bicicleta, "como cuando un ciclista cambia a plato pequeño y piñón grande". Así, al subir una cuesta, ha señalado Cavaldà, el usuario percibe una sensación de descanso.

A diferencia de las sillas convencionales, los aros que la manos impulsan para ayudar en el desplazamiento no están adheridos a las llantas, sino a un dispositivo en la zona del eje de la rueda, donde un selector cambia el engranaje a conveniencia.

Para activar el cambio de marchas, el usuario sólo tiene que pulsar una pequeña palanca situada al lado del freno de la rueda y acciona así una de las dos marchas posibles: la reducida y la normal.

### **Plan de accesibilidad**

Entre las medidas adoptadas por el plan de accesibilidad destacan los vehículos eléctricos, los servicios de acompañamiento, las publicaciones en braille y la subtítulos e interpretación en lenguaje de signos de todos los espectáculos.

El Fórum también facilita el acceso de las personas con discapacidad visual a las obras y eventos. La muestra de los Guerreros de Xia'n, por ejemplo, contará con reproducciones de algunas figuras para poder tocarlas, mientras que los  *cubos de las buenas ideas*  estarán etiquetados en braille.

Las personas con discapacidad tendrán un descuento del 40% en el precio de la entrada -al presentar el certificado de disminución-. Asimismo, se permitirá la entrada gratuita a un acompañante, si la persona con discapacidad supera el baremo de ayuda que marca la Generalitat catalana.



### E1.3.4 Publicació EL PAIS, 6 de maig 2004



#### La primera silla de ruedas con marchas, en el Fórum

Las personas con problemas de movilidad que visiten el Fórum se podrán desplazar por el recinto con la primera silla de ruedas con cambio de marchas, un sistema que les permitirá subir pendientes con menor esfuerzo. Desarrollada en el Centro CIM —participado por la

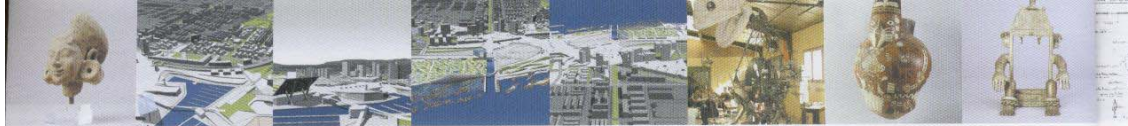
Universidad Politécnica de Cataluña y el Instituto Catalán de Tecnología—, la silla es una de las piezas del exhaustivo Plan de Accesibilidad del Fórum. El dispositivo garantiza que las personas con discapacidad, tanto si es física como psíquica, puedan disfrutar de toda la oferta. La

silla con cambio incorpora junto al eje de las ruedas una caja compactada que contiene los piñones que permiten utilizarla con dos marchas distintas que se activan con una palanca. En el Fórum habrá 60 a disposición de las personas discapacitadas, previa reserva.— C. B.





### E1.3.5 Article Revista del Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona, "INFORMATIU THEKNOS", núm 79.



ROBERT LLORCA

## Una cadira amb canvi de marxes per al Fòrum

Els visitants amb mobilitat reduïda que visiten el Fòrum de les Cultures podran utilitzar una de les 60 cadires de rodes que ha dissenyat el Centre CIM. La particularitat d'aquestes cadires de rodes és que incorporen un sistema innovador de canvi de marxes d'accionament mecànic, que facilita la superació de qualsevol petit desnivell.

El 9 de maig es van obrir les portes del Fòrum de les Cultures de Barcelona. En aquests primers dies de funcionament, es va presentar la cadira de rodes oficial del Fòrum, que incorpora un sistema innovador per facilitar la mobilitat dels discapacitats. La cadira té incorporat un sistema de canvi de marxes mecànic d'accionament manual, que facilita superar les rampes o un petit desnivell, la qual cosa augmenta l'autonomia, llibertat i qualitat de vida de les persones que la utilitzen.

La cadira de rodes s'ha dissenyat al Centre CIM, centre tecnològic de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i de l'Institut Català de Tecnologia (ICT). L'any 2001 es va iniciar un projecte de recerca amb el suport de l'Imsero per fabricar una cadira de rodes que incorporés un canvi de marxes mecànic, sense motor, per facilitar la superació de pendents. La idea partia de l'arquitecte Enric Rovira-Beleta, especialitzat en disseny i execució de plans d'accessibilitat d'edificis i recintes, que volia fer una cadira, sobretot, de cara a l'any europeu de les discapacitats, que es va celebrar el 2003.

Un equip humà de disseny mecànic per ordinador del Centre CIM, liderat pel l'enginyer industrial Jordi Gavalda i el catedràtic en tecnologies de fabricació de la UPC Joan Vivancos van concebre

un sistema de canvi acoblat a les rodes de la cadira que complia els requisits imposats: sistema mecànic (sense motors ni bateries), adaptable a qualsevol cadira, senzill d'operar, de pes i de cost baixos i fàcil de plegar per poder-lo transportar en cotxe.

**El canvi de marxes va sorgir d'un PFC.** Enric Rovira-Beleta volia millorar la mobilitat de les persones discapacitades. Com diu Gavalda, "poder pujar el carrer Muntaner sense ofec". Jordi Gavalda, que havia treballat a l'empresa Derbi, va veure de seguida que la solució suposava fabricar un canvi de marxes, ja que es volia que l'energia la subministrés la mateixa persona, llavors només calia que l'energia es distribuís de diferent manera. El primer prototip es va acabar fa tres anys. El canvi de marxes era més quadrat, més antiestètic. Llavors, l'objectiu d'aquest prototip era veure la viabilitat del projecte i intentar integrar el canvi en la cadira. Es van fer proves i assaigs amb persones discapacitades per solucionar els problemes de funcionalitat, i es va fabricar el segon prototip, que és més estètic, més petit, encara que el mecanisme de base és el mateix.

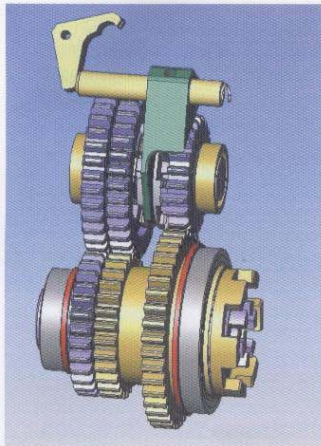
Daniel Grau, enginyer tècnic industrial, especialitzat en mecànica, quan va entrar al CIM, va començar a treballar

en aquest projecte i va escriure el projecte de fi de carrera sobre el canvi de marxes de la cadira de rodes. Daniel Grau ha sigut l'encarregat de fer el disseny dels engranatges i veure si el sistema mecànic era factible. Aquest primer prototip es va fer amb coordinació amb el fabricant líder en el sector Lifante Vehículos.

El sistema es basa en el fet que els passamans d'impuls no estan enganxats a la llanta que roda. El passamà, mitjançant uns radis, es connecta a uns engranatges a la zona de l'eix de la roda. A la caixa que amaga els engranatges hi ha un selector que permet canviar l'engranament d'unes rodes per unes altres. Aquest selector s'acciona amb una palanca que hi ha sobre el xassis de la cadira. L'efecte que s'aconsegueix davant d'un pendent és que la roda circula més a poc a poc que no pas el passamà d'impuls. L'usuari troba un descans en iniciar la pujada, com un ciclista quan canvia a plat petit i pinyó gran.

Segons Grau, "s'han provat diferents solucions per engranar les peces, ja que van a velocitats diferents. S'havia d'aconseguir l'engranatge perquè el moviment fos el màxim solidari possible, evitant el joc de les dues peces". Això va suposar dissenyar, fabricar i provar diverses alternatives fins que el joc que





Sistema del canvi de marxes



Presentació de la cadira de rodes al recinte del Fòrum de les Cultures - Barcelona 2004

l'usuari detectava al passamà quedés minimitzat.


Una vegada aconseguit el mecanisme, es va pensar a reduir el pes i la mida del canvi de marxes amb la reducció de la grandària dels engranatges fins a aconseguir la relació òptima en les dues peces. "Això també ens va limitar en la utilització de materials. Es van desestimar l'alumini i el plàstic, perquè s'està treballant en velocitats baixes però amb potències elevades. Es va optar per usar un engranatge d'acer tractat", comenta Daniel Grau.

En la realització del segon prototip va intervenir Marta Fernández, enginyera industrial. Va realitzar el suport al redisseny, ja que s'havia de fer una sèrie fabricable per portar al Fòrum, llavors la

cadira havia de ser més econòmica i compacta. Fernández va estudiar diferents alternatives, encara que la idea de funcionament era la mateixa. En aquest punt va ser clau definir i calcular els rodaments que intervenen en el funcionament. El CIM va rebre el suport de l'empresa INA-FAG per al subministrament, verificació i càlculs de la vida útils dels rodaments. Es van provar els set rodaments que intervenen en el mecanisme en condicions extremes: es va simular el cas d'un usuari de 130 kg, amb la cadira inclinada uns 30 graus i tot el pes sobre una única roda.

**60 unitats per al Fòrum de les Cultures.** És difícil calcular el cost del canvi de marxes, perquè de moment només

s'ha fet una fabricació limitada per al Fòrum de 60 cadires. L'objectiu del projecte és que el canvi es pugui acoblar a qualsevol cadira i que no superi els 450 euros, fins a arribar als 300 com a màxim.

Altres projectes no confidencials en els quals ha treballat el Centre CIM han estat una màquina que fabrica bigues de ciment que simulen la textura de la fusta i una màquina que pela i tallaortalisses. Per millorar la mobilitat de les persones discapacitades també han dissenyat alguns projectes, com una cadira d'oficina que maniobra en espais molt reduïts sobre la base de corrons esfèrics, cuines adaptades o una cadira de rodes elèctrica 4x4 que permet anar per la sorra de la platja. 

## Un projecte d'enginyeria a la teva mida!

Màster en Informàtica Industrial (2a. edició)

Octubre 2004 - Juny 2005

**Enginyeria Tècnica Industrial:**

Electrònica · Electricitat · Mecànica

Aquest any, Domòtica



Escola Universitària Salesiana de Sarrià

Centre adscrit a la **URB**

Passeig Sant Joan Bosco, 74  
08017 Barcelona  
Tel. 932 805 244 - Fax: 932 806 642  
euss@euss.es - www.euss.es



1<sup>e</sup> aniversari



## ANNEX F: IMPACTE AMBIENTAL

### INDEX:

<b>F1. INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>213</b>
<b>F2. DESCRIPCIÓ DEL PROCES PRODUCTIU. ASPECTES GENERALS DEL MECANITZAT.....</b>	<b>215</b>
F2.1 PRINCIPIS I REQUERIMENTS BÀSICS EN ELS PROCESOS DE MECANITZAT DEL METALL .....	215
F2.2 PROBLEMÀTICA ASSOCIADA EN EL SECTOR DEL MECANITZAT .....	217
F2.2.1 Residus inerts.....	217
F2.2.2 Residus perillosos (RP) .....	217
F2.3 FLUIDS DE TALL. CLASSIFICACIÓ.....	218
F2.3.1 Taladrines en base a emulsions d 'oli. ....	220
F2.3.2 Taladrines semi-sintètiques. ....	220
F2.3.3 Taladrines sintètiques.....	220
F2.3.4 Operació de taladrines .....	220
F2.4 FLUXOS D'ENTRADAS I SORTIDES EN ELS PROCESSOS DE MECANITZAT. INFLUÈNCIA SOBRE EL DESENGRÀS.....	222
F2.5 FACTORS D' INFLUÈNCIA EN ELS PROCESOS DE MECANITZAT .....	223
F2.5.1 Peça .....	224
F2.5.2 Material i maquinabilitat .....	224
F2.5.3 Màquina-eina .....	225
F2.5.4 Eines de tall i els seus recubriments.....	226
F2.5.5 Tipus d' operació.....	226
F2.5.6 Condicions productives del mecanitzat. ....	226
<b>F3. PROBLÈTICA AMBIENTALS DEL MECANITZAT.....</b>	<b>227</b>
F3.1 RESIDUS DE FLUID DE TALL ESGOTAT.....	227
F3.2 RESIDUS DE FLUID DE TALL AQUÓS .....	228
F3.3 RESIDUS D'OLIS DE TALL.....	230
F3.4 FUITES I SALPICATS .....	231
F3.5 ARROSSEGAMENT EN PECES I LLMADURES.....	231
F3.6 BOIRES I ALTRES EMISIONS AMBIENTALS .....	232
F3.7 LLMADURES I FANGS METÀL·LICS.....	232
F3.8 CONTAMINACIÓ DEL SÒL INDUSTRIAL.....	233
F3.9 UTILITZACIÓ DE SUBSTÀNCIES PERILLOSES .....	233



F3.10	RESIDUS DIVERSOS DEL PROCÉS.....	233
<b>F4.</b>	<b>LA PRODUCCIÓ NETA EN EL SECTOR DEL MECANITZAT .....</b>	<b>235</b>
F4.1	MESURES PREVENTIVES .....	236
F4.2	EFFECTES.....	237
F4.3	VALORACIÓ DETALLADA DE LES PRINCIPALS MESURES DE PRODUCCIÓ NETA.....	238
F4.3.1	<i>Mecanitzat en sec.....</i>	238
F4.3.2	<i>Mecanizat amb mínima quantitat lubricant (MQL).....</i>	238
F4.3.3	<i>Unitats de manteniment del fluid de tall.....</i>	239
F4.3.4	<i>Implantació d'un pla de control del fluid de tall.....</i>	239
F4.3.5	<i>Implantació d'equips auxiliars de separació.....</i>	240
F4.3.6	<i>Adaptació/reubicació del parc de emmagatzematge.....</i>	241
<b>F5.</b>	<b>VALORACIÓ EXTERNA DELS FLUIDS DE TALL.....</b>	<b>243</b>
F5.1	FLUIDS DE TALL AQUOSOS .....	245
F5.1.1	<i>Processos químics.....</i>	245
F5.1.2	<i>Processos físics: comportament diferent de les fases per modificació de les condicions físiques del fluid, possibilita la separació.....</i>	246
F5.1.3	<i>Processos compostos .....</i>	246
F5.2	OLIS DE TALL PURS .....	246



---

## F1. INTRODUCCIÓ

---

L'impacte ambiental associat a l'activitat industrial del mecanitzat està directament relacionat amb l'utilització de grans quantitats de fluids de tall , per tal de millorar la qualitat i rendibilitat dels processos

Les diferents problemàtiques ambientals dels processos de mecanitzat suposen un impacte ambiental que es presenta de manera dispersa i per tant resulta difícil reduir. Fluids de tall esgotats, residus metàl·lics en forma de fangs o llimadures, aigües amb oli, etc. suposen un impacte ambiental per a un medi que des de fa dècades suporta les conseqüències d'una forta explotació industrial.

En els punts següents es tractarà en detall el procés del mecanitzat, la producció de residus durant el procés de mecanització, la tipologia d'aquests residus i el tractament final que cal fer. També es comentarà modificacions en els processos de mecanitzat per tal de reduir la producció de material residual. En definitiva, es pretén fer un breu recull de l'impacte ambiental que produeix el sector del mecanitzar del metall. En qualsevol cas, només es tractarà de manera teòrica, sense particularitzar en la mecanització de les peces del canvi de marxos, objectiu d'aquest projecte final de carrera.

La taula adjunta, que és un resum de tot el que s'exposarà amb més detall a continuació, sintetitza les problemàtiques ambientals habituals i les mesures recomanades per la seva disminució.



<b>problemàtica</b>	<b>línia actuació</b>	<b>mesures de producció neta</b>
1. Residus de fluids de tall esgotats	canvis tecnològics/ reenginyeria	mecanitzat en sec mecanitzat amb mínim lubricant. Tecnologia MQL dipòsit centralitzat de subministrament unitats de manteniment
	mesures organitzatives	Definició responsabilitats comptabilitzaria productes pla formatiu a treballadors pla de control de fluid de tall desinfecció circuit subministrament fluids en les substitucions aireació fluid de tall intenció proveïdor en el procés de millora
2. Fuites i salpicades	canvis tecnològics/ reenginyeria	carenat de la màquina optimització condicions aplicació fluid en l'operació
	mesures organitzatives	disseny i execució pla manteniment circuit de subministrament de fluid de tall
3. arrossegament en peces i llimadures	canvis tecnològics/ reenginyeria	equips auxiliars de separació optimització posició peça durant mecanitzat òptim període d'escurrimet peça
	canvis en productes	redisseny peça
4. boires i emissions ambientals	canvis tecnològics/ reenginyeria	equips auxiliars d'extracció
	mesures organitzatives	optimització condicions aportació fluid de tall
5. llimadures i fangs metàl·lics	canvis en matèries primeres	minimitzar excessos material reducció mecanitzat fent sinteritzat o fundició de precisió
6. contaminació del sòl industrial	canvis tecnològics/ reenginyeria	adaptació i reubicació parcs emmagatzematge
	mesures organitzatives	millora circuit recollida peces i/o llimadures involucrar al subministrador
7. utilitzar substàncies perilloses	mesures organitzatives	Disposar d' informació actualitzada sobre substàncies perilloses formació personal
8. residus diversos del procés	canvis tecnològics/ reenginyeria	utilitzar material filtrant reutilitzable
	mesures organitzatives	reducció material auxiliar i aigua en processos neteja

Taula F1



---

## **F2. DESCRIPCIÓ DEL PROCES PRODUCTIU. ASPECTES GENERALS DEL MECANITZAT**

---

### **F2.1 PRINCIPIS I REQUERIMENTS BÀSICS EN ELS PROCESOS DE MECANITZAT DEL METALL**

El mecanitzat és un procés de transformació basat en la modificació de l'estructura física d'una peça fins aconseguir les especificacions geomètriques definides.

En una primera classificació, els processos de mecanitzat poden ser dividits en conformació per tall, conformació sense tall (deformació) i tècniques no convencionals de mecanitzat que inclouen l'electroerosió, mecanitzat electro-químic, tall amb doll d'aigua, làser, etc. Les primeres modifiquen la geometria de les peces mecànicament, retirant l'excedent de material amb la qual cosa es produeix una reducció del pes de partida. La conformació per deformació, en canvi, es basa exclusivament en la deformació plàstica de la peça mitjançant l'aplicació de forces que no modifiquen el pes de la peça durant el procés. Les últimes representen processos alternatius que utilitzen un ampli ventall de tecnologies que mica en mica van guanyant terreny.

Al mateix temps, les operacions de conformació per tall, poden ser dividides en funció de la geometria de l'eina. Aquelles operacions en les que s'utilitzen eines de naturalesa física definida (fressat, tornejat, roscat, etc.) es diferencien de les altres com el rectificat, en les que s'utilitza un element abrasiu que interacciona físicament contra la superfície que es desitja mecanitzar.

Al llarg de tot el procés evolutiu de les tècniques de mecanitzat, els esforços han estat dirigits a l'obtenció d'una millora en la productivitat. Produir millor i més ràpid no hagués estat



possible sense l'utilització de fluids de tall que han optimitzat els processos millorant les condicions físiques i químiques de les operacions.

Esquemàticament, es té:

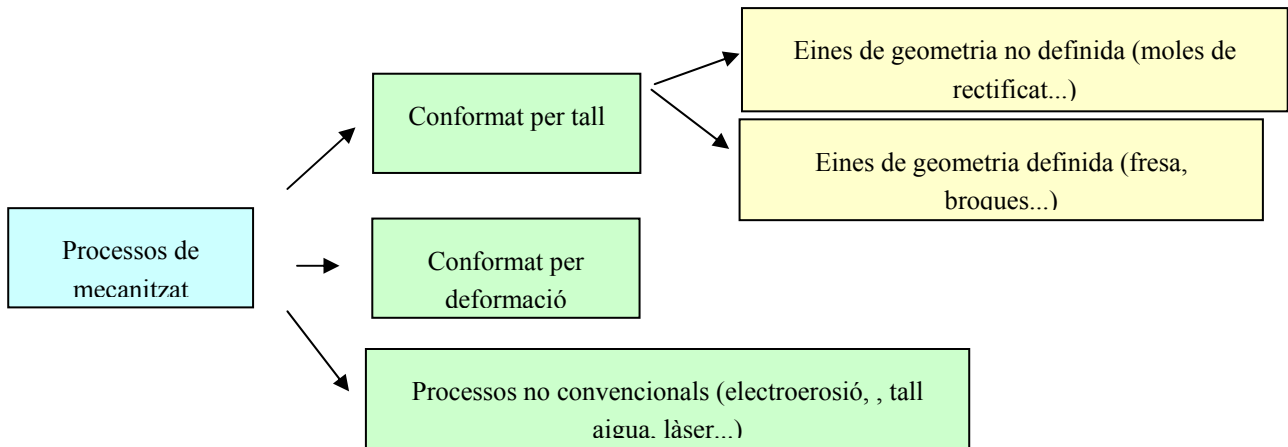


Fig.F1 Processos de mecanitzat

En tot procés de mecanitzat calen tres requeriments vitals:

Lubricació: Redueix l'energia necessària per vèncer les forces de cisallament i fregament i millora l'acabat superficial al facilitar el lliscament entre l'eina i la superfície de la peça. La lubricació és el requeriment prioritari en aquelles operacions d'acabat en les que no s'arriba a nivells tèrmics importants o on no es retira gran quantitat de material excident.

Refrigeració: disminueix el desequilibri tèrmic del sistema generat durant el procés per el fregament entre peça i eina, evitant el deteriorament prematur de l'ultima.

Retirada de material excident: El material excident té tendència a acumular-se al voltant de l'àrea de tall, dificultant el correcte mecanitzat de la peça, i la dissipació natural del calor.

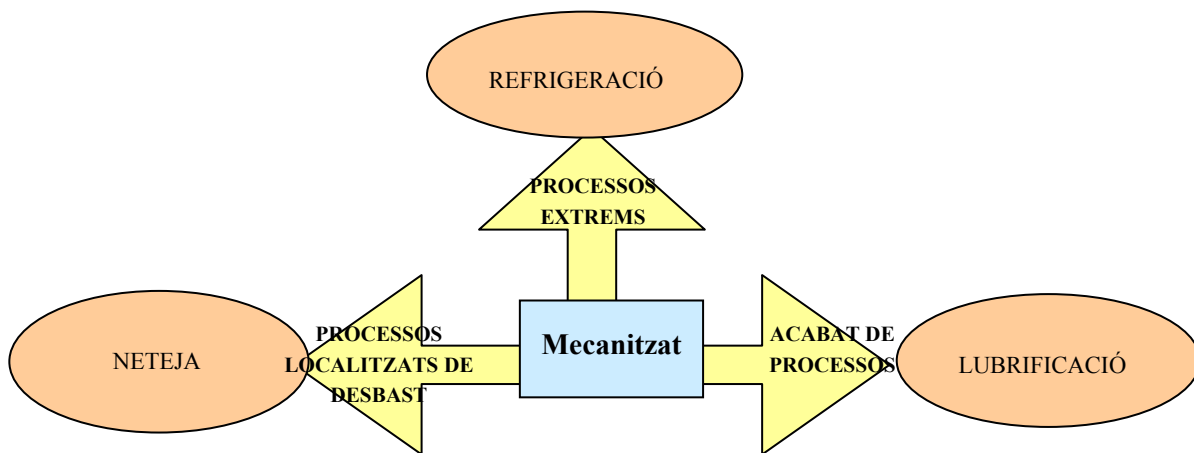


Fig.F2





## **F2.2 PROBLEMÀTICA ASSOCIADA EN EL SECTOR DEL MECANITZAT**

### **F2.2.1 Residus inerts**

Els residus inerts són residus sòlids o pastosos que no experimenten transformacions significatives (p.ex. no contenen matèria orgànica degradable), que no són Residus Perillosos (RP), i que es generen en:

- Determinades activitats o processos de fabricació o industrials. Els residus d'aquestes d'activitats s'anomena Residus Industrials Inerts.
- Activitats de construcció, demolició, excavació o moviments de terres. Els residus d'aquestes activitats se denominen Residus de Construcció Inerts.

Les llimadures metàl·liques obtingudes com material excedent en els diferents processos de mecanitzat de peces i els fangs procedents de processos de rectificat, poden ser considerats com inerts en aquells casos en els que l'impregnació amb el fluid de tall no suposi perdre aquesta condició com a conseqüència del aportament tòxic associat al propi fluid. En cas contrari, cal considera-ho com residus perillosos. Les peces defectuoses i ferritges poden ser considerats com inerts atenent al mateix criteri.

Les llimadures, fangs, peces i ferritges metàl·liques convenientment separades del fluid de tall que habitualment les impregna durant el procés, també poden ser considerades com inerts. aquesta naturalesa haurà de ser certificada mitjançant anàlisis de caracterització.

### **F2.2.2 Residus perillosos (RP)**

Es inclou en aquest grup els fluids de tall aquosos i olis de tall, en finalitzar el seu període de vida útil, residus perillosos, així com aquells materials i substàncies que presenten alta impregnació i hagin adquirit característiques tòxiques (material de neteja, aigües, etc.)

Els residus perillosos generats corresponen als fluids lubricants esgotats al final del seu període de vida útil. Aquest tipus de residus pot separar-se en dos grups principals diferenciats, atenent al marc legal aplicable:

- Fluid de tall aquós: Serà aplicable al marc legal genèric de Residus Perillosos.
- Oli de tall: Afectats per el marc legal de Residus Perillós per la legislació específica que regula la seva gestió de manera comú a tots els Olis residuals.



Cas apart han de ser considerats aquells residus perillosos que es produeixen per l'impregnació de diferents elements amb els citats anteriorment. on els lubricants esgotats perillosos poden ser reduïts i inclòs eliminats mitjançant el corresponent tractament de separació.

### F2.3 FLUIDS DE TALL. CLASSIFICACIÓ

Els fluids de tall han evolucionat al llarg del temps paral·lelament als processos de mecanitzat. En un principi, responien a una fórmula senzilla d'aigua mesclada amb una quantitat variable d'antioxidant. S'utilitzaven de forma habitual en les operacions de taladrat fet que produir que també es coneixen amb el nom de "taladrines".

Les taladrines, un producte que pertany al grup dels fluids de tall i mecanitzat, s'apliquen al contacte peça-eina pera millorar l'operació en la que participen, així s'aconsegueix un millor acabat superficial, una producció més elevada i una vida més llarga de la l'eina.

La composició de las taladrines s'escull en funció de l'objecte bàsic de l'operació tenint sempre present que el millor lubricant es l'oli i el millor refrigerant es l'aigua. Processos que generen importants fricciones (extrusió de tubs, laminació) utilitzen fluids amb alt poder lubricant, es a dir, oli o taladrines emulsionades. Al contrari, processos que generen molt calor (taladrat, fressat, rectificat...) són refrigerats per aigua o taladrines d'alt contingut en aigua.



Fig.F3 Fluid de tall en mecanitzat

L'evolució dels fluids de tall ha estat basada majoritàriament en la potenciació de les seves propietats de millora mitjançant l'afegiment de diversos compostos químics. Aquests additius garantitzen unes condicions de mecanitzat òptimes en processos cada cop més extrems i amb requeriments superiors.



ADDITIUS	COMPOSTOS QUÍMICS COMUNMENT UTILITZATS
refrigerant	aigua
lubrificants	oli mineral, oli vegetal , poliglicol
emulgents	sulfanats, òxid etilè
anticorrosius	amines, borats, nitrits
estabilitzants/humictants	alcohols, fosfats
biocides	formaldehids, fenols, triazines, isotiazines
additius extrema pressió	compostos clorats, compostos sofre, compostos fasfatats
Anti-espumants	Silicones, esters, hidrocarburs d'alt pes molecular
colorants	Diversos compostos
completants	compostos orgànics
altres (detergents, dispersants, etc.)	Diversos compostos

Taula F2 Llistat additius comuns utilitzats en la formulació de fluids de tall

Existeixen molts productes sota el nom de fluid de tall, però de manera general tots ells poden ser classificats de segons el següent esquema:

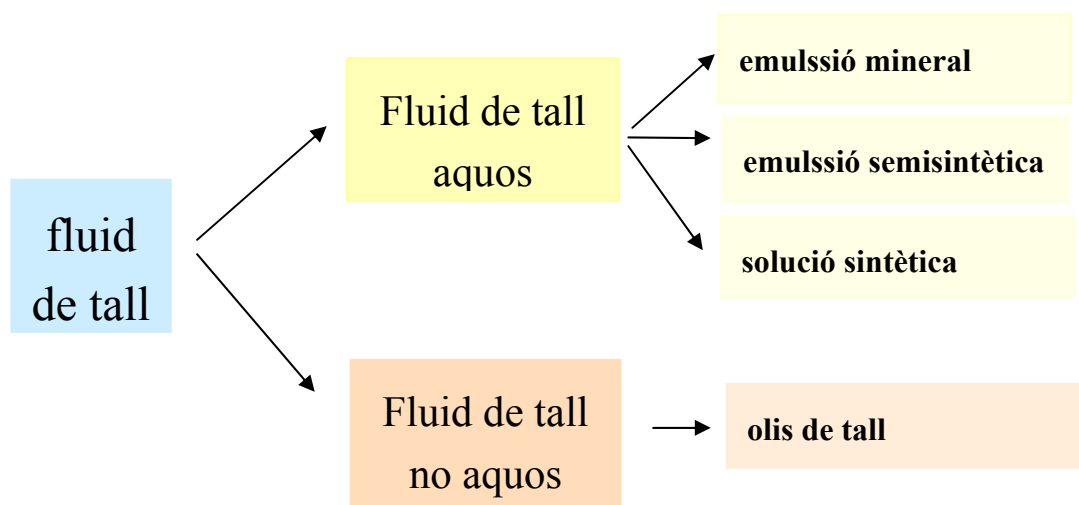


Fig.F4



La tria del fluid de tall més adient a una operació concreta, dependrà de les necessitats i exigències associades al propi procés. El mercat ofereix una varietat de fluids de tall, cada un d'ells adaptant-se al màxim a unes determinades condicions de mecanitzat.

Les taladrines es comercialitzen concentrades, i posteriorment son diluïdes “in situ” amb aigua. Es poden classificar, de manera simplificada, en tres grups:

### **F2.3.1 Taladrines en base a emulsions d 'oli.**

El concentrat s'aplica al 5% (variant del 3 al 10% segons la classe) i conté un 60 a 80% d'olis minerals o vegetals, un 20% d'emulgents, fins un 10% d 'aigua i un 10% de varis additius com anticorrosius, bactericides i additius d'extrema pressió. S' utilitzen en operacions en les que la funció lubricant de la taladrina es prioritària, com es la laminació i l'embutició.

### **F2.3.2 Taladrines semi-sintètiques.**

El concentrat s'aplica entre el 2 i el 6% i conté com a base entre un 20 i 50% d'aigua, un 10 a 40% d'oli mineral o sintètic, un 10 a 30% de emulgents i un 10 a 30% de additius, bàsicament anticorrosius. S' utilitzen en operacions en les que la lubricació i refrigeració són importants, com es el mecanitzat (taladrat, fresat...) i el rectificat.

### **F2.3.3 Taladrines sintètiques.**

El concentrat s'aplica aproximadament al 2,5% (entre el 2 y el 5%). La seva composició inclou un 40-60% d'aigua i additius com humectants en un 20%, un 15 a 40% de anticorrosius i un 10% de d'altres, essent possible el contingut de reduïdes proporcions d'oli. S'utilitzen en operacions en les que la funció refrigerant és prioritària, com és cas del mecanitzat a alta velocitat y el rectificat.

### **F2.3.4 Operació de taladrines**

Bàsicament la manera d' operar de les màquines- eines que utilitzen taladrines és molt similar. Les instal·lacions disposen d'un dipòsit adossat en el qual s'introdueix la taladrina diluïda a partir del concentrat. La taladrina s' injecta des del dipòsit fins la zona de contacte entre l'eina i peça a treballar, i des d'allà circula de nou fins la cubeta d'emmagatzematge.



Analitzant el destí de la taladrina s'observa que una part és arrossegada amb les llimadures i peces, part es perd en vessaments o salpicat i un elevat percentatge s'evapora. Tot i així, el factor que més influeix en el consum de taladrina és el buidat periòdic dels dipòsits de les instal·lacions anexas a la màquina.

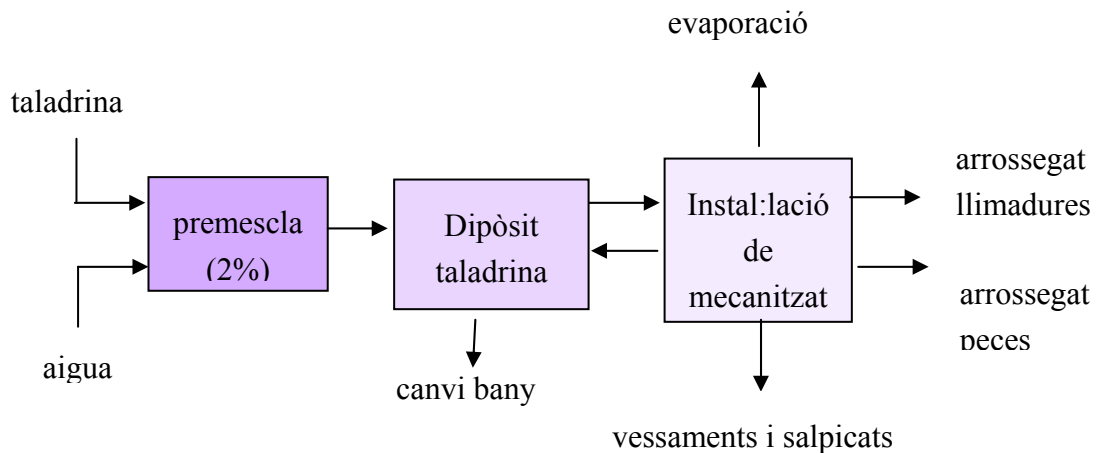


Fig.F5. Recorregut taladrina

La dilució inicial d'una taladrina concentrada en aigua de qualitat, garanteix un processat òptim i prolongant la vida del bany.

Els continguts en clorurs i sulfats, no haurien de ser superiors a 100 mg/l; els de matèria sòlida menors a 500 mg/l i els nitrats inferiors a 50 mg/l. Igualment és important la prevenció de la proliferació de fongs i bacteries, evitant aportar més de 10 gèrmens per mil·lilitre en l'aigua de dissolució. Per altre banda, la reposició de taladrina per compensar les pèrdues, bàsicament d'aigua per l'evaporació i en menor grau l'arrossegament en llimadures, s'han de realitzar preferiblement amb aigua desionitzada, per evitar la acumulació d'ions de calci, clorurs, nitrats i metalls pesats, que incideixen negativament en l'estabilitat de la taladrina.

L'energia consumida durant el procés de mecanitzat serà funció de la maquinabilitat del material, la pressió específica de tall, conductivitat tèrmica, per una banda i dels paràmetres del procés com velocitat de tall, avanç, profunditat de passada, per un altre. S'estima que de l'energia total aplicada en el mecanitzat, l'energia eficient o potencia útil no supera el 25% percent-se la resta en forma de calor. De l'energia no aprofitada, el 50% correspon a energia



calorífica associada a la llimadura, el 15% s'associa a energia calòrica absorbida per la peça i el 10% restant es dissipa a través de l'eina

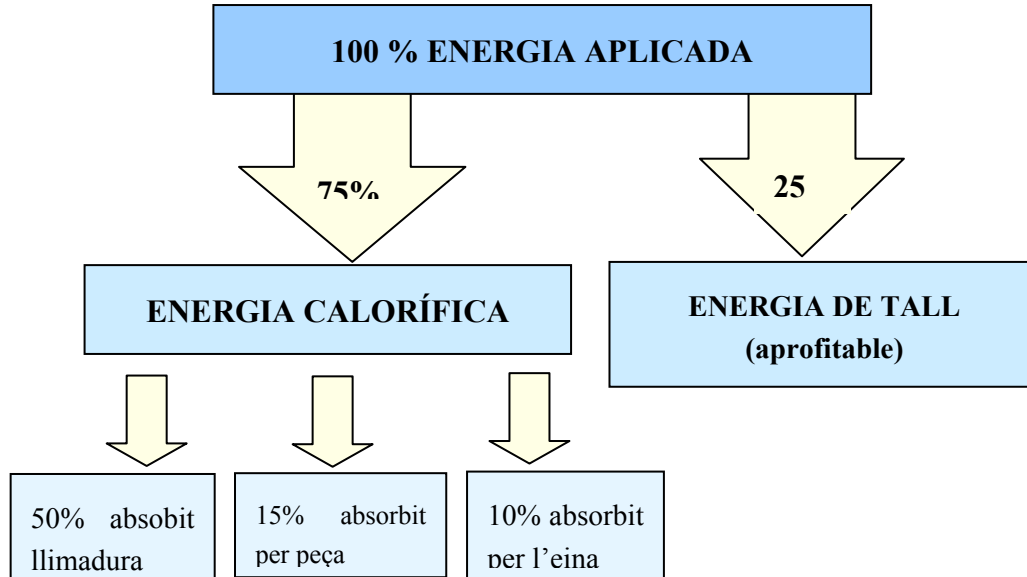


Fig.F6. Distribució de l' energia aplicada en los procesos de mecanitzat

En aquest sentit , és feina addicional del fluid de tall, equilibrar tèrmicament el conjunt peça-eina-màquina, retirant el calor no aprofitat i millorant la qualitat del procés.

## F2.4 FLUXOS D'ENTRADAS I SORTIDES EN ELS PROCESSOS DE MECANITZAT. INFLUÈNCIA SOBRE EL DESENGRÀS

Si en el context de la planta de producció atenem exclusivament al procés de mecanitzat, des de un anàlisi simplificat s'identifiquen com a variables d'entrada el metall no mecanitzat, el fluid de tall i l'energia de mecanització. Altres variables, no desitjades com olis, pols, etc. s'introdueixen contínuament en el sistema por diferents vies.

Un cop realitzat el mecanitzat obtenim per una banda les peces acabades, que hauran de presentar aquelles característiques requerides en termes de qualitat i economia, essent habitual una etapa de neteja i desengras prèvia a l'expedició. Per altre banda, també es produeixen diferents materials residuals i emissions. Les seves característiques en termes de composició, quantitat, etc. depenen en gran mesura del procés i materials utilitzats.



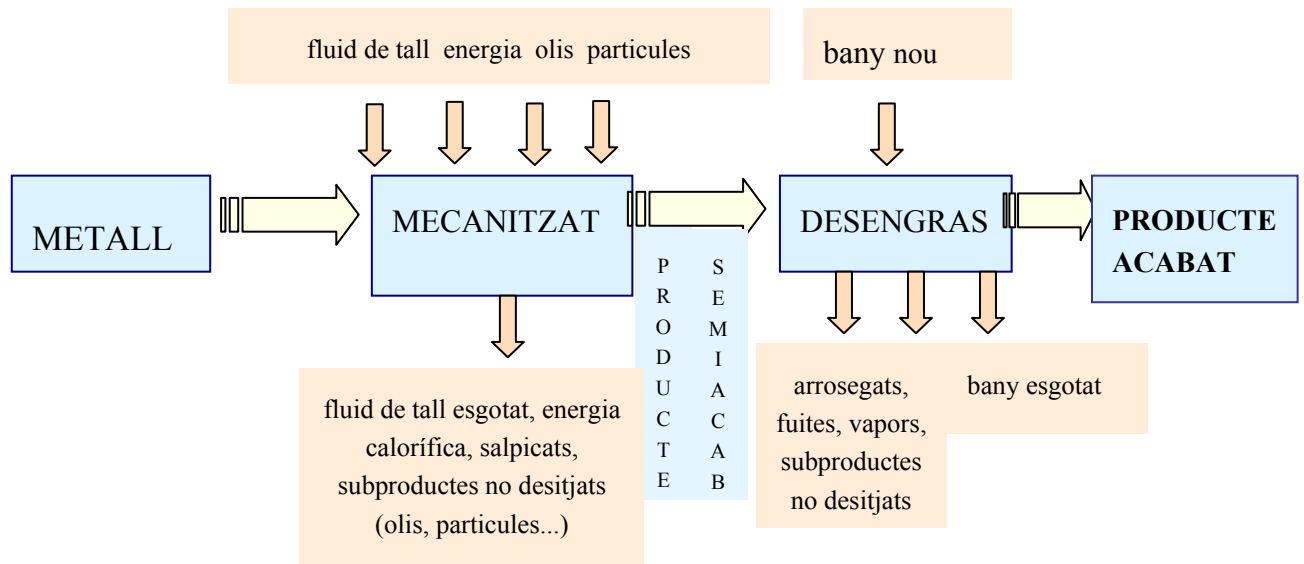


Fig.F7. Diagrama de flux general d'un procés de mecanitzat i desengràs

Si l'etapa de neteja i desengràs té la seva justificació en la necessitat de retirar de la peça les restes de fluid de tall i partícules que queden adherides a la superfície després del mecanitzat, el bany desengrassant no ha de convertir-se en una acumulació de fluid de tall. El desengràs ha de retirar el mínim de brutícia possible, de manera que el rendiment sigui òptim i allargant el seu temps. L'objectiu és desengrassar lo estrictament necessari, no tot allò que permeti les possibilitats tècniques del sistema.

## F2.5 FACTORS D' INFLUÈNCIA EN ELS PROCESOS DE MECANITZAT

A continuació es presenta de manera esquemàtica les variables que influeixen més significativament en la millora ambiental d'un sistema de mecanitzat:



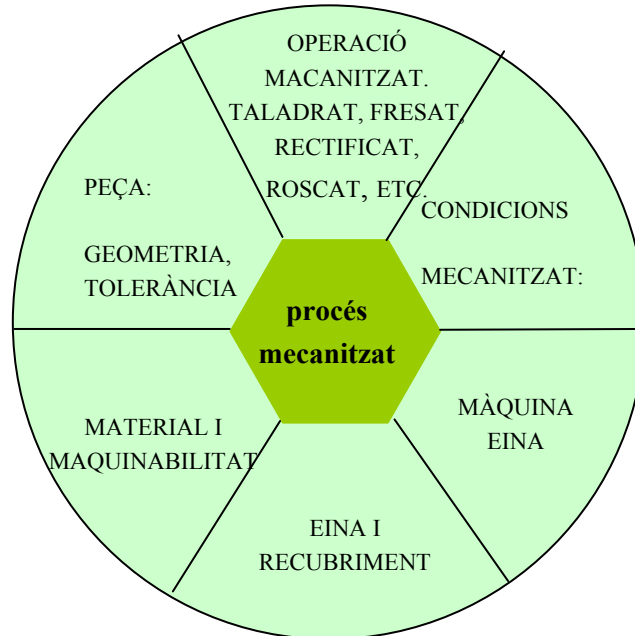


Fig.F8. El mecanitzat és una operació condicionada per múltiples factors

### F2.5.1 Peça

a) La geometria de la peça:

La geometria de la peça condiciona les operacions de mecanitzat necessàries i les màquines en les que han de ser executades. En alguns casos serà necessari realitzar un desbast, mentre que en altres, es buscarà la precisió associada a operacions d'acabat final.

b) Toleràncies de la peça:

Quan cal una elevada precisió dimensional o de forma, les deformacions tèrmiques degudes a l'energia calorífica alliberada en l'operació de tall poden fer que la peça quedi fora de tolerància. L'utilització de fluids de tall serà necessària per impedir aquestes deformacions.

### F2.5.2 Material i maquinabilitat

Les propietats metalotècniques (duresa, estructura, pressió específica de tall, etc.) condicionen la maquinabilitat del metall, influeixen sobre el balanç energètic de l'operació i en conseqüència, estableixen diferents condicions de treball. Existeix un paràmetre anomenat





"Índex de Maquinabilitat " que quantifica aquesta propietat. Segons la normativa AISI, s'estableix comparativament amb l'acer SAE 1112 a qui se li assigna el valor de referència de 100%.

Alguns materials com la fundició gris, poden ser mecanitzats en sec, mentre que altres com els acers, aleacions d'alumini, coure, magnesi o titani normalment necessiten la utilització de fluids lubricants.

En general, es pot afirmar que a mesura que les condicions de mecanitzat es fan més extremes, és necessari la utilització de fluid de tall.

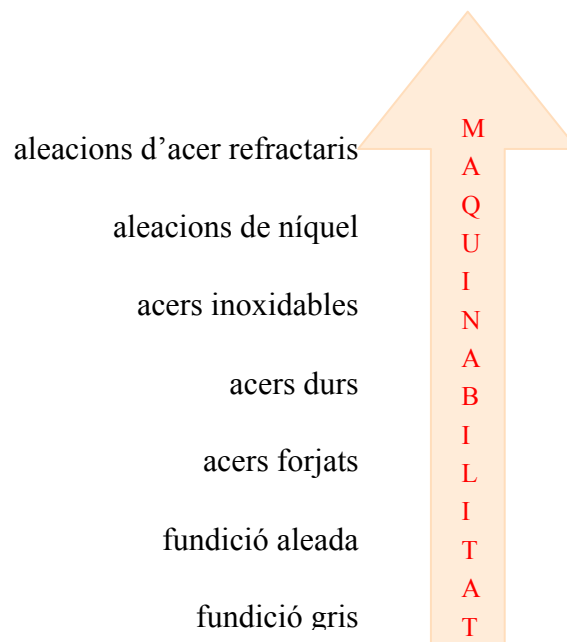


Fig.F9. Maquiabilitat relativa als materials més comuns

### F2.5.3 Màquina-eina

La màquina-eina és un element que condiciona profundament el procés de mecanitzat. En la màquina, el fluid de tall, a més de refrigerar i lubricar la zona de mecanitzat, refrigera diversos components que li proporcionen estabilitat tèrmica.



#### F2.5.4 Eines de tall i els seus recubriments

La reducció o eliminació de fluid de tall exigeix el replantejament de les funcions de l'eina. Per garantir el rendiment cal optimitzar l'adaptació geomètrica a la peça i la capacitat per suportar l'estrès tèrmic, seleccionant primer el material en el que s'està fabricant i posteriorment el recubrimient.

S'estan desenvolupant nous recubrimients amb la funció addicional de reduir el fregament entre llimadures i eina mitjançant una capa de lubricant combinada amb la capa dura necessària i reduir així el calor generat, protegint així la vida de l'eina.

#### F2.5.5 Tipus d'operació

El tipus d'operació executada és el factor que defineix amb més rellevància les condicions de mecanitzat. Les operacions de desbast normalment requereixen els fluids de tall aquosos ja que necessiten refrigeració i retirada de llimadures generades (Fressat, tornejat). En les operacions d'acabat, en canvi s'utilitzen preferentment olis de tall (roscat, broxat, rectificat) que ofereixen una millor lubricació i per tant, de l'acabat superficial obtingut.



Fig.F10

#### F2.5.6 Condicions productives del mecanitzat.

Els processos són dissenyats per maximitzar la producció, utilitzant la major velocitat d'avanc i profunditat de tall possibles, tenint en compte sempre el rendiment de l'eina. La reducció del fluid detall o eliminació total planteja el repte de determinar quines condicions del procés poden ser readaptades per a que es mantinguin els ratios productius desitjats.



---

## **F3. PROBLÈTICA AMBIENTALS DEL MECANITZAT**

---

Es presenten les problemàtiques ambientals més comuns en el sector de mecanitzat. Una clara definició el seu origen i efectes facilita prendre decisions destinades a la reducció i eliminació del seu impacte en l'entorn.

### **F3.1 RESIDUS DE FLUID DE TALL ESGOTAT**

Els residus de fluid de tall esgotat, en consonància amb les matèries primeres que majoritàriament predominen en les seves formulacions, poden ser classificats en residus de fluid de tall aquós i oli de tall. La diferència de naturalesa fisico-química condiona tant la generació de residus com les alternatives de la seva gestió.

Els fluids de tall es transformen en residus quan la seva naturalesa física i química es degrada de tal manera que no poden realitzar les funcions bàsiques per a les són utilitzades : lubricar, refrigerar i netejar l' àrea de mecanitzat.

Las taladrines es rebutgen, considerant-se esgotades quan:

- El resultat del mecanitzat no es òptim (qualitat superficial de peces, precisió, corrosió d'eines).
- La composició inicial ha patit alteracions importants (p.ex. disminució de concentració d'additius) que dificulten una redosificació.
- S'inicia el procés de descomposició microbiològic, amb els conseqüents olors.



- La concentració de substàncies contaminants com nitrats, nitrosamines, gèrmens, metalls pesats... és elevada i pot causar problemes de salut laboral.

Durant el procés d'aplicació, la taladrina perd qualitats. Existeixen dues causes fonamentals: per una banda l' "stress" mecànic i tèrmic del procés sobre la taladrina i per un altre l'acumulació de substàncies contaminants importades, com olis paràsits, partícules sòlides i bacteries.

### **F3.2 RESIDUS DE FLUID DE TALL AQUÓS**

Degut a la naturalesa orgànica dispersa en medi aquós, l'acció bacteriana pot ser considerada com la principal causa de degradació del fluid. Les bacteries anaeròbiques es reproduïxen ràpidament en aquest medi, essent el creixement afavorit per la presència de partícules sòlides i olis lliures procedents de l'entorn industrial. Els primers representen un suport físic idoni per la seva propagació mentre que els olis lliures, al situar-se en la capa superficial del fluid, impedeixen l'oxigenació i generen les condicions d'anoxia idònies per al seu desenvolupament.

Altres factors derivats de la fatiga que el fluid suporta durant el procés de mecanitzat, contribueixen a la seva degradació.

Els principals riscos medioambientals associats a la generació i gestió estan directament relacionats amb la seva naturalesa, doncs són totalment dispersables en qualsevol entorn aquós. Aquest factor, facilita la transmissió a aquest medi de tots els elements contaminants presents en la composició: olis, metalls pesats, etc.

Els principals paràmetres que condicionen la vida de las taladrines són:

- Entrada i sortida de contaminants del bany.
- Qualitat de l'aigua utilitzada per la dilució i reposició.
- Arrossegament de compostos de la taladrina (oli, additius).
- Descomposició per estrès tèrmic i mecànic.
- Disseny de la instal·lació.
- Temperatura del bany.



- Circulació del bany.

Els principals contaminants que redueixen estabilitat i la eficàcia de las taladrines son bàsicament:

- Olis paràsits, procedents de fuites en sistemes hidràulics i oli d'engrassament de peces i màquines.

Les solucions per evitar-ho van dirigides a:

1. Manteniment preventiu i ús de juntes òptimes que redueixin las fuites.
  2. Utilitzar el mateix oli base per la formulació de taladrines, los sistemes hidràulics i d'engràs.
  3. Separació d'olis amb decantadors, centrifugadores o microfiltració.
- Las partícules sòlides metàl·liques, com llimadures i fangs de rectificat procedents del mecanitzat. El poder abrasiu i reactiu d'aquestes és alt, fet que fa que el temps de contacte ha de ser mínim.
    1. Els principals sistemes de retirada manual o automàtica d'aquestes partícules són:
      2. La decantació.
      3. Els filtres de paper.
      4. Les centrifugadores (separadors centrífugs...).
      5. Els separadores magnètics.
  - Microorganismes (bactèries, fongs) procedents de l'aire i del personal.

Es redueixen encapsulant total o parcialment les instal·lacions i evitant el contacte directe dels operaris amb taladrines.

Les taladrines esgotades tenen qualitats irritants i ecotòxiques degut al seu contingut de metalls pesats, biocides, gèrmens nocius i productes de descomposició que produeixen mala olor i/o tòxic, nitrosamines, compostos de bor, etc., que en cas de contacte amb la pell poden causar irritacions i dany en los operaris



### F3.3 RESIDUS D'OLIS DE TALL

Aquest tipus de producte no presenta solubilitat en medi aquós, fet que limita el seu impacte ambiental. Per contra, presenten un alt potencial nociu. Per una banda, part dels seus contaminants poden solubilitzar-se en aigua quan es produeix un contacte prolongat, i per altre, en un medi aquós dificulten l'oxigenació situant-se en la part superior del fluid.

La mateixa consideració podrà ser aplicada a aquells olis procedents d'altres sistemes com olis de guies, olis hidràulics, etc.

La taula adjunta resum les característiques contaminants dels tipus de residus:

PRODUCTE D'ORIGEN	CONTAMINATS HABITUALS	DISPERSIÓ EN MEDI AQUÓS	RISCOS CARACTERÍSTICS	EXPECTATIVES MÀX. DE VIDA ÚTIL FLUID DE TALL
fluid de tall	metalls pesats nitrits amines deribats del bor hidrocarburs solubles olis lliures fenols partícules metàl·liques	total	-contaminació aquosa i de sòl  -riscos higiènic	2-3 anys
oli de tall	metalls pesats parafines clorades olis sofre, fosfatats i sulfoclorats partícules metàl·liques compostos oliclínic	limitada	-contaminació aquosa i de sòls  -riscos higiènic  -inflabilitat	8-10 anys

Taula.F3. Contaminants més habituals en fluids de tall esgotats



### **F3.4 FUITES I SALPICATS**

Independentment del tipus de fluid de tall, una de les vies més directes d'accés i contaminació del medi són les fuites, salpicats i vessaments. Tot i que a priori pot subestimar-se la seva importància degut a la baixa intensitat amb la que es manifesten, en tots els casos, la seva persistència acaba per convertir-los en un dels factors amb major impacte mediambiental però també, amb major possibilitats de millora.

- Fuites

Les fuites en els sistemes de subministrament de fluid de tall acostumen a respondre a faltes manteniment del sistema. Poden produir-se al llarg de tot el circuit de fluid de tall, fet que fa que en ocasions siguin detectades visualment.

- Salpicats

Les altes velocitats de mecanitzat i la falta de carenats faciliten les projeccions de fluid de tall. Aquest fenomen suposa un embrutiment del entorn de l'àrea de mecanitzat. Els salpicats són més habituals en màquines senzilles en les que no es disposa de carenats, mentre que la majoria de les màquines modernes van equipades amb elements de retenció.

Aquest fenomen es produirà amb major intensitat quan menor sigui la viscositat i adherència del fluid al metall. L'oli de tall té major tendència a quedar-se enganxat a la peça i l'eina que un fluid de tall de base aquosa.

Amb instal·lació de parets protectores es possible evitar vessaments pràcticament en un 100%.

### **F3.5 ARROSSEGAMENT EN PECES I LLIMADURES**

Els arrossegats estan afavorits per les estructures cada cop més complexes de peces y llimadures i per el propi posicionat de la peça durant el mecanitzat. Els arrossegaments guanyen protagonisme quan l'untuositat del fluid és major, de manera que és major amb la utilització d'olis de tall.

El destí del fluid de tall arrossegat és variat, però entre els més habituals trobem :

S'acumulen en els banys de desengràs després del pas de les peces, reduint notablement la seva eficiència ai duració.



Lixivien en los parcs de magatzem de peces i llimadures. Aquest fenomen es important en condicions d'intempèrie on la pluja potencia el seu efecte.

Taquen les zones de manipulació i/o moviment de peces i llimadures generant un important risc higiènic i ambiental al necessitar mànegues d'aigua o a mesures de neteja o retirada.

L'arrossegament de taladrines en llimadures i peces pot reduir-se considerablement (al menys en un 25%), després d'un drenatge de varies hores. La taladrina drenada pot ser reutilitzada un cop comprovada la seva qualitat. En el cas d'utilitzar olis l'arrossegament en llimadures és major. Una centrifugació adequada permet recuperar el 90% d'oli contingut en la llimadures.

### **F3.6 BOIRES I ALTRES EMISIONS AMBIENTALS**

Les conegudes com a "boires d'oli" són una de les problemàtiques ambientals de major impacte en la salut laboral. L'alta velocitat de gir de la màquina i/o eina i la pressió de subministrament del fluid de tall, propicia la formació de gotes microscòpiques de fluid de tall que es dispersen en l'ambient laboral.

Per altre banda, aquells compostos volàtils de naturalesa hidrocarburada presents en los fluids de tall poden passar al medi atmosfèric al sotmetre'ls a les altes temperatures del mecanitzat.

La problemàtica ambiental està associada a la possible ingestió per via respiratòria de compostos que representen riscos per la salut.

### **F3.7 LLIMADURES I FANGS METÀL·LICS**

Es componen del material excedent obtingut durant el processat de les peces. Es presenten convencionalment en forma de llimadures i fangs metàl·lics que presenten un grau variable d'impregnació de fluid de tall.

- Llimadures

Es generen com material excedent en els processos de mecanitzat que utilitzen eines de geometria definida. La seva formació i estructura són objecte de l'estudi dons aporten informació referent a la realització de les operacions.

Van acompanyades d'una quantitat variable de fluid de tall impregnada a la seva superfície i en forats de la seva estructura.





- Fangs

Generats en els processos de mecanitzat que utilitzen eines de geometria no definida (p.ex. rectificat). La seva composició és una barreja de composicions de petites partícules metàl·liques arrossegades per la peça, fluid de tall i material abrasiu. El fluid de tall és un component més de la massa residual obtinguda.

### **F3.8 CONTAMINACIÓ DEL SÒL INDUSTRIAL**

Els motius que produeixen un embrutiment de l'entorn de treball són: goteig directe de fluid de tall arrossegat per peces i llimadures, salpicats, manipulació de peces, preparació i/o moviment del fluid de tall, etc.

Aquest fenomen és important zones de magatzem llimadures i ferralla.

### **F3.9 UTILITZACIÓ DE SUBSTÀNCIES PERILLOSES**

Tal i com s'ha comentat, tot fluid de tall conté components químics de millora de les seves propietats anomenats additius.

Aquests compostos son escollits a partir d'un ampli ventall de possibilitats entre les que trobem algunes substàncies que suposen algun risc per el medi ambient o la salut e higiene laboral.

L'usuari d'un fluid de tall que contingui una o varies substàncies d'aquestes característiques, s'enfronta a possibles riscos higiènics associats a la manipulació i a la gestió dels residus que se'n generen al final de la vida útil.

La mescla de fluid de tall amb diversos materials utilitzats en altres fases del procés productiu, pot suposar un agravant en la problemàtica ambiental del sistema.

### **F3.10 RESIDUS DIVERSOS DEL PROCÉS**

Hi ha residus que no són generats directament en el procés de mecanitzat, per`son produïts en altres procesos colaterals com el manteniment i la neteja dels sistemes.



- Filtres

Aquest tipus de residus procedeix bàsicament de sistemes de manteniment de fluid de tall que utilitzen filtres rebutjables i de filtres de sistemes d'aspiració localitzada "antiboires". En el primer cas, els filtres contenen fangs abrasius i petites llimadures retingudes a més d'estar completament empapats de fluid filtrat; els filtres "antiboires" estan moderadament contaminats amb contaminants que han estat aspirats.

- Aigües de neteja amb olis

Aquest residu es genera durant la neteja de les zones afectades per fuites i salpicats, i màquines. Amb l'objecte d'augmentar la capacitat netejadora s'utilitzen detergents i desengrassants.

La generació pot ser reduïda utilitzant detergents no tòxics d'alta eficiència i medis absorbents (esponges i fibres reutilitzables) i limitant quantitat d'aigua.



---

## **F4. LA PRODUCCIÓ NETA EN EL SECTOR DEL MECANITZAT**

---

Una mesura de Producció Neta pot tenir influència sobre diverses problemàtiques ambientals. A l'hora d'avaluar l'incorporació d'una d'aquestes mesures per resoldre una problemàtica ambiental cal verificar que aquesta mesura no genera altres problemàtiques ambientals.

L'aplicació de mesures de producció neta en un entorn industrial, es centra en l'execució eficaç dels processos productius de manera que es genera el mínim de subproductes o residus no aprofitables internament amb el mínim consum de matèries primeres.

La producció neta actua en tres àmbits d'actuació:

- Prevenir
- Reduir / Minimitzar
- Valorar internament

La prevenció s'orienta a decisions en processos que no han estat dissenyats parcial o totalment, seleccionant de entre totes les alternatives disponibles les que minimitzen la producció de residus.

La producció neta, en qualsevol dels seus tres àmbits d'actuació, prevenció, reducció o valoració interna, ofereix múltiples possibilitats d'actuació.

- Canvis en matèries primeres: mesures centrades en la millora per substitució o modificació de matèries primeres consumides en el procés.



- Canvis tecnològics - Reenginyeria: mesures que representen modificacions en els processos: Naturalesa de l'operació, modificacions en l'estructura i/o funcionament de les màquines, adquisició d'equips de suport i/o manteniment
- Mesures organitzatives. La correcta execució de les operacions o l'estructuració de sistemàtiques de seva millora Execució de plans de manteniment, seguiment de las normes de funcionament, establiment de responsabilitats, etc.
- Reutilització interna de subproductes. Els subproductes o residus generats en un sistema, representen matèries primeres per un segon us dins de la fàbrica. Igualment, el possible tractament en fàbrica d'aquells residus no reutilitzables, reduirà l' impacte ambiental del procés.
- Canvi de productes. Modificacions de l'estructura, materials i altres característiques del producte faciliten en alguns casos l'incorporació de millores en el procés.

Existeixen en l'actualitat substituïts per nombrosos additius de caràcter tòxic o perillós com és el cas dels nitrats, fenols i parafines clorades, molt problemàtics.

El descobriment de les taladrines amb base oli vegetal suposa un avanç des del punt de vista econòmic-ambiental per aconseguir un acabat superficial òptim de les peces, allargar la vida del bany, cuidar les eines i poder reutilitzar els fangs del tractament.

#### **F4.1 MESURES PREVENTIVES**

- a) Allargar la vida del bany per manteniment i control.
- b) Estandarditzar les taladrines.
- c) Prescindir de compostos clorats, nitrats i altres additius tòxics.
- d) Reduir l' entrada d' olis paràsits i altres contaminants.
- e) Recuperar tallarines arrossegades.
- f) Implantar instal·lacions amb dipòsit centralitzat.
- g) Formar al personal.



- h) Incorporar processos que eviten residus.

## **F4.2 EFECTES**

Reducció de consums de matèries primeres.

- a) Reducció de generació de residus.
- b) Optimització de aplicació, higiene, manteniment, control i tractament.
- c) Simplificació del balanç de matèries.
- d) Reducció de riscos medi ambientals i de salut laboral.
- e) Reducció de costos de tractament.
- f) Allargaments de la vida del bany.
- g) Reducció dels consums d'oli hidràulic.
- h) Reducció d'arrossegaments que contaminen processos posteriors.
- i) Reducció lleugera de consums de taladrina.
- j) Optimització del manteniment i control
- k) Allargaments de la vida del bany.
- l) Motivació por part dels operaris.
- m) Millor manteniment dels banys.
- n) Reducció de las quantitats a aplicar al contacte eina-peça.



## **F4.3 VALORACIÓ DETALLADA DE LES PRINCIPALS MESURES DE PRODUCCIÓ NETA**

### **F4.3.1 Mecanitzat en sec**

Durant el mecanitzat en sec, es suprimeix completament el fluid de tall. D'aquesta manera es redueixen en un 100% tant el consum com la producció de residus de fluid de tall. També millora la qualitat dels residus metàl·lics generats, ja que s'obtenen totalment exempts d'impregnació.

Per a poder mecanitzar en sec cal garantir un nivell mínim de retirada de llimadures, refrigeració i lubricació del procés. Les eines han de presentar una elevada duresa, resistència al desgast a altes temperatures, i reduïda adhesió a la peça i llimadures. Les màquines, per la seva part, han d'adaptar-se a les noves condicions gramatitzant la seva estabilitat tècnica i mecànica.

El mecanitzat en sec suposa una evolució tecnològic de les eines i materials, obrint cada dia noves possibilitats d'aplicació

Particularment, la precisió dimensional i les toleràncies poden representar una restricció per el mecanitzat en sec. En general es pot afirmar que les operacions de mecanitzat en sec son sempre possibles quan la peça no requereix gran precisió dimensional o de forma.

### **F4.3.2 Mecanizat amb mínima quantitat lubricant (MQL)**

L'aplicació de la mínima quantitat de lubricant (Minimum Quantity of Lubricant o MQL) apareix com una solució intermitja entre el mecanitzat en sec i la lubricació tradicional que permet reduir dràsticament el consum de fluid de tall garantitzant un nivell idoni de lubricació Aquesta tècnica es basa en l'aplicació de fluid de tall en quantitat mínima necessària per garantir les condicions d'operació. El consum de fluido de tall es redueix fins en un 95% i els residus metàl·lics obtinguts presenten únicament una petita capa de fluid lubricant.

Mitjançant l'aplicació precisa de gotes o aerosols, els sistemes MQL humifiquen la zona de tall amb la quantitat de fluid de tall estrictament necessària. El fluid de tall aplicat es consumit en el procés no produin-se residus. Només es genera una pel·lícula lleugera en peces i virutes que millora substancialment el la seva gestió i manipulació. D'igual manera que en el mecanizat en sec, cal garantir l'estabilitat tèrmica i mecànica de la màquina.



Per l'aplicació del fluid de tall calen dosificadors especials: sistemes de pulveritzat de baixa pressió (peca precisió) o alta pressió ( molta precisió) o bé un sistema d'injecció sense aire i habitualment un servei d'aire comprimit com mitjà d'impulsió del fluid. Aquests dosificadors poden ser adaptats a les boquilles dosificadoras clàssiques i el seu preu individual oscil·la entre 500 i 1500 €.

La proporció de fluid de tall utilitzat amb la tècnica MQL en relació al volum de peces mecanitzades disminueix arribant en ocasions a reduccions del 95% consum respecte a la lubricació convencional. L'aplicació direccional i quantitat de fluid de tall és més precisa que en la lubricació convencional. (La boquilla es troba a una distància entre 100 i 10mm del punt de tall)

### **F4.3.3 Unitats de manteniment del fluid de tall**

L' introducció en els processos de sistemes de manteniment que eviten la permanència en el bany d'elements aliens com partícules, olis, etc. allargant la vida útil del fluid de tall. També millora la seva propia qualitat, disminuint el risc d'obtenció de rebuigs por mal acabat superficial

Existeix una amplia varietat d'equips i sistemes capaços de limitar la presència d'elements no desitjats que representen un risc per l'estabilitat i durabilitat del fluid de tall.

### **F4.3.4 Implantació d'un pla de control del fluid de tall**

La mesura, control i registre d'aquells paràmetres definits del estat del fluid de tall, aporten informació rellevant per el disseny d'un pla de manteniment de màxim rendiment. Els paràmetres de control varien en funció de la naturalesa del fluid de tall i la seva problemàtica depèn de la seva naturalesa com a fluid de tall aquós o oli de tall.

Els fluids de tall aquosos, per la seva naturalesa , es degraden si no reben l'atenció necessària.

Les causes de la degradació d'un fluid de tall aquós són principalment:

-Desenvolupament i proliferació de microorganismes: Bactèries, fongs i llevadures metabolitzen els components del fluid de tall aquós, modificant i degradant l'estructura química. Aquest fenomen està afavorit per la presència de partícules sòlides i olis.

-Reacció química amb partícules metàl·liques: Els fangs i llimadures, al entrar en contacte amb el fluid, s'oxiden parcialment degradant el fluid de tall. aquest fenomen està afavorit per les altes temperatures d'operació.



-Fatiga tèrmica: En la zona de conformació s'arriben a temperatures elevades que catalitzen canvis en l'estructura físico-química del fluid de tall.

Les expectatives de vida útil depenen del sistema de subministrament: entre 6 mesos (dipòsits de subministrament individuals) i 2 anys (dipòsit de subministrament centralitzat).

El control de qualitat dels banys de taladrina és fonamental per detectar a temps símptomes de degradació i prendre mesures per estabilitzar-los, com per exemple afegir sals de coure.

Certs paràmetres com el pH i la concentració poden ser controlats fàcilment en la mateixa empresa.

Els olis de tall no pateixen processos de degradació com els fluids de tall aquosos, però van modificant les propietats a mesura que es prolonga l'utilització. Les causes directes d'aquest fenomen són:

- Fatiga tèrmica: Els hidrocarburs i altres elements additius es degraden per efecte de les altes temperatures durant el mecanitzat.

- Reaccions químiques: La presència d'elements aliens al fluid de tall com llimadures metàl·liques, olis hidràulics, etc. suposa una via d'entrada d'elements amb els que l'oli reacciona químicament modificant la composició i estructura.

Els olis de tall poden arribar a períodes d'utilització superiors a 8 anys amb una correcta aplicació d'un pla de control i manteniment

#### **F4.3.5 Implantació d'equips auxiliars de separació**

Les peces i llimadures són un dels mitjans més habituals de dispersió de fluid de tall. Aquest és arrossegat fora del sistema al impregnar la superfície de la llimadura generada en el procés i al omplir els forats de les peces.

Mitjançant equips auxiliars, el valor dels arrossegaments pot ser reduït fins en un 50%, facilitant al mateix temps les condicions de manipulació de peces i llimadures. Existeix un ventall de possibilitats amb diferents costos econòmics.





### **F4.3.6 Adaptació/reubicació del parc de emmagatzematge**

Es vital seleccionar l'ubicació del magatzem de peces i llimadures. D'aquesta manera es redueix la necessitat de neteja i els requeriments de gestió dels subproductes generats en aquest procés: aigües amb oli, draps i material absorbent, etc.

Les peces mecanitzades i llimadures contenen quantitats de fluid de tall que amb el temps s'escurren fins el sòl. Una cop allà, el fluid de tall i totes les substàncies perilloses contingudes en la formulació es dispersen o en casos més crítics permeabilitzen través del terra, contaminant aquífers d'estrats inferiors del terreny.

Existeixen dues alternatives per reduir la problemàtica ambiental: Reubicar-les a zones on el seu impacte sigui mínim o adaptar-les.

- Reubicació: L'impacte del parc d'emmagatzematge serà menor si compleixen les següents premisses destinades a millorar la situació en planta:
  1. Evitar intempèries que permetin l'accés d'elements potencials de la dispersió: pluja, calor, etc.
  2. No situar el parc en llocs propers a desguàs o clavegueres que podrien canalitzar fuites cap a la xarxa d'aigües.
  3. Evitar pendents de terreny que faciliten el desplaçament del fluid.
- Si no pot ser triada l'ubicació idònia, cal intentar la millora del entorn del magatzem de forma que el fluid es mantingui controlat. Com mesures de millora es consideren:
  1. Disposar cobertes que no permetin la mescla amb aigua de pluja.
  2. Col·locar cubetes de retenció que eviten la lliure circulació del fluid.
  3. Protegir l'àrea de contacte amb tractaments superficials: pintures epoxi, plastificantes, etc.
  4. Instal·lació de mitjans de bombeig que faciliten la recollida del fluid escorrit evitant acumulacions i contacte amb el medi atmosfèric.





---

## F5. VALORACIÓ EXTERNA DELS FLUIDS DE TALL

---

Inexorablement, tot fluid de tall, independentment de la seva naturalesa, perd les seves propietats. L'efecte de diferents contaminants, l'acció degradant de microorganismes i el desgast degut a les altes temperatures del mecanitzat, modifiquen les característiques del fluid de tall fins que aquest no pot garantir la qualitat de la producció. Es en aquest instant, quan s'ha de plantejar la via de gestió externa segons les característiques dels residus.

El tractament principal, consisteix en general en una ruptura d'emulsions, que para poder arribar a dur a terme eficaçment, necessita un pre-tractament que separi olis paràsits no emulsionats i partícules fines. Així mateix, degut a alts continguts en matèria orgànica (DQO) en el afluent del tractament principal, es imprescindible aplicar un post-tractament biològic, que podria dur-se a terme en una depuradora municipal, i en ocasions un tractament físico-químic per precipitar els metalls dissolts fins els límits establerts.

Durant el tractament principal, així com durant els diferents pre- y post-tractaments es generen novament residus que calen gestionar adequadament. Els fangs amb oli de la ruptura d'emulsió i de dels olis paràsits, en cas de no contenir clor ni metalls pesats, es valoritzen energèticament, després d'un pretractament. Les partícules metàl·liques i els fangs del tractament físico-químic s'inertitzen, en cas de resultar inviable una recuperació. Els afluents de depuració són abocats al col·lector per posterior tractament biològic.

Habitualment, les taladrines esgotades que es generen, s'envien a un gestor autoritzat per al seu tractament destructiu, tot i que algunes La generació de banys esgotats de taladrina avui en dia es pot minimitzar, però no és evitable.

La composició de la taladrina esgotada canvia de la inicial, en funció del metall mecanitzat, el procés aplicat...



El procés de tractament de taladrines esgotades consta bàsicament de varies etapes:

- Pre-separació d'olis paràsits.
- Pre-separació de partícules, fonamentalment metàl·liques.
- Tractament principal.
- Post-tractament d'afluents (fisico-químic y/o biològic).

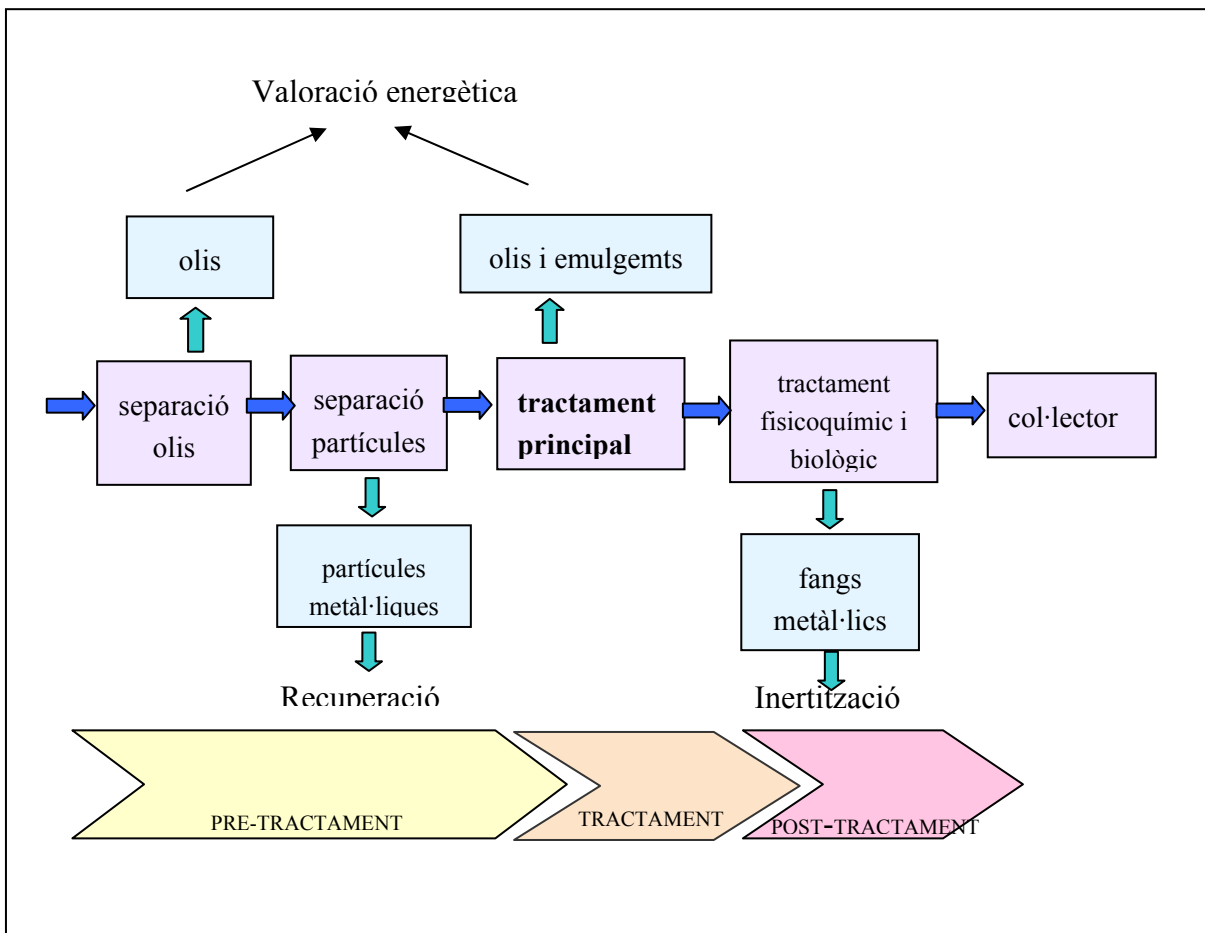


Fig.F11



## F5.1 FLUIDS DE TALL AQUOSOS

La composició de fluids de tall aquós al final de la vida útil respon a una emulsió, suspensió o dilució d'una fase orgànica que conté una sèrie de substàncies de addició, en un medi majoritàriament aquós juntament amb diferents elements no desitjats (olis, partícules, etc.). Totes les possibles tècniques aplicables, tenen com objectiu prioritari trencar l'emulsió per separar les fases precedents. De forma genèrica es poden diferenciar tres alternatives de tractament:

– La ruptura àcida En pràcticament totes les alternatives , cal un pre-tractament del fluid de tall per eliminar els elements contaminants (olis, partícules metàl·liques etc.) que s'hagin integrat en la seva composició durant l'utilització. Poden utilitzar-se els mètodes i equips de manteniment de fluids de tall: filtres, centrífugues, etc.

És interessant conèixer las avantatges i desavantatges de las diferents tecnologies de tractament destructiu:

d'emulsions amb floculació posterior amb sals inorgàniques de ferro. Un mètode tradicional i versàtil que genera grans quantitats de fangs amb oli amb metalls.

– La ruptura neutra d'emulsions con floculants orgànics. Tecnologia recent, de cost i nivell de tecnificació més elevat.

– La ultrafiltració. Tecnologia de separació por membranes que requereix un elevat grau de pre-tractament i tecnificació i té resultats globals molt positius.

– La osmosis inversa. Tecnologia de separació por membranes amb alt consum energètic i resultats positius.

– L'evaporació. Tecnologia de separació d'alt consum energètic i elevats costos d'inversió. En alguns casos resulta l'única alternativa, donada la seva universalitat.

La electrofloculació. Tecnologia en desenvolupament que trenca les emulsions amb ajut de corrents elèctriques.

### F5.1.1 Procesos químics

Separen les fases mitjançant diferents compostos químics amb graus de reactivitat o afinitat selectiva amb la fase que es desitja separar. Hi ha processos de dissociació química inorgànica i dissociació química orgànica.



- Dissociació Inorgànica: reacció química de la fase orgànica en presència d'àcids, bases o compostos inorgànics salins. (Ruptura àcida-salina, ruptura bàsica)

- Dissociació Orgànica: L'afinitat química de diferents additius de naturalesa orgànica facilita la separació de fases. Els compostos habitualment utilitzats són polímers de naturalesa anionica o cationica afins químicament a la fase orgànica majoritària.

### **F5.1.2          Procesos físics: comportament diferent de les fases per modificació de les condicions físiques del fluid, possibilita la separació.**

- Processos de membrana (Ultrafiltración, Microfiltración, etc.) El fluid de tall a alta pressió, travessa una membrana semipermeable. aquesta membrana fa de barrera per les molècules orgàniques que acaben concentrades

Processos tèrmics (Evaporació)

La diferència entre punts d'ebullició de fase orgànica i aquosa i l'aportació intensiva d'energia calorífica serveix per concentrar la fase orgànica. El consum energètic és la principal limitació d'aquesta tècnica.

### **F5.1.3          Processos compostos**

- Combinació de'ultrafiltració+Osmosis inversa

Quan el tamany dels porus de la membrana de ultrafiltració no poden garantir l'obtenció d'una fase aquosa amb característiques d'abocament, s'utilitza un procés complementari d'osmosis.

- Evapoincineració: El fluid de tall es vaporitzat amb flama. Aquesta vaporitza l'aigua i destrueix tot tipus de compostos orgànics. Es generen gasos de combustió que han de ser purificats.

- Electrocoagulació: Separació de fases per diferent comportament davant corrent elèctric.

## **F5.2          OLIS DE TALL PURS**

Els olis de tall purs pateixen un procés d'esgotament molt més lent que els fluids de tall aquosos. Al finalitzar la seva vida útil és eliminat de manera idèntica a qualsevol oli. De manera genèrica diferenciem dues alternatives més habituals:



- Regeneració: es recupera la base hidrocarburada per la seva possible utilització en la formulació d'altres productes. La principal limitació està associada a la utilització d'àcids i bases durant el procés i a la reactivitat dels hidrocarburs sintètics i oxigenats a aquest tipus de productes.
- Recuperació energètica: L'oli es crema després d'un pre-tractament per aprofitar l'energia calòrica. El pre-tractament té com a funció bàsica retirar de l'oli tots aquells contaminants (clor, metalls pesats, etc.) que poden suposar un risc per el medi atmosfèric. Exigeix un estricte control d'emissions atmosfèriques.







## **ANNEX G: PLÀNOLS I MATERIAL**

### **INDEX:**

<b>G1.</b>	<b>PLÀNOLS .....</b>	<b>251</b>
G1.1	CONJUNT BOIXA I PASSAMÀ: .....	251
G1.2	CONJUNT REDUCTOR .....	252
G1.3	CONJUNT ACCIONAMENT .....	253
<b>G2.</b>	<b>ELEMENTS DE COMPRA .....</b>	<b>255</b>
G2.1	CONJUNT BOIXA I PASSAMÀ .....	255
G2.2	CONJUNT REDUCTOR .....	256
G2.3	CONJUNT ACCIONAMENT .....	257





## G1. PLÀNOLS

Aquest annex conté tots els plànols del elements de disseny que intervenen en el canvi de marxes, tant si es tracta d'un element intern a la caixa de canvi, un element de la roda o del sistema d'accionament extern. També es presenten plànols de conjunt i en general de qualsevol element que varia respecte a una cadira de rodes estàndard.

A continuació es presenta un llistat d'aquests plànols, dividit per conjunt

### G1.1 CONJUNT BOIXA I PASSAMÀ:

Referència de plànol	Posició	Denominació	Material	Tractament	Recubriment	Cantitat per conjunt
CR 001/02 01 01	1	Cilindre entrada	F-1250	Bonificat 900-1000 MPa	zincat negre	1
CR 001/02 01 02	2	Cub radis	F-1250	Bonificat 900-1000 MPa	zincat negre	1
CR 001/02 01 03	3	Distanciador	ST-52		zincat negre	1
CR 001/02 01 04	4	Volandera ajust	F-1250	Bonificat 900-1000 MPa	zincat negre	1
CR 001/02 01 06		Radis volant	Xapa 3mm		Pintat negre	1

Taula G1



**G1.2 CONJUNT REDUCTOR**

Referència de plànol	Posició	Denominació	Material	Tractament	Recubriment	Cantitat per conjunt
CR 001/02 03 01	6	Cub entrada	F-1250	Bonificat, 900÷1000 MPa,	Nitrocarburat. gruix 150 $\mu$	1
CR 001/02 03 02	7	Cub sortida	F-1140N	estabilitzar deprés primer desbast	Nitrocarburat, gruix 150 $\mu$	1
CR 001/02 03 03	9	Engranatge secundari	F-1250	Bonificat, 900÷1000 MPa,	Nitrocarburat. gruix 150 $\mu$	1
CR 001/02 03 04	10	Engranatge directe	F-1250	Bonificat, 900÷1000 MPa,	Nitrocarburat. gruix 150 $\mu$	1
CR 001/02 03 05	11	Engranatge reducció	F-1250	Bonificat, 900÷1000 MPa,	Nitrocarburat. gruix 150 $\mu$	1
CR 001/02 03 06	12	Sincronitzador	F-1250	Bonificat, 900÷1000 MPa,	Nitrocarburat. gruix 150 $\mu$	1
CR 001/02 03 07	24	Volandera	F-1250	Bonificat, 900÷1000 MPa,	Arcor, gruix 8 $\mu$	2
CR 001/02 03 08	13	Eix secundari	F-1550	Cementat, trempat i revingut. Capa cementat 0,5/0,6 mm, duresa sup 58/60 HRC, duresa 110/120 Kg/mm <sup>2</sup>		1
CR 001/02 03 09	26	Selector	F-1250	Bonificat, 900÷1000 MPa,	Arcor, gruix 10 $\mu$	1
CR 001/02 03 10	27	Eix selector	VASLA-25		Arcor, gruix 10 $\mu$	1
CR 001/02 03 11	30	Palanca	F-1250		Arcor, gruix 10 $\mu$	1
CR 001/02 03 12	32	Carter Dret	L-3321		anoditzat plata, Arcor, gruix 10 $\mu$	1
CR 001/02 03 13	33	Tapa carter Dreta	L-3321		anoditzat plata, Arcor, gruix 10 $\mu$	1
CR 001/02 03 16	38	Distanciador selector	ST-52			1
CR 001/02 03 17	37	Fixació	L-3321			2
CR 001/02 03 18	41	Eix interior selector	F-1540			1
CR 001/02 03 19	39	disc eix selector	inox 304			1



**G1.3 CONJUNT ACCIONAMENT**

Referència de plànol	Posició	Denominació	Material	Recubrimant	Cantitat per conjunt	
CR001/02 05 01		Suport fre i canvi	St12,3	pintat negre	1	Son 2 peces soldades per punts
CR001/02 05 02		Maneta fre	St12,3	pintat negre	1	
CR001/02 05 03		Barra fre	St12,3	pintat negre	1	
CR001/02 05 04		Barra cable	St12,3	pintat negre	1	
CR001/02 05 05		Maneta cable	St12,3	pintat negre	1	
CR001/02 05 06		Suport reenvio cable			1	
CR001/02 05 07		Suport funda			1	

Taula G3





---

## **G2. ELEMENTS DE COMPRA**

---

A continuació es llista els elements estàndard necessaris per el muntatge complet i correcte del canvi de marxes sobre l'estructura de la cadira.

### **G2.1 CONJUNT BOIXA I PASSAMÀ**

<b>Denominació</b>	<b>Cantitat per conunt</b>
Anella elàstica E-20 DIN 471	1
Rodament 61804 2Z	2
Cargols M6x25 DIN 9121	6
Casrgol M6x8 DIN 7991	5

Taula G4



## G2.2 CONJUNT REDUCTOR

Denominació	Cantitat per conunt
Rodament 61804 2Z	2
Rodament 16008 2Z	1
Rodament HK 2518 RS	1
Rodament 16006 2Z	1
Rodament 61900	2
Anella de molla WR 40	1
Anella elàstica E-68 DIN 472	1
Anella de molla SB55	2
Anella de molla SW 30	1
Anella de molla SW 18	1
Arandela ajust 18x25x1 DIN988	1
Passador cilíndric Ø3x40 DIN 6235	1
Passador elàstic 4x20 DIN1481	1
molla tipus B C0210-026-1250M	1
Molla tipus B C0180-032-0690M	1
Nilos 16008 JV	1
Nilos 16006 JV	1
Cargol M4x16 DIN912	8
Cargol M20x20 DIN912	4

Taula G5





## G2.3 CONJUNT ACCIONAMENT

Denominació	Cantitat per conunt
Pom	2
Barra anterior	2
Barra posterior	2
Posicionador	2
Cable, funda, reenvio, topes i tensor cable	1
Cargols M6x450 DIN 7985	4
Cargols M5x20 DIN 7380	8
Femelles autoblocants M5 DIN 985	4
Femelles autoblocants M6 DIN 985	4
Volanderes M6	22
Volanderes M5	8

Taula G6

