

Resum

El document que es mostra a continuació és la memòria del projecte de final de carrera d'enginyeria industrial titulat “*Automatització d'una línia de premses*”. Aquest projecte es basa en l'automatització de la línia de premses que l'empresa EMTISA S.A. té a la seva planta de Sant Andreu de la Barca (Barcelona).

En primer lloc s'estudia la necessitat de l'automatització d'una línia de premses estàndard fent incidència en els possibles processos a automatitzar, les raons per a l'automatització i finalment els beneficis funcionals que aporta l'automatització. A continuació s'analitzen les necessitats del client en quant als processos de producció, les característiques de la maquinària existent i les característiques de les peces a produir. Una vegada s'han determinat les necessitats del client es passa a estudiar les alternatives existents per a dur a terme l'automatització. En aquest capítol s'analitzen les principals característiques dels robots de 3 i 6 eixos i les característiques del *tooling*, eines amb les quals s'equipa el braç del robot per a la manipulació dels formats a processar. Aquest apartat es veu recolzat amb una comparativa dels robots de 6 eixos dels principals productors existents al mercat. Un cop acotades les necessitats del client i les virtuts i defectes de les tecnologies a utilitzar s'exposa la solució adoptada per a l'automatització. L'annex mecànic que acompanya aquesta memòria justifica les decisions preses en quant a selecció i disposició dels elements mecànics dins de la línia. Seguidament s'analitzen els aspectes econòmics a tenir en compte en la realització d'una inversió com la plantejada, tenint en compte tant els beneficis aportats com les despeses que s'hi relacionen. L'apartat de seguretats resumeix els punts més importants i les normatives vigents que cal tenir en compte a l'hora de portar a terme un projecte industrial com el present. A continuació es mostra un planning de les fases del projecte, per finalitzar amb un capítol dedicat a l'impacte ambiental.





Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. INTRODUCCIÓ	6
1.1. Objectius del projecte.....	6
1.2. Abast del projecte.....	6
1.3. Interès de l'autor.....	7
2. AUTOMATITZAR O NO?	9
2.1. És necessària l'automatització?.....	9
2.2. Què es pot automatitzar?.....	10
2.3. Beneficis de l'automatització.....	10
3. DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS A AUTOMATITZAR	15
3.1. L'empresa.....	15
3.1.1. Les Premses.....	16
3.1.2. Procés.....	18
3.1.3. Modes de funcionament.....	19
3.2. Descripció de les peces a fabricar.....	22
3.2.1. Dimensions.....	22
3.2.2. Material.....	23
3.2.3. Pes.....	24
3.3. Temps de cicle.....	24
4. ALTERNATIVES A L'AUTOMATITZACIÓ	27
4.1. Automatització per mitjà de braços robotitzats.....	27
4.1.1. Doppin Feeder. Descripció del sistema.....	28
4.1.2. Elements auxiliars d'un braç robot de 3 eixos.....	30
4.1.3. Temps de cicle.....	31
4.1.4. Layout.....	32
4.2. Automatització per mitjà de robots de 6 eixos.....	32
4.2.1. Descripció del sistema. Robots de 6 eixos.....	33
4.2.2. Temps de cicle.....	34
4.2.3. Layout.....	35
4.3. Manipulació dels formats.....	35
4.3.1. Tooling.....	36



5. SOLUCIÓ ADOPTADA	37
5.1. Lay out de la línia	37
5.2. Necessitats del client	38
5.3. Descripció de les cèl·lules.....	39
5.3.1. Cèl·lula 4.....	39
5.3.2. Cèl·lules 2 i 3. Descàrrega , transferència interpreses i càrrega	43
5.3.3. Cèl·lula 1.....	45
5.4. Temps de cycle assolible.....	50
6. ESTUDI ECONÒMIC	53
6.1. ABB Automation Technologies	53
6.1.1. Evolució del mercat	54
6.1.2. Aplicacions	55
6.1.3. Clients principals	56
6.2. Proposta econòmica	57
6.3. Anàlisi de la rendibilitat de la inversió	57
6.3.1. Comparativa Producció manual vs. Producció automàtica	57
6.3.2. Comparativa 2. Cost manteniçó línia automàtica vs. línia manual	58
6.3.3. Període de retorn de la inversió	61
7. SEGURETAT GENERAL	63
7.1. Estàndards de seguretat.....	64
7.2. Seguretat durant el manteniment	65
7.3. Seguretat durant la programació	66
8. FASES DEL PROJECTE	67
8.1. Pre-projecte.....	67
8.2. Oferta	67
8.3. Disseny.....	67
8.4. Fabricació i aprovisionament	68
8.5. Instal·lació	68
8.6. Posada en marxa i producció	69
8.7. Garantia i suport tècnic	69
9. IMPACTE AMBIENTAL	71
10. CONCLUSIONS	73
11. AGRAÏMENTS	75
12. BIBLIOGRAFIA	77



12.1. Referències bibliogràfiques..... 77
12.2. Bibliografia complementària..... 77



1. Introducció

1.1. Objectius del projecte

El present projecte té com a objectiu l'estudi de l'automatització d'una línia de premses, prenent com a base la línia de premses que l'empresa EMTISA S.A. té a la seva planta de St. Andreu de la Barca i segons les seves especificacions.

El present projecte, però, no es vol limitar als aspectes que comprenen la instal·lació, a tal efecte s'estudien les avantatges de l'automatització, les diferents possibilitats per dur-la a terme i els aspectes econòmics que comporta. També s'han volgut tenir en compte els aspectes relacionats amb la seguretat i amb l'impacte ambiental de la implantació.

1.2. Abast del projecte

Donada la magnitud d'un projecte com el present, s'ha cregut necessari acotar-lo en continguts i extensió. El present projecte s'ha centrat en l'anàlisi i l'estudi de determinats aspectes de l'automatització d'una línia de premses tals com:

- Estudi dels beneficis de l'automatització
- Estudi de les diferents alternatives existents en l'automatització de processos basats en línies de premses.
- Enginyeria mecànica:
 - Selecció dels elements mecànics i pneumàtics
 - Disposició dels elements mecànics sobre la línia.
 - Estudi de les trajectòries
 - Estudi dels temps de cicle
- Plànols de la implantació
- Estudi econòmic
- Seguretat
- Planificació



En aquest projecte no s'analitzen alguns aspectes que podrien ser interessants per a estudis posteriors . El present projecte no inclou:

- Disseny elèctric i de control
- Disseny dels elements mecànics a instal·lar (robots, ballat, taules de centrat, cintes d'evacuació, etc).

1.3. Interès de l'autor

L'interès de l'autor a l'hora de la realització del projecte se centra en dos aspectes , principalment. En primer lloc es troba la voluntat d'aplicar coneixements assolits durant els estudis d'Enginyeria Industrial i plasmar-los en una situació real. D'altra banda es troba la voluntat d'aprofundir en el camp de l'automatització de processos industrials per mitjà de robots i tractar aquells aspectes que per motius de temps no es tracten generalment en un projecte Industrial. Aquest últim punt es deu a treball desenvolupat a l'empresa ABB Sistemas Industriales S.A., més concretament al departament de Press Automation Systems.





2. Automatitzar o no?

Abans d'abordar un projecte com el present, cal plantejar-se les següents preguntes:

Es necessària l'automatització?

Quins processos es poden automatitzar?

Quins beneficis presenta l'automatització?

En aquest capítol es vol donar resposta a les preguntes anteriors des d'un punt de vista funcional, els aspectes econòmics i de disseny s'estudien més endavant un cop s'hagin definit les característiques del sistema a implantar.

2.1. És necessària l'automatització?

En un mercat com el de l'automoció cada cop més competitiu la reducció de costos i l'augment de la producció es presenta com un objectiu constant en totes les empreses del sector. L'automatització presenta uns costos elevats, és per tant necessari fer un balanç entre els beneficis i les despeses econòmiques que genera.

D'altra banda s'ha de garantir que aquesta reducció de costos no es vegi lligada a un descens de la qualitat del producte acabat. Un altre aspecte important és la seguretat dels treballadors, la normativa europea vigent és força estricta en aquest aspecte.

Així doncs, l'automatització d'una línia de premses té com a objectius els següents punts:

- Reducció de costos
- Augment de la producció
- Garantir la qualitat del producte acabat.
- Garantir la seguretat dels treballadors



2.2. Què es pot automatitzar?

En primer lloc, és interessant determinar els processos susceptibles de ser automatitzats en una línia de premses estàndard. El següent quadre mostra aquests processos:

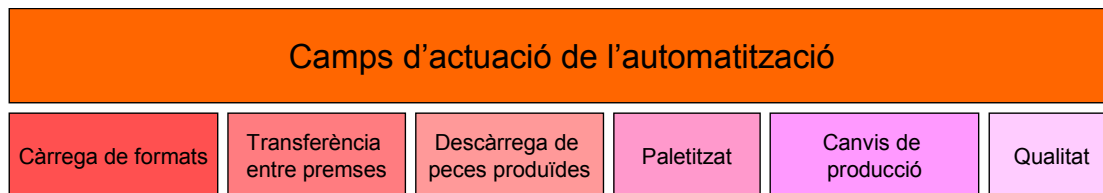


Fig. 2.1. Camps d'actuació de l'automatització

L'automatització d'una línia de premses pren com a base l'automatització de la transferència de peces entre premses. A partir d'aquest punt, la resta dels punts a automatitzar poden ser inclosos en etapes posteriors i millorar així la capacitat de producció de la línia.

Un anàlisi del funcionament de la línia permet determinar els punts on és important incidir. La funció d'una línia de premses és produir peces, de les quals es pugui obtenir un benefici econòmic. Per tant, cal intentar optimitzar la capacitat de producció de la línia.

2.3. Beneficis de l'automatització

Aquest apartat es vol centrar en els beneficis funcionals que implica l'automatització d'una línia estàndard. No cal oblidar, que en la decisió d'abordar una automatització d'aquestes característiques els criteris econòmics seran de gran importància. Els beneficis econòmics associats es presenten en el capítol 8, per tant s'analitzaran més endavant. Clarament, però, els beneficis econòmics estaran estretament lligats a l'increment de la producció.

El temps programat per a la producció no coincideix amb el temps efectiu de producció, cal tenir en compte les parades en la producció ocasionades per diversos motius com les avaries, les parades programades o el temps perdut en solucionar problemes de no-qualitat. La següent figura mostra un esquema de les pèrdues de temps en producció:



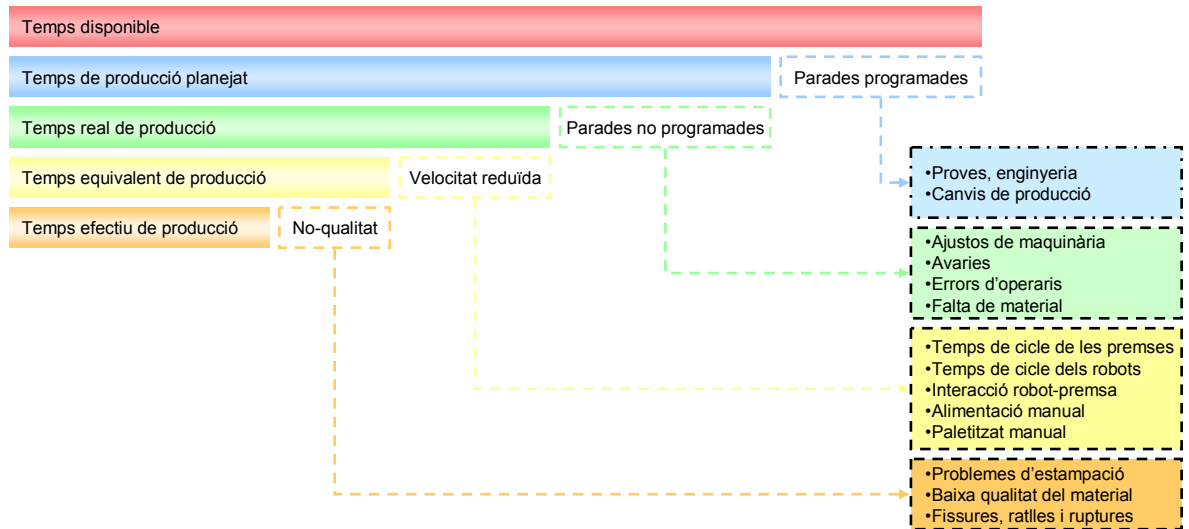
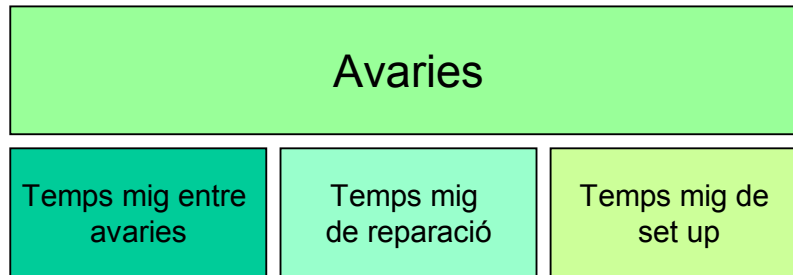


Fig. 2.2. Anàlisi del temps de producció

El **temps disponible** de la línia es veu afectat pel temps dedicat a les parades programades, entenent com a tals les proves d'enginyeria, millores del sistema, proves per a l'optimització de processos, temps dedicat a canvis de producció, temps de descans dels operaris, etc. En aquest cas, l'automatització pot afectar als temps de canvi de producció, reduint-los i fent més àgil i flexible aquest procés. D'altra banda, l'automatització pot evitar o bé minimitzar les parades de la línia degudes al temps de descans dels operaris o al temps de canvi de torn d'aquests. Per tant, l'automatització permet la reducció del temps destinat a parades programades i per tant pot proporcionar un augment del temps de producció planejat.

El **temps real de producció** s'obté a partir del temps de producció planejat menys el temps destinat a **parades no programades**. Aquestes parades no inclouen les avaries del sistema, els ajustos en la maquinària per un mal funcionament, els errors d'operaris i la falta de material, entre d'altres. L'automatització pot actuar sobre aspectes com el temps destinat a ajustos de maquinària, les avaries o els errors produïts per operaris, però no pot actuar sobre les parades produïdes per problemes logístics o de falta de material. Per a reduir els efectes provocats per les avaries cal maximitzar el temps entre avaries, minimitzar el temps de reparació d'aquestes i reduir el temps de set up, entès com a temps per a posar en marxa el sistema de nou. Per a reduir els efectes de les parades no programades cal basar-se en un sistema robust i flexible





[Fig. 2.3.](#) Paràmetres de les avaries

Pel que fa als errors dels operaris, l'automatització pot reduir-los, degut a que la interacció d'aquests amb el sistema es veu reduïda.

En tercer lloc, el **temps equivalent de producció** es refereix al temps de producció tenint en compte el temps de cicle de les premses o dels robots. L'automatització no pot actuar sobre el temps de cicle de les premses, ja que aquest depèn de les característiques mecàniques i del control de les mateixes. On sí pot actuar és sobre la interacció robot-premsa, per evitar la pèrdua de temps entre els processos de càrrega i descàrrega.

La càrrega i paletitzat manual limiten també la cadència de la línia, l'automatització d'aquest processos pot disminuir el temps de cicle i els possibles errors ocasionats pels operaris en aquests processos.

Finalment, és interessant analitzar si l'automatització afecta als problemes derivats de la no-qualitat, entenent aquests com els problemes derivats d'una mala estampació de la peça o els problemes derivats de la baixa qualitat del material, com fissures, ratlles o ruptures de la peça. L'automatització pot actuar sobre aquests problemes segons dues vessants diferents. Una, reduint l'aparició de defectes superficials i fissures per mitjà de l'aplicació d'oli sobre els formats a estampar per mitjà d'oleadores de formats que alleugin les tensions superficials, i l'altra, per mitjà de sistemes d'inspecció de qualitat basats en visió artificial que detectin l'aparició del defectes anteriorment esmentats.



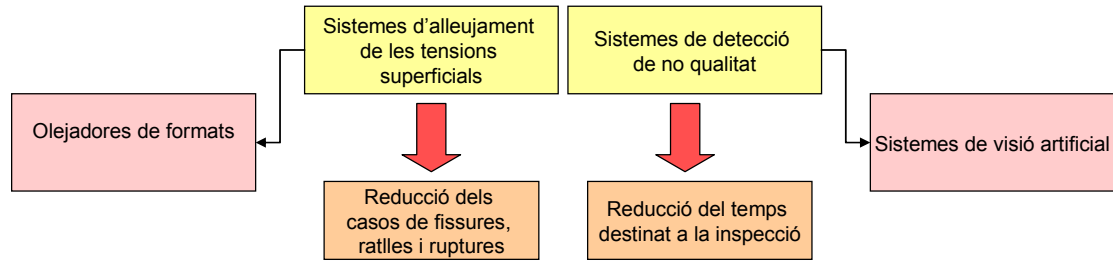


Fig. 2.4. Reducció del temps destinat a la no-qualitat

La reducció de temps no útil per a cada un dels processos anteriorment esmentats depèn del grau d'automatització aplicat així com del sistema implantat. De la mateixa manera cal esmentar que finalment la planificació i la forma de treball són claus per a obtenir la major capacitat possible de la línia. Com a exemple es pot mencionar el manteniment preventiu, un bon control logístic o un ús adequat de la maquinària component del sistema.

Finalment, la figura 2.5 mostra un resum dels punts anteriorment tractats pel que fa al temps de producció com a efecte de l'automatització:



Fig. 2.5. Quadre resum efectes de l'automatització

Parades programades	•Temps de proves, enginyeria	☐
	Temps canvis de producció	☑
Parades no programades	Temps d'ajustos	☑
	Temps d'averies	☑
	Errors d'operaris	☑
	Falta de material	☐
Velocitat reduïda	Temps de cicle premses	☐
	Temps de transferència	☑
	Alimentació	☑
	Paletitzat	☑
No-qualitat	Problemes d'estampació	☐
	Baixa qualitat del material	☑
	Baixa qualitat del material	☑



3. Descripció del procés a automatitzar

3.1. L'empresa

La línia objecte d'aquest estudi es troba a la planta que l'empresa EMTISA (*Estampaciones Metálicas y Transformados Industriales S.A.*) té a la localitat de Sant Andreu de la Barca (Barcelona).

EMTISA S.A. pertany al grup americà Tower Automotive [1]. Aquest grup té com a principal activitat el negoci de l'estampació de peces per a la indústria automobilística. Tower disposa de un elevat nombre de plantes d'estampació al món sencer.

Fundada l'any 1947, EMTISA S.A. és una companyia industrial especialitzada en l'estampació, embotició i la soldadura de components i peces metàl·liques. Disposa d'una superfície de 20.000 m², 11.000 dels quals estan edificats, una plantilla de més de 150 professionals i un parc de maquinària especialitzat. [2]

EMTISA està especialitzada en la provisió d'elements per a la fabricació de vehicles pesants, principalment travessers i bastidors, per autobusos i tot terrenys. Entre els seus principals clients compta amb NISSAN, Renault, Volvo Global Trucks, Mitsubishi, IVECO i Irisbus entre d'altres.



Fig. 3.1. Planta de EMTISA a Sant Andreu de la Barca (Barcelona)



3.1.1. Les Premses

La línia de premses de la que disposen a la planta de Sant Andreu de la Barca està equipada amb quatre premses mecàniques de gran tonatge. La distribució d'aquestes premses dins la línia es mostra al plànol adjunt *L01 Distribució de les premses*.

Premsa	Brand	Tonelatge	CPM
1	Blanking	800 / 500 T	24
2	Clearing	600 T	18
3	Clearing	600 T	18
4	Clearing	600 T	18

[Fig. 3.2.](#) Taula de característiques de les premses

CPM: cops per minut.

Nota: Les capacitats en cops per minut mostrades a les plaques de característiques de les premses són teòriques i no coincideixen amb el valor real. A l'apartat 3.3 *Temps de cicle* es mostra un diagrama del cicle de les premses més aproximat a la realitat, donant com a resultat un CPM de 13'123 per a les premses 2, 3 i 4. Aquesta diferència entre el valor real i el teòric es deu a l'antiguitat de les premses, prop de 40 anys i a una mala reforma mecànica.

- Premsa 1. La premsa 1, Blanking, produeix el formats que alimenten la línia. Aquests formats s'obtenen a partir de grans bobines d'acer de 12 Tn de pes aproximadament. En funció de la peça a produir varien les característiques de la bobina pel que fa a espessor del metall i amplada.

De les 4 premses aquesta és la més gran i la de major capacitat de producció.





Procés de desbobinat



Procés de tall

[Fig. 3.3.](#) Vistes dels diferents processos de la Premsa 1

- Premses 2, 3 i 4. Aquestes tres premses tenen les mateixes característiques. Daten de 1940 i per a la seva automatització han estat sotmeses a una completa reforma mecànica i elèctrica després d'haver estat inoperatives durant un període de prop de 3 anys.



[Fig. 3.4.](#) Vista general de les premses 2, 3 i 4



Matrius

Degut a les característiques de les peces a fabricar, la producció es du a terme en diferents processos de deformació, per això es disposa de diferents tipus de matrius. La disposició de les matrius varia segons el mode de funcionament que s'adopti. Generalment, i en el sentit del flux, els processos de conformat són els següents:

- Matriu 1. Realitza el procés de tall dels formats.
- Matrius 2 a 4 Realitzen operacions de punxonat, tall, embotició i plec.

Canvi de matrius

El canvi de matrius es realitza de forma manual pel frontal de les premses. El fet de dur aquest procés de forma manual implica uns temps de canvi de producció molt poc competitius, de fins a 5 hores.

3.1.2. Procés

El procés que es segueix en la fase de producció és el següent:

- Tall de formats
- Càrrega de la primera premsa
- Transferència interpremses
- Descàrrega de la última premsa
- Paletitzat

Tall de formats

L'alimentació de la línia es fa a partir de bobines d'acer. Aquestes bobines són carregades a una desbobinadora que alimenta la premsa 1. Les peces tallades són dipositades en contenidors per a disposar-les posteriorment en palets.

Càrrega de la primera premsa



Amb partir dels formats obtinguts de la premsa de *blanking* es carrega la primera premsa

Transferència entre premses (*interpremses*)

Un cop realitzada l'estampació, les peces han de ser transferides a la següent premsa per a continuar el seu procés de deformació.

Descàrrega de la última premsa

Quan la peça ha estat sotmesa a tots els processos de deformació, tall i plec i és totalment conformada s'extreu de la línia.

Paletitzat

Finalment, les peces obtingudes són dipositades en contenidors per al seu posterior paletitzat.

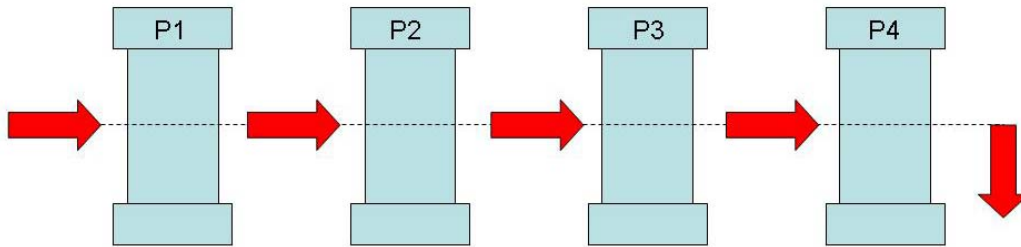
3.1.3. Modes de funcionament

Depenent del tipus de peça a produir, el mode de funcionament de la línia és diferent, degut als diferents processos a realitzar. En la línia a estudi es poden distingir un total de 3 modes de funcionament, dos en sentit invers (de la premsa 4 a la premsa 1) i un en sentit directe (de la premsa 1 a la premsa 4).

Mode 1. Sentit directe: Blanking + 3 fases

- Càrrega de la premsa 1
- Transferització entre les premses 2 a 4
- Descàrrega de la premsa 4
- Paletització





[Fig. 3.5.](#) Mode 1. Sentit directe

Mode 2. Sentit directe + sentit invers

En aquest mode es distingeixen dos processos productius simultanis. D'una banda la premsa 1 treballa com a blanking tallant formats. De l'altra banda, les premses 4, 3 i 2 treballen de forma independent produint peces. L'alimentació d'aquest segon procés es fa a partir de formats prèviament tallats a la premsa 1.

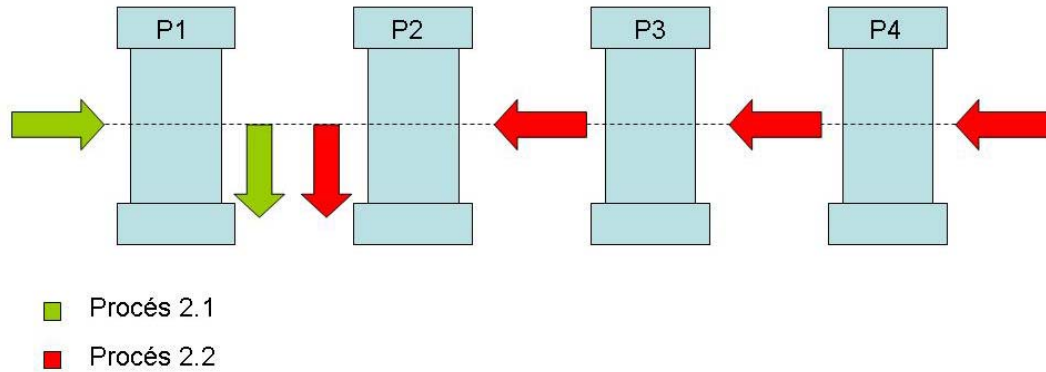
Procés 2.1

- Càrrega de la premsa 1
- Descàrrega de la premsa 1
- Paletització

Procés 2.2

- Càrrega de la premsa 4
- Transferització entre les premses 4 a 2
- Descàrrega de la premsa 2
- Paletització



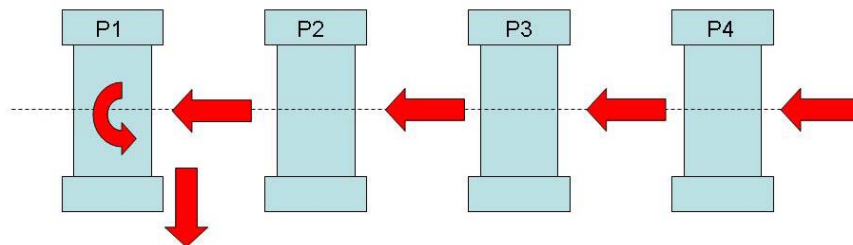


[Fig. 3.6.](#) Mode 3. Sentit directe + 4 fases

Mode 3. Sentit invers

Aquest mode de funcionament es caracteritza per l'existència d'un sol procés en sentit invers. El procés consisteix en una transferització entre les premses 4 i 1 i la descàrrega d'aquesta última.

- Càrrega de la premsa 4
- Transferització entre les premses 4 i 1
- Descàrrega de la premsa 1
- Paletització



[Fig. 3.7.](#) Mode 3. Sentit directe + 4 fases



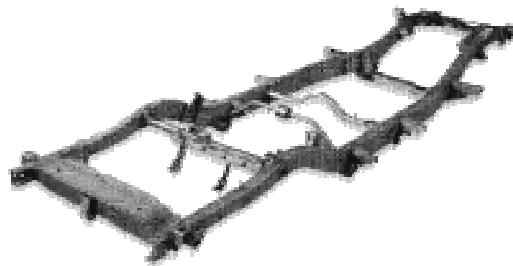
3.2. Descripció de les peces a fabricar

Pel disseny i dimensionat dels equips mecànics, així com pel disseny de la implantació, cal conèixer les característiques de les peces a fabricar, les dimensions i el material.

La línia objecte de l'estudi té com a missió la producció de components per a la fabricació de bastidors. Concretament per al bastidor de model Navara Pick Up que fabrica NISSAN a la planta de la Zona Franca de Barcelona. Aquest model es pot veure a la figura:



[Fig. 3.8.](#) [NISAN Navara Pick Up](#) [3]



[Fig. 3.9.](#) [Bastidor del NISSAN Navara Pick Up](#)

3.2.1. Dimensions



La següent figura dona una idea de les mides del bastidor. El bastidor serveix de suport a la carrosseria del cotxe. En el cas de tot terrenys i vehicles de gran format el bastidor s'apropa als 5 metres de longitud.

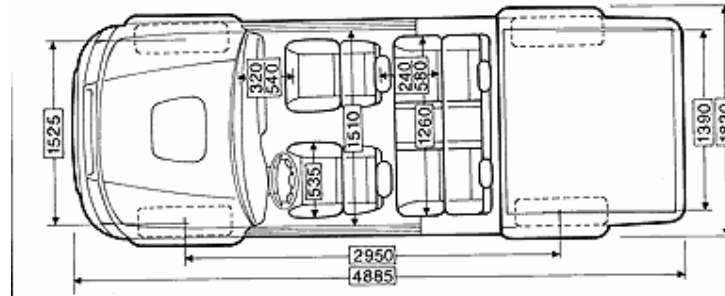


Fig. 3.10_ Dimiensions del NISSAN Navara Pick Up [1]

A la línia en qüestió, es realitzen 4 components dels bastidors. Tot i que en realitat són dos components i els seus simètrics.

El formats provenen de la premsa 1, on es dona una preforma a les xapes a partir de bobines d'acer.

3.2.2. Material

El material de les peces és un acer aleat amb fòsfor, especialment indicat per a l'enginyeria de l'automoció. A la taula 3.11 es mostren les principals característiques del material:

Nom	Nº de material	R_m [N/mm ²]	R_{eL} [N/mm ²]	A_{80} [%]	Camp d'aplicació
ZstE 260 P	10417	380...460	260...320	28	Bastidor de l'automòbil.

Taula. 3.1_ Característiques de l'acer utilitzat



On:

R_m : Resistència a ruptura

R_{eL} : Resistència a elongació

A_{80} : elongació màxima amb $L_0=80$ mm

3.2.3. Pes

El pes de les peces es mostra a continuació:

Peça 1	11.30 kg
Peça 2	11.30 kg
Peça 3	14.75 kg
Peça 4	14.75

Taula 3.2. Pes de les peces a produir

En els processos de deformació que pateixen els blanks, la pèrdua de material és mínima, pel que es considera que el pes per als blanks és constant durant tot el procés.

3.3. Temps de cicle

Una dada molt important és el temps de cicle, és a dir, el temps que triga una peça des de que es desapila fins que arriba al final de la línia. Aquesta dada està subordinada al nombre de cops per minut que fan les premses. La taula i la gràfica següents mostren l'especificació del temps de cicle per a les premses 2, 3 i 4.

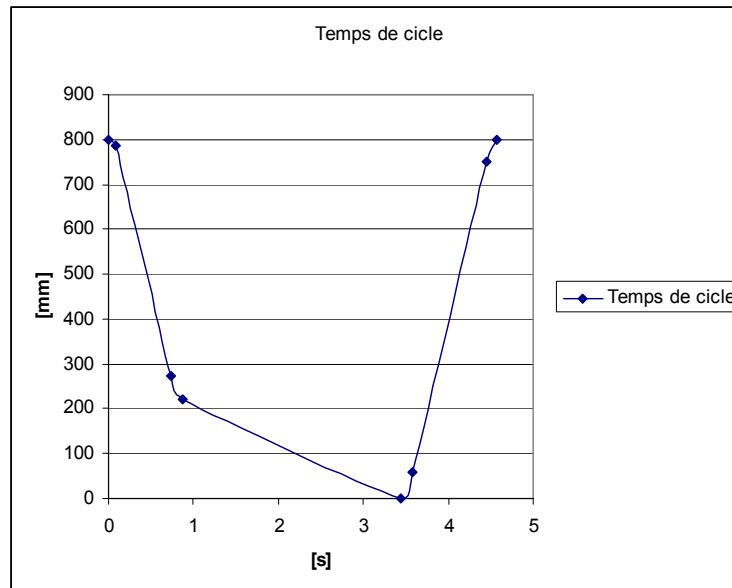


Cicle	Temps en el que la premsa comença [s]	Posició de la matriu [mm]
Inici	0	800
Acceleració de baixada	0.08	786.2
Velocitat de baixada	0.73	272.0
Frenada	0.87	222.0
Procés de deformació	3.44	0.0
Acceleració de pujada	3.58	58.6
Velocitat de pujada	4.45	752.0
Inici	4.57	800.0

Taula 3.3. Especificació del temps de cicle de les premses



Fig. 3.11. Gràfica del temps de cicle de les premses



Tal i com ja s'ha comentat a l'apartat 3.1.1 *Premses* el CPM de les premses 2, 3 i 4 és de 13.129 cops/minut. Per tant, la producció màxima que es podria assolir en funció de la capacitat de les premses és de 787 peces/hora. Aquesta capacitat de producció variarà en funció de la tecnologia adoptada per a l'automatització.

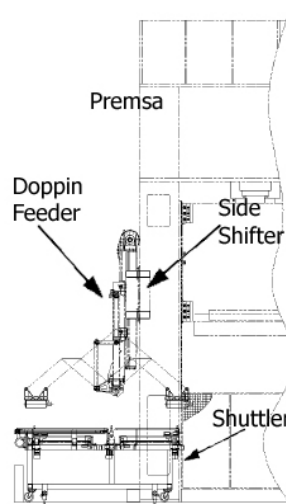


4. Alternatives a l'automatització

En aquest capítol s'estudien les diferents alternatives d'automatització, des d'una automatització parcial fins a una automatització a tots els nivells. Com a condició principal, sempre es tenen en compte els requeriments del client en quant a temps de cicle, distribució i tecnologia.

4.1. Automatització per mitjà de braços robotitzats

El primer dels elements a estudi és el Doppin Feeder o braç robotitzat. Els Doppin Feeder són robots amb 4 eixos paral·lels, treballant sobre un únic pla vertical, i formen part del sistema Doppin per a l'automatització de línies de premses. Han de treballar sempre de forma conjunta amb un Doppin Shuttler i un Doppin Side Shifter.



[Fig. 4.1.](#) Vista general de la disposició d'un braç robot de 3 eixos

Els Doppin Feeder s'utilitzen per a introduir i extreure peces de les premses. El Doppin és programable i pot adaptar-se fàcilment a la producció de diferents tipus de peces.

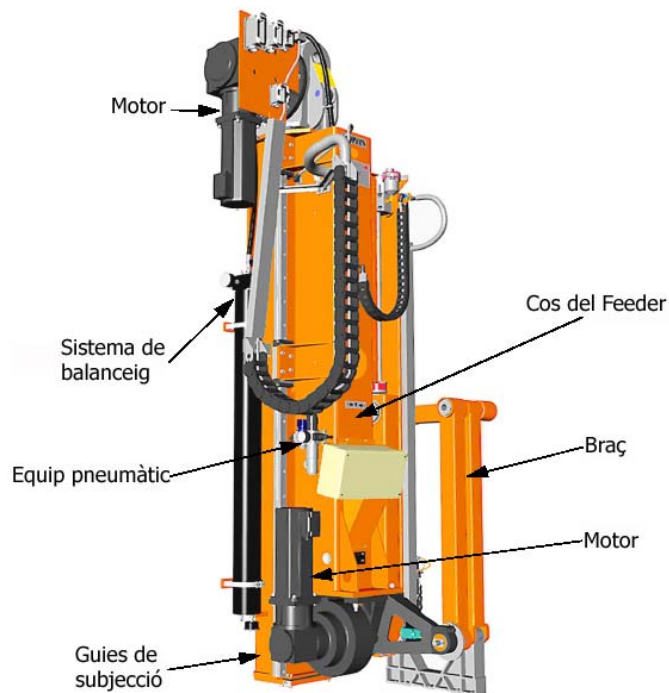


Els Doppin Feeder van ser desenvolupats per la companyia sueca Volvo, a través de la seva filial Olofstrom, actualment propietat d'ABB .

Es considera que al món hi ha prop de 600 línies treballant amb Doppin Feeder. Es dona el fet que en l'actualitat la majoria de les línies de premses que van optar pel sistema de Doppins en les dues dècades anteriors estan migrant cap a sistemes amb robots de 6 eixos, donat la major flexibilitat que aquests proporcionen.

4.1.1. Doppin Feeder. Descripció del sistema

En una línia de premses el Doppin Feeder pot ser utilitzat com carregador o descarregador. Quan treballa com carregador, agafa un *blank* d'una posició fixada anterior a la premsa i el diposita sobre la matriu, dins de la premsa. Quan funciona com descarregador, pren el *blank* de dins de la premsa i el diposita en una posició fixada posterior a la premsa.



[Fig. 4.2.](#) Parts d'un braç robot de 3 eixos



El Doppin Feeder consta principalment de les següents parts:

- Cos del Feeder. Està muntat sobre unes guies de subjecció fixades rígidament a la premsa. El cos del Doppin es troba fixat a unes guies que permeten el desplaçament vertical, per tal de poder ajustar l'alçada de treball del Feeder. (Figura 4.3)
- Braços. Els braços del Doppin són un quadrilàter articulat que proporcionen el moviment horitzontal. Al final del braç es disposa una fixació per a la subjecció de les eines de manipulació (*Tooling*). Més endavant es descriurà amb més detall el *tooling* per a la manipulació dels *blanks*. (Figura 4.3)

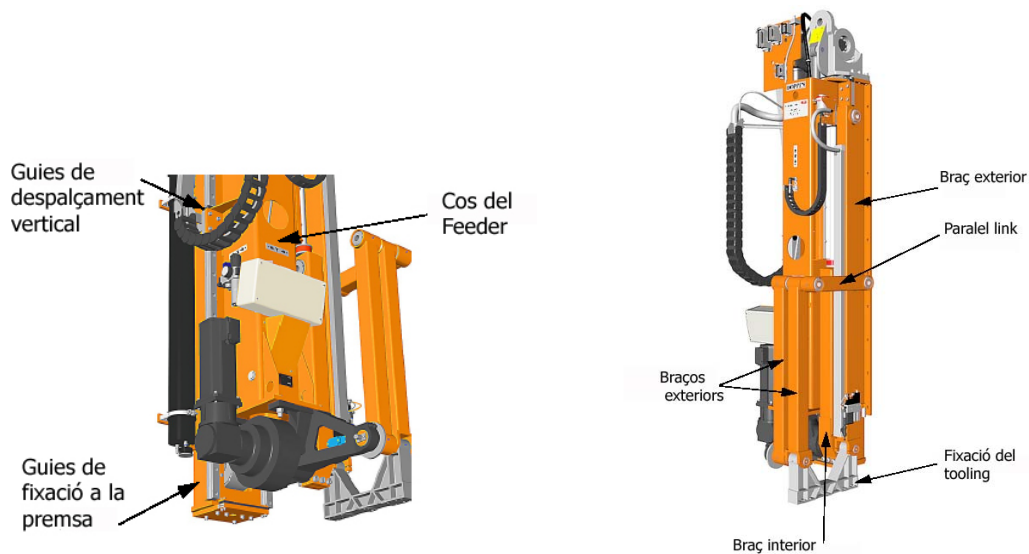


Fig. 4.3. Detall de les parts d'un braç robot de 3 eixos

- Sistema de balanceig. Té com a funció equilibrar el pes del cos i així reduir la càrrega excèntrica de l'eix vertical.
- Equip pneumàtic: Aquest equip subministra l'aire comprimit que s'utilitza per a agafar els formats per mitjà de ventoses de buit.
- Motor. El moviment vertical i horitzontal és generat per dos servo-motors idèntics guiats per caixes d'engranatges. El motor utilitza corrent alterna subministrada per un servo-



amplificador. El motor disposa de frens electromecànics i d'un resolver que proporciona la informació sobre la velocitat i la posició al sistema de control.

4.1.2. Elements auxiliars d'un braç robot de 3 eixos

Doppin Side Shifter

El Doppin Side Shifter està muntat sobre una estructura solidària a la premsa que consta d'unes guies que permeten el moviment lateral del sistema. Està dissenyat per a portar tot el sistema cap a una posició d'estacionament durant el canvi de producció.

El Doppin Side Shifter es compon bàsicament per un motor AC trifàsic amb una cadena porta cables i els sistemes de clapatge per muntar l'alimentador

Doppin Shuttler

El Doppin Shuttler forma part de l'equip auxiliar del Doppin Feeder. El Shuttler és un *conveyor* que realitza la transferència de peces entre premses. Un cop el Doppin ha extret la peça estampada de la premsa, la col·loca al shuttle, que a través d'unes guies, la porta a la següent posició d'agafada.

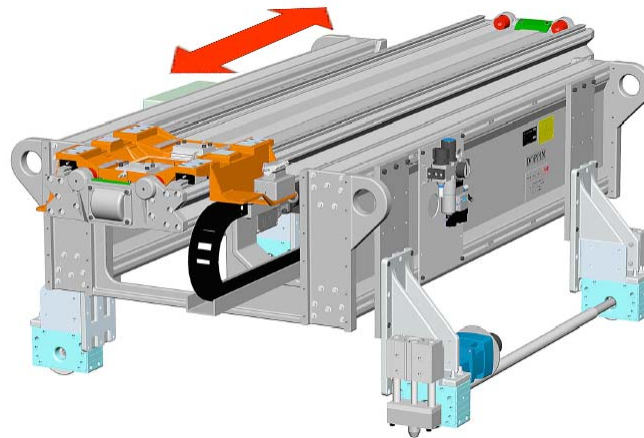


Fig. 4.4. Detall d'un Doppin Shuttler

El Doppin Shuttler consta de dues parts, una fixa i una mòbil. La part mòbil, el *Shuttle*, és la que permet la transferència de les peces. Aquesta part es mou sobre unes



guies en el sentit del flux de producció, per l'efecte d'un servo-motor AC i una transmissió per cadena.

4.1.3. Temps de cicle

El Doppin Feeder pot arribar a un màxim de 31 cicles/minut, depenent de la càrrega i les dimensions del *blank*. Per a calcular el temps de cicle orientatiu es disposa de la següent taula:

Càrrega (kg)/ dimensió màxima blank	100 mm	200 mm	300 mm	400 mm
30	24.3	21.2	19.0	17.1
60	22.7	20.0	17.9	16.3
90	19.9	18.2	16.4	15.0
120	17.7	15.9	14.5	13.5
150	15.6	13.9	12.8	12

Taula 4.1. Temps de cicle d'un Doppin Feeder

En el cas que ens ocupa, i tenint en compte les mides de les peces a produir, el temps de cicle pel sistema equipat amb Doppin Feeders s'aproximaria a 19 cops per minut. S'observa que aquest valor és superior al als cops per minut necessaris per assolir la producció demanada a les especificacions del client.

Dades:

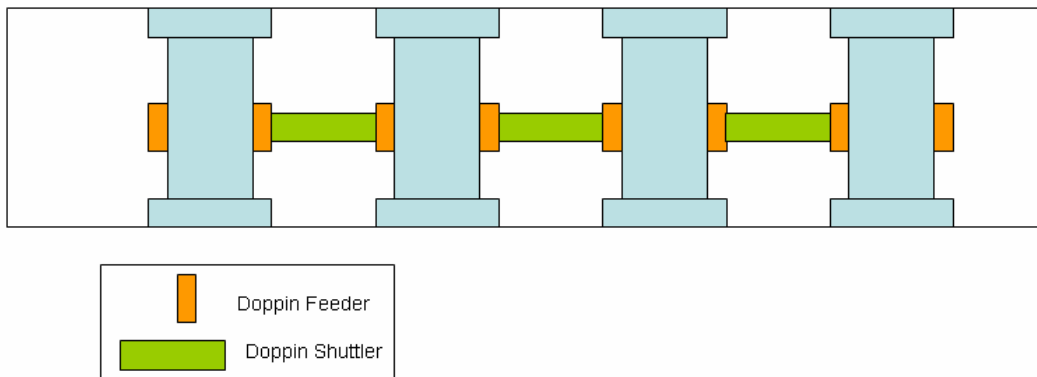
Longitud peça en el sentit de flux: 300 mm

11.30 < Pes < 14.75



4.1.4. Layout

El layout de la línia automatitzada per mitjà de Doppin Feeder consta de 8 Doppin Feeders i 3 Doppin Shuttler. Un layout aproximat es pot apreciar a la següent figura:



[Fig. 4.5.](#) Layout de la línia amb la instal·lació del sistema Doppin

4.2. Automatització per mitjà de robots de 6 eixos

Els robots de 6 eixos són els més utilitzats actualment en l'automatització de línies de premses. Al mercat es poden trobar diferents fabricants de robots, tots ells amb un producte molt similar en quant a característiques mecàniques i de control, per tant generalment la tria del robot a instal·lar es fa seguint criteris econòmics i de relacions comercials.

L'objectiu d'aquest apartat és citar breument les característiques dels robots utilitzats habitualment en l'automatització de línies de premses.

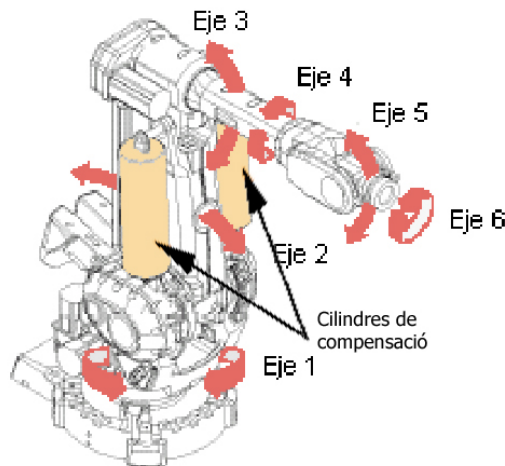


4.2.1. Descripció del sistema. Robots de 6 eixos

Els robots de sis eixos tenen sis graus de llibertat, la raó és que per posicionar un cos a l'espai es requereixen sis paràmetres; tres per a especificar la posició (x, y, z per exemple) i 3 per a determinar l'orientació (roll, yaw, pitch, per exemple).

Aquests tipus de robots són més flexibles que els Doppins anteriorment descrits, és a dir, s'adapten millor a diferents processos de producció. La majoria de robots de 6 eixos presenten unes característiques similars, de manera a continuació es descriuen de forma genèrica.

Característiques mecàniques

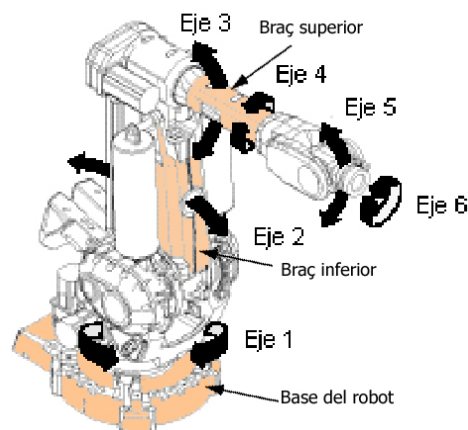


[Fig. 4.6.](#) Detall dels cilindres de compensació i dels eixos de rotació

- Eixos de rotació. A la figura anterior es mostren els 6 eixos independents de que disposa el robot. Aquests eixos són actuat per servo-motors AC independents amb frens electromecànics.



- Cilindres de compensació. A la Figura 4.7 es poden veure dos cilindres situats als laterals del robot. Aquests cilindres contenen molles “anti-gravetat”, que són bona part de les raons per les quals els robots de 6 eixos poden manipular càrregues tan grans.
- Base del robot. L'eix 1 es troba sobre la base del robot. Aquest és l'eix que ha de suportar inèrcies més grans, per tant és el més robust.
- Braços del robot. El robot disposa de dos braços, l'inferior, de longitud fixa i el superior, generalment de longitud variable amb el model de robot.
- Canell del robot. Els eixos 5 i 6 formen l'anomenat canell del robot. Al final d'aquest canell es disposa generalment un capçal per a fixar les eines que utilitzarà el robot (*Robot Attachment*).



[Fig. 4.7.](#) _Detall del robot de 6 eixos

4.2.2. Temps de cicle

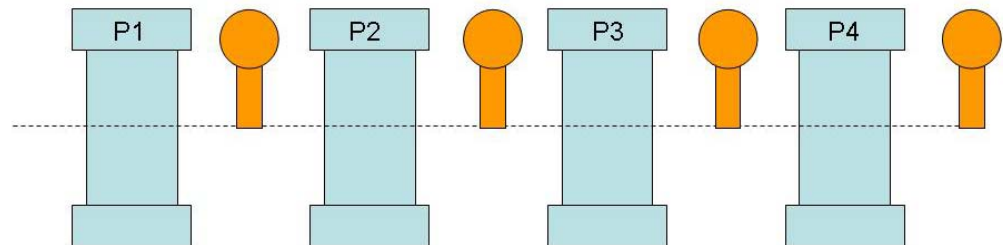
El temps cicle per a robots de 6 eixos depèn, com en el cas dels Doppin Feeders, de la càrrega i de la distància a recórrer pel canell del robot. Generalment, els fabricants donen un temps de cicle de 5 segons (12 cicles/min) com a una bona aproximació. A l'hora de triar el robot a instal·lar, serà important que el temps de cicle s'adeqüi als requeriments del client.



4.2.3. Layout

Abans d'analitzar els diferents robots del mercat i estudiar la seva implantació a la línia, cal realitzar un estudi previ de la distribució de la línia, per així poder determinar la longitud dels braços necessària o el tipus de suport pel robot.

El següent layout és orientatiu.



[Fig. 4.8.](#) Layout de la línia amb robots de 6 eixos

4.3. Manipulació dels formats

La manipulació dels formats per a la realització de la transferència inter-premses, l'apilat i el desapilat, ofereix un ampli ventall de possibilitats. Aquesta manipulació es realitza per mitjà de les eines que comprenen el *tooling* acoplades al canell del robot. Aquestes eines estan especialment dissenyades per a l'automatització de línies de premses. Una de les seves característiques principals és la modularitat, ja que el *tooling* és diferent per a cada tipus de format a manipular. Generalment aquestes eines són de metall lleuger, aleacions d'alumini, o bé, en alguns casos, de materials plàstics. En aplicacions similars a la present, el *tooling* agafa els formats per mitjà de ventoses de buit, això fa necessari també estudiar els generadors de buit i les característiques de les ventoses a utilitzar.



4.3.1. Tooling

Al mercat existeixen diversos fabricants de *tooling*, tots ells ofereixen un producte molt similar per a peces de mig format com les de la present aplicació. La Figura 4.9 mostra una estructura estàndard de tooling.

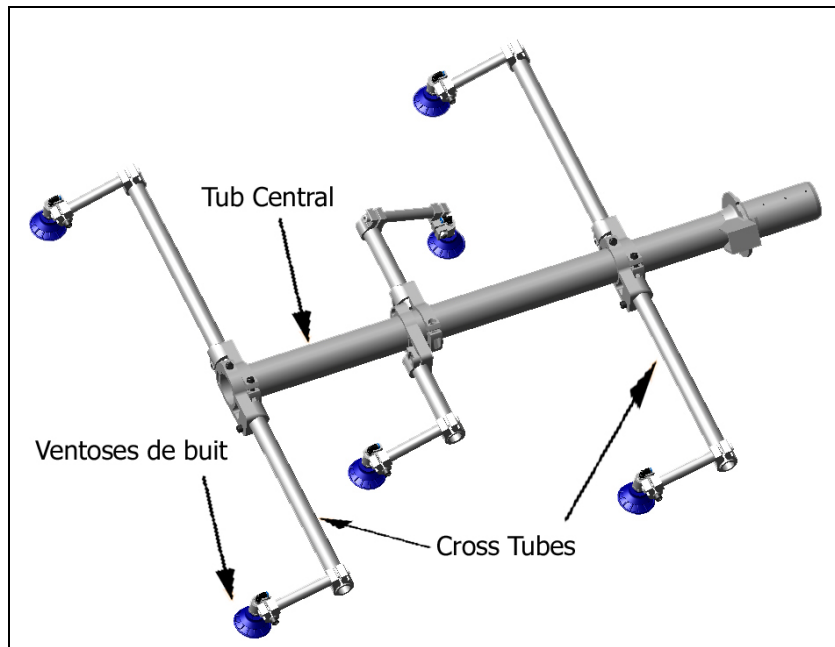


Fig. 4.9. Estructura estàndard de tooling

Cada fabricant disposa d'unes mides concretes pels diàmetres dels tubs d'alumini, així com unes peces de connexió per a realitzar la ramificació determinades. En aquest cas, donades les especificacions del client, el *tooling* que es considera és el de la marca ABB.



5. Solució adoptada

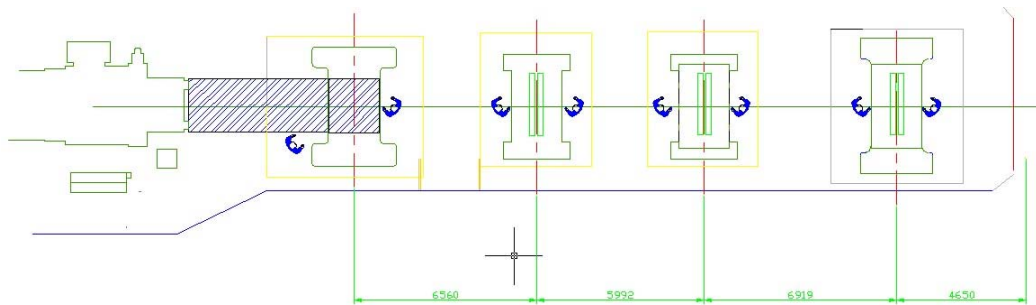
En aquest capítol es presenta la solució triada per a l'automatització del procés. *L'annex A. Elements mecànics* justifica i detalla aquesta tria, tant pel que fa als elements auxiliars de l'automatització com la distribució en planta dels robots.

Com a elements auxiliars a l'automatització s'entenen tots aquells elements mecànics que interaccionen amb els robots i sense els quals el procés productiu no seria possible, aquests elements són detallats i descrits a *L'annex A. Elements mecànics*.

El plànol *L02 Distribució elements mecànics i robots* mostra la distribució en planta dels robots, elements auxiliars i elements de seguretat (vallat).

5.1. Lay out de la línia

La següent figura mostra una vista en planta de línia a estudi abans de la implantació de l'automatització. En aquesta figura es poden apreciar les posicions dels operaris per a la realització de la càrrega i la descàrrega de les premses.



[Fig. 5.1.](#) Vista en planta de la línia



Igual que en apartats anteriors i amb l'objecte de facilitar la descripció de la línia, s'utilitzen les cèl·lules com unitat de treball.

En primer lloc s'avaluen les necessitats del client per a poder ajustar el disseny final.

5.2. Necessitats del client

El disseny mecànic del projecte s'ha d'adaptar a les necessitats imposades pel client, ja descrites al capítol 2, d'entre les quals cal tenir presents les següents restriccions:

- Modes de funcionament. L'adaptació de la línia als diferents modes de funcionament descrits al capítol 2 influeix directament en el disseny de les cèl·lules 1 i 4.
- Sistema de canvi automàtic d'eina (ATC). La implantació del sistema automàtic de canvi d'eina afecta a la disposició dels robots i del vallat de totes les cèl·lules.
- Centrat de formats per gravetat. Serà necessari considerar la limitació d'espai existent a la cèl·lula 4 per a poder dissenyar el sistema de centrat.
- Canvi de matrius. L'existència d'un sistema de canvi automàtic de matriu determinarà la posició dels robots així com la del vallat de seguretat.

Degut a la magnitud del projecte, el present capítol es centra en la descripció i la distribució en planta dels elements mecànics auxiliars i dels robots. Una descripció detallada de les característiques mecàniques del disseny i dels elements auxiliars de l'automatització es pot trobar a l'*Annex A Elements mecànics*.



5.3. Descripció de les cèl·lules

5.3.1. Cèl·lula 4

- Sentit directe. Descàrrega de la premsa 4 i càrrega de la cinta d'evacuació

Quan el mode de producció és en sentit directe, la cèl·lula 4 és la darrera. Per al treball en sentit directe, la cèl·lula disposa d'una cinta d'evacuació de peces. Un cop el robot descarrega la premsa 4, diposita la peça ja conformada sobre la cinta d'evacuació, que transporta la peça cap a l'exterior de la cèl·lula, on operaris la dipositen en contenidors per a l'emmagatzematge. Donat que la cinta ha de sortir fora de la cèl·lula, cal que el vallat disposi d'una part mòbil (gatera) que permeti tant la instal·lació de la cinta com la posterior evacuació de peces.

La següent figura mostra la distribució en planta de la cèl·lula, amb la cinta d'evacuació integrada.

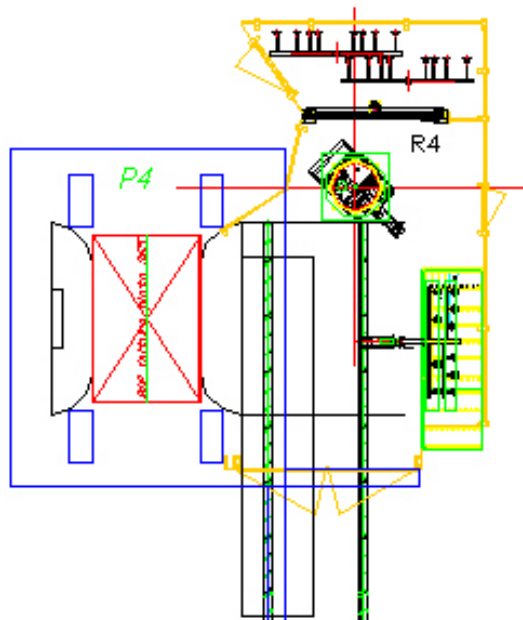


Fig. 5.2. Distribució en planta de la cèl·lula 4 treballant en sentit directe



- Sentit invers: Desapilat, centrat i càrrega de la premsa 4

Quan el mode de producció implica que la línia treballi en sentit invers, la cèl·lula 4 treballa com a capçalera. En aquesta situació cal dur a terme el desapilat dels formats, el centrat i la càrrega de la premsa 4.

Desapilat de formats

El desapilat es fa de forma manual. Els formats sense deformació prèvia es troben en palets disposats sobre dues taules de desapilat, per així evitar la parada de la línia quan una de les dues piles s'esgoti. Un operari anirà extraient els *blanks* d'una pila fins que aquesta s'esgoti, llavors començarà a obtenir els formats d'una altra pila.

Els *blanks* que es desapilen es dipositen, a través d'una obertura al vallat, a la taula centradora. El sistema tipus bústia permet la càrrega manual del sistema d'una forma segura pels operaris, d'altra manera, no es complirien les normes de seguretat i el robot no podria treballar de forma totalment automàtica

Centrat de formats

El centrat de formats es fa per mitjà d'una taula de centrat per gravetat, descrita amb més detall a l'annex mecànic. El centrat s'ha de fer per donar un punt de referència al robot perquè posicioni de forma correcta el format dins la matriu.

Càrrega de formats a la premsa

La càrrega de la premsa 4 es fa per mitjà del robot 4. Aquest, amb l'ajuda de les ventoses situades al *tool* agafa el format de la taula centradora i el diposita a una posició prefixada de la matriu.



- Sentit directe: Descàrrega i evacuació

Descàrrega

La descàrrega dels formats es fa amb el robot 4, un cop aquest ha rebut el permís de descàrrega de la premsa 4. Un cop s'ha efectuat la descàrrega i el robot ha col·locat la peça descarregada sobre la cinta d'evacuació, el robot se situa de nou en la posició d'espera de descàrrega fins que arribi un altre cop la senyal de descàrrega.

Evacuació

La cinta d'evacuació té com a missió treure les peces deformades de la cèl·lula, on un operari les reculli i les dipositi a contenidors d'emmagatzematge.

Finalment, a partir de les descripcions anteriors s'obtenen les següents restriccions disseny mecànic:

- Taula de centrat
- Zona de canvi automàtic d'eina (ATC)
- Reserva d'espai per a la utilització d'una cinta d'evacuació
- Adequació del vallat de seguretat als elements anteriorment citats
- La posició del robot ha de permetre l'entrada del carro porta-matrius

A continuació es mostra el diagrama de flux de les operacions que es duen a terme a la cèl·lula 4:



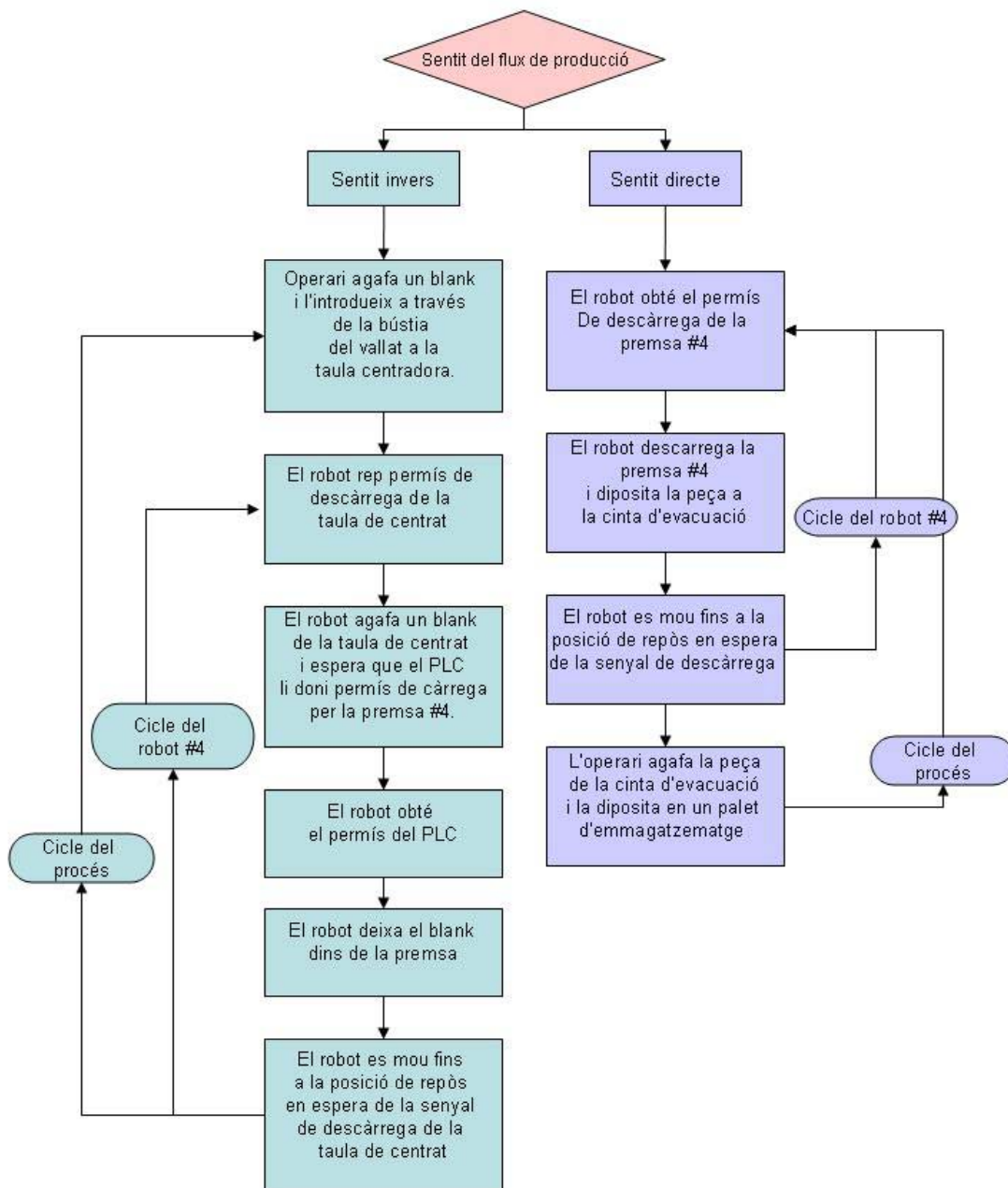


Fig. 5.3. Diagrama de flux de la cèl·lula 4

Nota: En el diagrama de flux de la cèl·lula 4 no es descriu el procés de càrrega de les taules de desapilat per a simplificar-lo. Aquest es realitza manualment per part dels operaris.



5.3.2. Cèl·lules 2 i 3. Descàrrega , transferència interpremses i càrrega

Donades les característiques del procés productiu, els elements instal·lats i els processos duts a terme a les cèl·lules 2 i 3 són idèntics. La única variació es troba en la distribució en planta dels elements, ja que la distància entre premses és diferent per a cada cèl·lula.

Els processos pel sentit directe i per l'invers són exactament els mateixos, invertint el sentit del flux, per tant només es fa una descripció del sentit directe, posant entre parèntesi comentaris pel sentit invers.

Un cop robot rep el permís de la premsa, va des de la posició de repòs a la posició de descàrrega. Descarrega la premsa N, fa la transferència interpremses i carrega la premsa N+1 (N-1 en sentit invers). {On N= 1,2}

El diagrama de flux en aquest cas és més senzill.



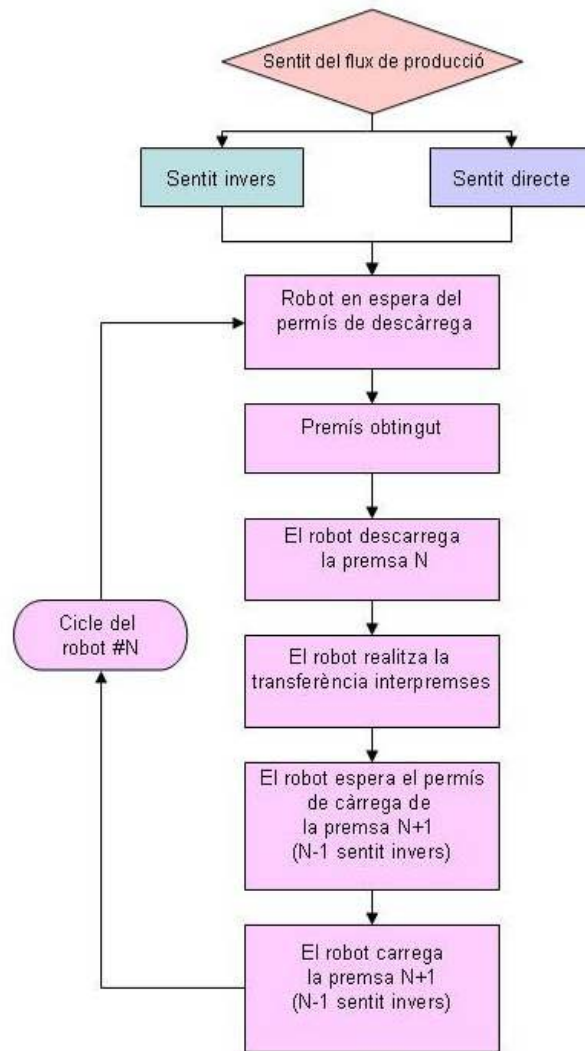


Fig. 5.4. Diagrama de flux de les cèl·lules interpremses 2 i 3



Per tant en aquest cas cal tenir en compte les següents restriccions de disseny:

- Zona de canvi automàtic de tool (ATC)
- Adequació del vallat de seguretat als elements anteriorment citats
- La posició del robot ha de permetre l'entrada del carro portamatrius

5.3.3. Cèl·lula 1

Depenent del sentit del flux de producció la cèl·lula #1 presenta diferents distribucions en planta.

- Mode 1

En aquest mode la línia treballa en sentit invers. Els blanks un cop descarregats de la premsa 2 es carreguen a la premsa 1. Degut a que a la cèl·lula 0 no s'ha considerat la instal·lació d'un robot descarregador, la descàrrega es fa per la cèl·lula 1 dipositant els blanks en una cinta d'evacuació.

Aquest mode és el més lent dels tres programats. La cèl·lula 1 funciona com a coll d'ampolla donat que no es disposa de robot descarregador a la cèl·lula 0.



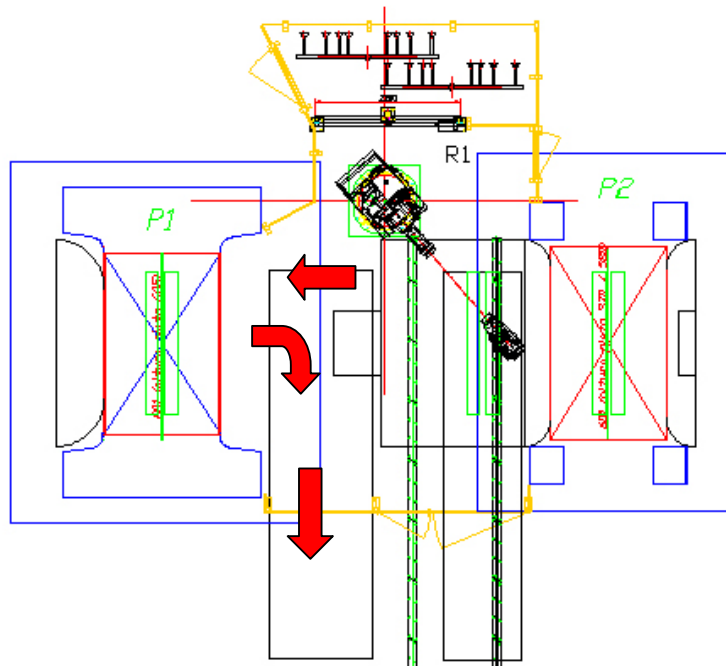


Fig. 5.5. Distribució en planta de la cèl·lula #1 treballant en el mode 1

- Mode 2

En aquest mode la línia també treballa en sentit invers. Els blanks es descarreguen de la premsa 2 i es dipositen en una cinta transportadora que els portarà a un contenidor on seran paletitzats.



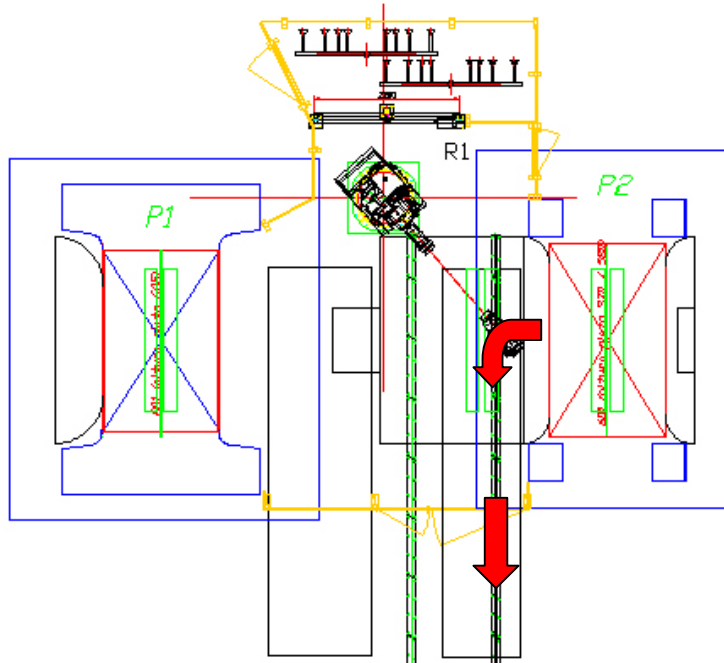
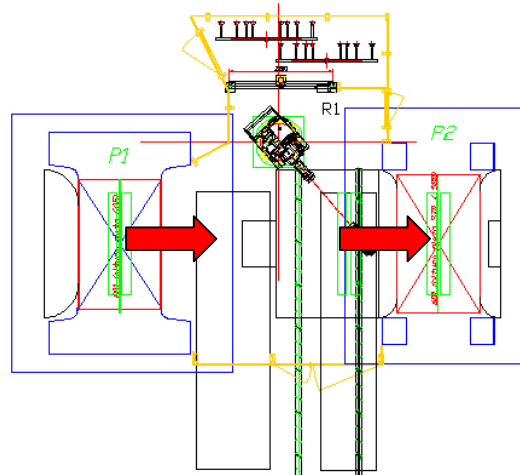


Fig. 5.6. Distribució en planta de la cèl·lula 1 treballant en el mode 2

- Mode 3:

En el mode 3 la línia funciona en sentit directe. La cèl·lula 1 treballa igual que un interpremses, fent la transferització dels blanks obtinguts de la premsa 1 i carregant la premsa 2.

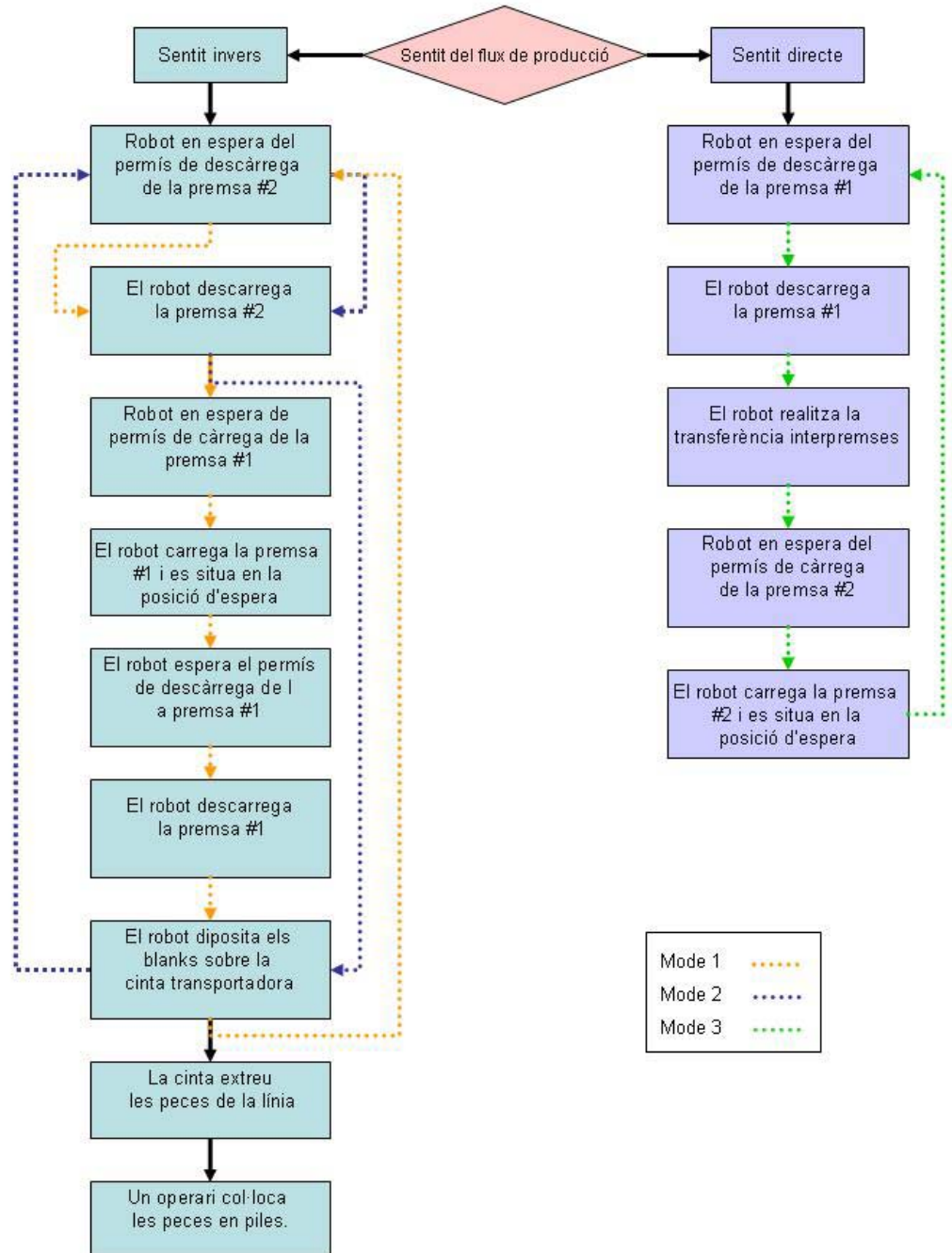




[Fig. 5.7.](#) Distribució en planta de la cèl·lula 1 treballant en el mode 3



Fig. 5.8. Diagrama de flux de la cèl·lula 1



Per a aquesta cèl·lula, els paràmetres de restricció pel disseny mecànic són:

- Disposició d'una zona de canvi de tool (ATC)
- Disposició d'espai per a la ubicació d'una cinta d'evacuació per a la premsa 2
- Disposició d'espai per a la ubicació d'una cinta d'evacuació per a la premsa 1
- Disseny del vallat de seguretat tenint en compte els elements anteriorment citats.
- Reserva d'espai per a l'entrada dels carros portamatrius.

A partir de les restriccions esmentades per a cada cèl·lula es realitza el plànol de la implantació, tal i com es pot comprovar a l'annex mecànic.

5.4. Temps de cycle assolible

El temps de cycle assolible es calcula de forma teòrica per a la càrrega i la descàrrega de la premsa 4, ja que treballant en sentit invers l'alimentació es realitza de forma manual.

El temps de cycle es pot calcular segons la següent equació:

$$T_{\text{cicle}} = t_{\text{Premsa}} + t_{\text{Carregador}} + t_{\text{Descarregador}} - t_{\text{solapament(Premsa- Carregador)}} - t_{\text{solapament(Descarregador-Premsa)}}$$

(Eq.5.1)

On:

t_{Premsa} = és el temps que triga la premsa en fer el procés de deformació

$t_{\text{Carregador}}$ = és el temps que triga el robot carregador des de que entra a la premsa fins que surt d'ella completament un cop ha carregat la peça.

$t_{\text{Descarregador}}$ = és el temps que triga el robot descarregador des de que entra a la premsa sense peça fins que surt completament d'ella una vegada ha descarregat la peça.



$t_{\text{solapament(Prensa- Carregador)}}$ = Avançament de la senyal del robot carregador a la premsa. Quan la premsa puja ja li dona el permís per a descarregar.

$t_{\text{solapament(Descarregador-Prensa)}}$ = Avançament de la senyal de la premsa al robot descarregador. Quan el robot està sortint dona la senyal de permís a la premsa per a que aquesta vagi baixant.

Excepte el temps de premsa, que és una dada del client, la resta de temps són dades basat en les proves del departament d'I+D de la divisió de premses d'ABB.

$$t_{\text{Prensa}} = 4.57 \text{ s}$$

$$t_{\text{Carregador}} = 1.65 \text{ s}$$

$$t_{\text{Descarregador}} = 1.50 \text{ s}$$

$$t_{\text{solapament(Prensa- Carregador)}} = 0.40 \text{ s}$$

$$t_{\text{solapament(Descarregador-Prensa)}} = 0.30 \text{ s}$$

És a dir, què aplicant l'equació 5.1 s'obté un temps de cicle és de:

$$T_{\text{cicle}} = 7.02 \text{ s/ peça} = 8.54 \text{ cops/min}$$





6. Estudi econòmic

L'objectiu principal de l'estudi econòmic és el de donar una justificació a la inversió que s'ha de fer per a l'automatització de la línia enfront de la situació actual, línia en manual.

Primer es fa una referència al grup ABB i als diferents mercats en els que actua. Una vegada definit el grup, es passa a l'elaboració del pressupost de la línia (en aquest apartat es fa referència als preus de venda, ja que degut a qüestions de confidencialitat, no ha estat permesa la mostra pública dels marges en funció dels preus de cost i de venda).

A continuació es procedeix a realitzar la justificació de la inversió en funció dels costos del personal que es reduiran amb l'automatització de la línia.

6.1. ABB Automation Technologies

ABB Automation Technologies és una de les divisions del grup empresarial d'origen suec ABB, amb presència en un gran nombre de sectors (Taula 6.1) . Aquesta divisió d'ABB disposa d'una plantilla de més de 63.000 professionals.

L'estudi realitzat a continuació es se centra en ABB Sistemas Industriales S.A., societat anònima pertanyent al grup responsable de respondre la demanda del mercat espanyol i mundial pel que fa al sector de l'automatització de línies de premses.

La seu central es troba a Sant Quirze del Vallès (Barcelona) comptant amb aproximadament 200 treballadors entre les oficines disponibles a Vigo, Valladolid, Madrid Bilbao, Vitòria, Saragossa i València.

Drives, Turbochargers & Motors



Low-Voltage Products & Instruments
Control Platform & Enterprise Solutions
Robotics, Automotive & Manufacturing
Petroleum, Life Sciences & Consumer
Paper, Metals, Minerals & Marine

Taula 6.1. Sectors amb presència d'ABB

6.1.1. Evolució del mercat

ABB Sistemas Industriales és una empresa relativament jove, al igual que el sector de la robòtica. La implantació del primer robot d'ABB Sistemas Industriales data del 1979. Des de llavors s'ha seguit una forta progressió en quant a nombre de robots instal·lats, fins arribar als 10.000 l'any 2004.

La implantació dels robots ha seguit la següent evolució històrica:



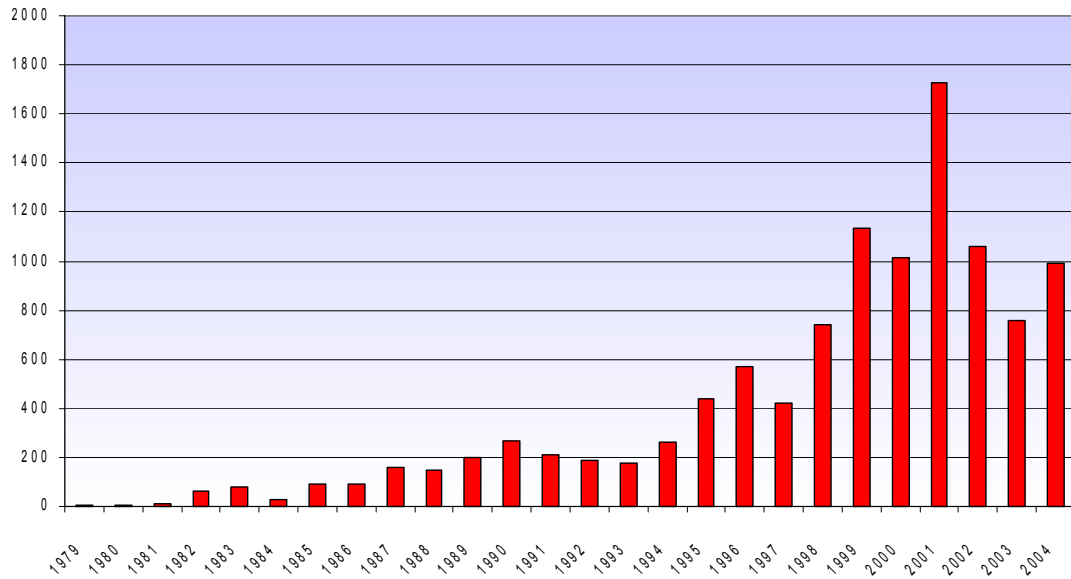


Fig. 6.1. Evolució de la implantació de robots

6.1.2. Aplicacions

A finals dels anys 60 i començament dels 70 van sorgir els primers prototips de braços poliarticulats, pensats per evitar que l'ésser humà participés el mínim possible en processos productius on les condicions de treball eren especialment dures.

A partir d'aquesta idea el robot ha anat substituint a l'home en tots aquells treballs que impliquen una alta repetibilitat i uns ambients de treball on sigui necessari suportar altes temperatures, ambients tòxics, etc...

Amb l'avenç tecnològic, els robots s'han convertit en una eina imprescindible en el sector industrial, ja que han permès augmentar notablement els beneficis directes i indirectes ja que poden treballar 24 hores al dia i garantint la seguretat de les persones.

Es poden identificar 5 grans àrees d'implantació de robots industrials:



- Soldadura per punts i per arc
- Injecció i fundició
- Premses i manipulació
- Pintura

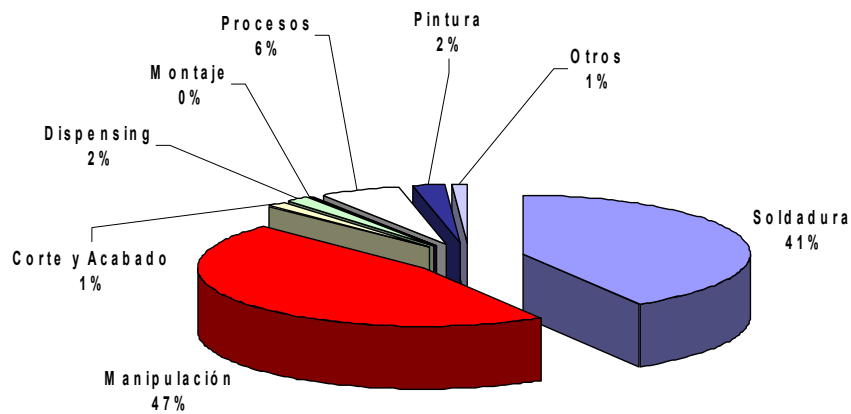


Fig. 6.2. Àrees d'implantació de robots industrials

6.1.3. Clients principals

Es pot considerar que la indústria de l'automòbil, ja sigui directament els propis fabricants o indirectament els proveïdors del sector de l'automoció com els principals clients d'ABB Sistemas Industriales S.A.



6.2. Proposta econòmica

A continuació es detallen els materials inclosos en el pressupost per a l'automatització de la línia de premses a estudi. Degut a la política de confidencialitat d'ABB, no es realitza un estudi detallat dels costos, preus de venda unitaris ni marges de venda. No obstant s'ofereix el preu final de l'implantació del sistema.

Preu de venda466,175.00 Eur

L'*Annex B. Estudi econòmic* detalla el llistat d'elements i serveis sumministrats, així com també una divisió del pressupost per partides.

6.3. Anàlisi de la rendibilitat de la inversió

Un cop justificat el preu del projecte, es vol analitzar la rendibilitat d'aquest per a EMTISA S.A. en termes econòmics i de producció, car que aquests dos van estretament lligats.

En primer lloc es fa una comparativa entre la producció de la línia treballant de forma automàtica i treballant en forma manual. Els beneficis econòmics que s'obtindran es podran determinar de forma percentual, ja que no es coneixen els marges de negoci per peça produïda.

El segon punt a estudi estarà relacionat amb el cost econòmic per a EMTISA S.A. que suposa el canvi de producció manual a producció automàtica i el temps que es trigarà en recuperar la inversió realitzada.

6.3.1. Comparativa Producció manual vs. Producció automàtica



Per a calcular l'increment en la producció cal fixar-se en la cadència del sistema abans de l'automatització i en la posterior a la automatització. La cadència en funcionament manual és de 3.5 cops per minut, mentre que en funcionament automàtic aquesta és típicament de 8.5 cops per minut.

Dies laborables	
Concepte	Dies
dies any	356
festes laborals	11
dies cap de setmana	104
vacances	15
total dies laborables/any	226

Producció		
	cpm	producció anual (peces)
producció manual	3,50	1.139.040,00
producció automàtica	8,50	2.766.240,00

Increment de la producció	1.627.200,00
% Increment producció	142,86%

Taula 6.2. Increment de la producció

El pas de 3.5 cops per minut a 8.5 implica un augment de 1.627.200 peces a l'any o el que és el mateix, un increment de la producció del 142.86%.

6.3.2. Comparativa 2. Cost mantenció línia automàtica vs. línia manual

Donat que no es disposen de dades per a quantificar l'increment de despeses en termes de potència lligat a la instal·lació dels robots, es compararà la despesa que suposen els operaris encarregats del comandament de la línia en els dos escenaris de producció: manual i automàtica.



- Producció manual

En el procés de càrrega i descàrrega de les premses de la línia sense automatitzar hi intervenen un total de 6 operaris. Entre aquests no es compten els operaris destinats al control de qualitat ni els encarregats de la paletització, ja que aquest procés seguirà sent manual després de l'automatització considerada al projecte. Donat que hi ha 3 torns, de 8 hores cada un, al dia hi treballen a la línia 18 operaris.

El sou mig brut d'un operari es valora en $P=1200$ Eur/mes, d'aquest valor l'operari percep un 85% aproximadament, després de tenir en compte les deduccions fiscals. Es costos per a EMTISA es consideren com un 40% més que el que rep l'operari, per tant $P'=1680$ Eur/mes.

Per a la línia en producció manual la despesa anual, tenint en compte 18 operaris al dia, 6 a cada un dels 3 torns, es calcula:

$$P' = (1 + 0.4) \cdot P \quad (\text{Ec.6.1})$$

$$3 \text{ torns} \cdot \frac{6 \text{ operaris}}{1 \text{ torn}} \cdot \frac{P \text{ Eur}}{1 \text{ operari}} = 18 \cdot P' \frac{\text{Eur}}{\text{any}} \quad (\text{Ec.6.2})$$

I per tant, aquesta despesa serà de **423.360,00 Eur/any**, tal i com es mostra a la següent taula.



Producció manual	
Concepte	Quantitat
operaris/torn	6
nº torns	3
total operaris	18

Concepte	Eur
sou brut operari (mensual)	1.200,00 €
despesa empresa (mensual)	1.680,00 €
pagues anuals	14
despesa anual/operari	23.520,00 €
despesa total anual	423.360,00 €

Taula 6.3. Despeses anuals amb producció manual

- Producció automàtica

En el procés de càrrega i descàrrega de les premses de la línia automatitzada no hi intervindrà cap operari directament, no obstant serà necessari un operari per a carregar taula de centrat i els operaris destinats al control de qualitat i els encarregats de la paletització, ja que aquest procés seguirà sent manual. Donat que hi ha 3 torns, de 8 hores cada un, al dia hi treballaran a la línia 3 operaris.

Procedint de forma idèntica que pel càlcul de la despesa de la línia treballant en automàtic i utilitzant de nou les equacions Ec. 6.1 i Ec. 6.2:

$$P' = (1 + 0.4) \cdot P \quad (\text{Ec.6.1})$$

$$3 \text{ torns} \cdot \frac{1 \text{ operari}}{1 \text{ torn}} \cdot \frac{P \text{ Eur}}{1 \text{ operari}} = 3 \cdot P' \frac{\text{Eur}}{\text{any}} \quad (\text{Ec.6.3})$$



I per tant, aquesta despesa serà de **70.560.00 Eur/any**, tal i com es mostra a la següent taula.

Producció automàtica	
Concepte	Quantitat
operaris/torn	1
nº torns	3
total operaris	3

Concepte	Eur
sou brut operari (mensual)	1.200,00 €
despesa empresa (mensual)	1.680,00 €
pagues anuals	14
despesa anual/operari	23.520,00 €
despesa total anual	70.560,00 €

Taula 6.4. Despeses anuals amb producció automàtica

L'automatització de la línia implica un estalvi directe de **352.800,00 Eur/any**, o el que és el mateix, una disminució de la despesa del **83,3%**.

6.3.3. Període de retorn de la inversió

El període de retorn per a la inversió es calcula en base a l'estalvi econòmic en concepte de personal. Per a fer aquest càlcul no es té en compte l'increment de benefici lligat a l'augment de producció, ja que no es tenen dades dels marges que s'obtenen per cada peça produïda. En el cas de disposar d'ells el període de retorn seria menor al calculat a la



següent taula, 17 mesos, i segurament s'aproximaria al valor típic per a un projecte com el considerat, 12 mesos.

Període de retorn	
Concepte	Quantitat
Inversió inicial	466.175,00 €
Tipus d'interès anual	4,00%
Tipus d'interès anual	0,33%
Estalvi anual	352.800,00 €
Estalvi mensual	29.400,00 €
Període de retorn	17 mesos

Taula 6.5. Període de retorn de la inversió



7. Seguretat general

L'usuari d'un sistema automàtic té la responsabilitat última de la seguretat del personal que opera amb aquest. Els mètodes de seguretat són dissenyats tenint en compte el nivell de perill i el risc que comporta la instal·lació. Aquests mètodes inclouen totes les precaucions descrites als apartats següents i totes les mesures de seguretat addicionals que requereixi la instal·lació.

El robot ha de ser operat amb les mateixes precaucions que qualsevol altra màquina industrial. Encara que els robots industrials estan dissenyats per a obtenir la màxima seguretat, cap màquina és absolutament segura.

Les normes de seguretat que s'han aplicat i que són generals per a la indústria es recullen a:

- UNE-EN 292-2/A1 Seguretat de les màquines
- UNE-EN 775 Seguretat dels robots manipuladors industrials
- UNE-EN 292-1 Seguretat de les màquines
- UNE-EN 292-2 Seguretat de les màquines
- UNE EN 60204-1 Equip elèctric de les màquines
- UNE EN 50081-2 Compatibilitat electromagnètica. Norma genèrica d'emissió
- UNE EN 50082-2 Compatibilitat electromagnètica. Norma genèrica d'immunitat.



7.1. Estàndards de seguretat

Sempre que es treballi amb sistemes automàtics s'han de seguir els següents estàndards en normes de seguretat:

- Mantenir l'àrea de treball neta en tot moment.
- Els bloquejos de seguretat de les entrades al recinte, de dispositius de protecció, de cortines de llum i altres dispositius de seguretat han d'estar sempre en condicions operatives. No s'ha de treballar mai amb equips que no tinguin dispositius de protecció o amb circuits de protecció no operatius.
- És important conèixer la ubicació dels botons de parada d'emergència i dels interruptors d'activació ON/OFF per a poder a poder utilitzar-los en cas d'urgència.
- Cal assegurar que totes les persones responsables del funcionament del sistema automàtic tinguin un coneixement absolut de tots els mètodes i pràctiques de seguretat.
- Cal mantenir els accessos d'entrada a la màquina tancats i amb la màxima seguretat mentre es treballa amb ella.
- Cal tenir en compte que sempre existeix un factor de risc quan es treballa a prop d'una màquina industrial amb moviment. Aquesta exerceix una força considerable encara que treballi a velocitats limitades.
- Cal ser conscient que quan el robot es troba en el mode EXECUTAR, la màquina pot començar a moure's inesperadament en qualsevol moment sense avisar. El programa conté moltes ordres que controlen el moviment de la màquina.. Per exemple, una pausa o un moviment lent pot ser seguit d'una acceleració ràpida i sobtada fins a aconseguir un moviment d'alta velocitat. Les senyals procedents de l'equip perifèric poden afectar també a la seqüència d'ordres enviades a la màquina. Un moviment repetitiu pot variar sobtadament sense avisar.
- Cal evitar treballar sol dins l'àrea de treball de la màquina quan el sistema es trobi en mode MANUAL. Una persona haurà de restar fora de l'àrea de treball amb la única responsabilitat d'activar el botó de PARADA D'EMERGÈNCIA en el cas que sobrevingui alguna situació perillosa.



- Cal assegurar-se que tota la zona de treball estigui preparada per a funcionar de manera segura abans de posar en marxa el sistema automàtic. Cal notificar al supervisor o al personal de manteniment qualsevol irregularitat que sigui detectada.

Si es treballa dins l'àrea de treball de la màquina cal tenir en compte:

- Cal assegurar –se que el sistema automàtic estigui en mode MOTORS OFF
- Cal seleccionar el mode de treball manual de la màquina.
- Cal dur sempre la roba i l'equip adequat que exigeix la normativa en quant a seguretat.
- Per norma general, no s'han de dur a prop del robot robes massa amples o que facin bosses, ni elements tals com corbates, bufandes o braçalets.

7.2. Seguretat durant el manteniment

Quan es faci el manteniment en robots industrials s'han de tenir en compte, a més de les anteriorment mencionades, de les següents normes:

- Comprovar que totes les persones que es troben a l'àrea de treball estiguin completament familiaritzades amb les característiques de funcionament de la màquina i amb els seus perills potencials.
- Quan s'estigui treballant en el controlador de la màquina o mentre aquesta es trobi en mode AUTOMÀTIC cal assegurar que ningú es trobi a l'àrea d'influència del robot.
- Cal desconnectar sempre que sigui necessari la xarxa principal i bloquejar la caixa de distribució abans d'iniciar qualsevol operació amb la màquina.
- Cal tenir sempre preparada una ruta d'escapada en cas d'emergència.
- Cal no intentar aturar o fer alentir la màquina amb cap part del cos ni amb cap dispositiu improvisat.
- La sortida o pèrdua d'aire pot donar com a resultat el desplaçament d'alguns mecanismes. En aquest cas, es deuen prendre les precaucions necessàries per a evitar qualsevol mal a l'equip o a les persones.



7.3. Seguretat durant la programació

Quan es programi la màquina s'hauran de tenir en compte les normes de seguretat anterior, a més de les següents:

- El sistema automàtic ha d'estar sota control exclusiu del programador.
- Només el programador tindrà accés a l'entorn de treball restringit.
- El desplaçament de l'equip a l'entorn de treball haurà de realitzar-se sota el control exclusiu del programador.
- La màquina haurà de ser operada sempre a baixa velocitat, excepte quan es necessiti una velocitat superior per a la verificació del programa.
- El programador ha d'estar sempre fora de l'entorn de treball restringit abans d'iniciar el mode de funcionament automàtic.



8. Fases del Projecte

El desenvolupament del projecte ha passat per diferents fases, des de la primera fase d'estudis previs per a la realització de les ofertes tècnica i comercial, fins a la darrera fase de posada en marxa i producció. A continuació es detallen aquestes fases.

8.1. Pre-projecte

Aquesta fase comprèn la realització dels primers estudis de viabilitat per a la realització de l'automatització a partir d'una petició d'estudi d'EMTISA. En aquesta fase no es va entrar en detall als estudis.

L'objectiu d'aquesta fase és aconseguir una visió orientativa, però el més acurada possible dels costos i temps necessaris per a dur a terme la instal·lació.

8.2. Oferta

A partir dels estudis previs realitzats en aquesta fase es podrà realitzar una oferta tècnica i comercial el més ajustada possible. Aquesta fase implica la determinació dels possibles costos implicats en el desenvolupament del projecte, la realització d'un primer planning i la comprovació de la disponibilitat de recursos per a dur a terme el projecte.

8.3. Disseny

Un cop el projecte ha estat acceptat i s'ha arribat a un compromís de realització, cal afinar el disseny del sistema proposat a la oferta tècnica, tenint en compte els costos associats i el pressupost disponible. A partir d'aquests disseny es passarà a la fase de



fabricació dels elements necessaris i a l'aprovisionament dels materials. Aquesta fase inclou els següents aspectes:

- Disseny mecànic. Cal detallar el disseny dels elements mecànics a instal·lar (bancades, guillotines, pedestals, cintes, vallat, etc).
- Disseny elèctric. Determinar els esquemes elèctrics i els elements que seran necessaris per al correcte funcionament del sistema
- Disseny pneumàtic. Cal determinar les necessitats en quant a subministrament d'aire i el sistema a utilitzar.
- Disseny del sistema de seguretat i control. Preparació dels programes de PLC de seguretat i control.

8.4. Fabricació i aprovisionament

Aquesta fase implica la subcontractació de la fabricació dels elements mecànics (bancades, pedestals, vallat, etc) i elèctrics (armaris elèctrics, etc) a proveïdors especialitzats a partir dels dissenys realitzats.

8.5. Instal·lació

Un cop es disposen de tots els materials i recursos humans es pot començar la instal·lació a la planta. La instal·lació es va dividir en les següents fases:

- Instal·lació mecànica. Instal·lació dels elements mecànics involucrats en el sistema. Aquesta fase es va iniciar amb la instal·lació de les bancades i dels robots. Tot seguit es va instal·lar el vallat, els elements de seguretat i els elements involucrats en el canvi automàtic de *tooling*. Finalment es van instal·lar les cintes d'evacuació i la taula de centratge.



- Instal·lació elèctrica. Gairebé al final de la instal·lació mecànica es va començar amb la instal·lació elèctrica. Aquesta comprèn el cablejat dels elements de seguretat i control i de la resta d'elements involucrats al procés productiu com robots, taules de desapilat o cintes d'evacuació.
- Instal·lació pneumàtica. La instal·lació pneumàtica es va dur a terme en paral·lel a la mecànica.
- Programació del sistema de seguretat i control. Aquesta part de la instal·lació comprèn la programació dels mòduls de seguretat i control, així com el testejat de les senyals i el disseny dels panells d'operador.
- Programació dels robots. Finalment es van programar els robots per a 4 referències diferents.

8.6. Posada en marxa i producció

Aquesta última fase va comprendre les proves de seguretat de la línia, les primeres proves de producció i l'arrencada definitiva.

8.7. Garantia i suport tècnic

A partir de l'acceptació de la instal·lació s'inicia un període de garantia durant 1 any, en el qual es dona suport tècnic als possible problemes derivats de la instal·lació realitzada.



9. Impacte ambiental

A continuació es fa referència als possibles factors d'impacte ambiental que pot donar una línia de premses com l'estudiada en el present projecte.

Una de les causes d'impacte ambiental directa és l'oli utilitzat per als circuits hidràulics dels diferents equips utilitzats (robots i premses principalment).

Els olis utilitzats no han de llançar-se ja que són molt contaminants, la recollida d'olis residuals en l'empresa es realitza en uns bidons de capacitat de 200 litres, i acte seguit es porta a les plantes de reciclatge d'oli o es poden refinar indefinidament.

Els olis obtinguts en el procés de reciclatge tenen unes característiques molt similars a les dels olis "nous" i, han de seguir les normatives europees com la ACEA's 98 dels Constructors Europeus d'Automòbils.[4]

D'altra banda també cal considerar el reciclatge del material de rebuig que ocasiona el procés de conformat de les peces fabricades. En aquest cas, i tenint en compte la gran quantitat de metall de rebuig que es genera diàriament, el metall sobrant és recollit en contenidors que es porten a l'empresa subministradora de les bobines d'acer per a reciclar-lo. D'aquest reciclatge se n'obté un petit benefici econòmic.





10. Conclusions

L'automatització de processos industrials en general per mitjà de robots de 6 eixos presenta una grans avantatges pel que fa a aspectes productius. Es redueixen les parades no programades degut a la major fiabilitat del sistema, es redueix el temps de cicle i els efectes de la no qualitat. Aquests tres fets permeten un augment de la producció, que finalment és un dels objectius principals.

La flexibilitat d'un sistema robotitzat també és un punt a considerar. Amb la instal·lació de robots de 6 eixos es pot treballar amb una gran varietat de formats i realitzar un gran nombre d'operacions diferents només mitjançant la re-programació de les trajectòries.

D'altra banda, pensant en aspectes de seguretat, l'automatització obliga a dotar la línia robotitzada amb un conjunt de mides que eviten possibles accidents en la zona de treball. Donades les altes velocitats i inèrcies dels robots aquests estan envoltats per un vallat tancat mentre treballa de forma automàtica, de manera que un operari no pugui entrar al recinte ni estar en contacte amb la premsa.

Finalment cal citar que l'automatització, un cop passat el període d'amortització, permet una important reducció de costos, lligats principalment a la reducció de personal necessari per a les operacions de producció.

A nivell formatiu, el present projecte ha estat interessant per a conèixer més profundament les tecnologies existents en el sector de l'automatització. El fet d'haver treballat en totes les fases del projecte, des del disseny inicial fins a la fase d'instal·lació, permet una visió global dels projectes industrials, molt interessant per a encarar altres projectes similars.





11. Agraïments

La realització de projecte ha suposat moltes nits de vetlla i moltes taces de cafè. Aquest projecte no hauria estat possible sense la col·laboració de persones que han recolzat l'autor durant el llarg període d'elaboració. L'autor vol agrair especialment la col·laboració de les següents persones:

- El meu pare i la meva mare, sense la motivació dels quals no hauria pogut superar el primer any d'enginyeria industrial.
- A l'empresa ABB Sistemas Industriales S.A. , especialment al departament de Press Automation Systems per oferir-me la possibilitat de treballar en el present projecte i de presentar-lo com a projecte de final de carrera.
- A en David Mayoral, Oriol Vázquez i Carlos Pastor d'ABB PAS Productivity Support i a en Pedro Leiva cap del projecte per donar-me bons consells i facilitar-me enormement el treball amb la seva ajuda.
- Al tutor del projecte, en Jan Rossell, el qual va acceptar dirigir aquest projecte i sense el qual aquest no hagués vist la llum.
- Finalment a l'Esther, la meva parella, qui m'ha servit de suport en els moments més difícils de l'últim any i sense qui no podria haver acabat mai aquest projecte.



12. Bibliografia

12.1. Referències bibliogràfiques

Llibres, articles, catàlegs, material informàtic i material obtingut a la xarxa:

- [1] TOWER AUTOMOTIVE. Pàgina web del grup d'estampació Tower Automotive.[
<http://www.towerautomotive.com>, 23 de febrer de 2005]
- [2] EMTISA S.A. Pàgina web de EMTISA Estampaciones metálicas y transformaciones industriales. [<http://www.emtisa.com/>, 23 de febrer de 2005]
- [3] EL MUNDO. MOTOR & VIAJES Suplement dedicat a l'automoció. Madrid, 1999. [<http://www.el-mundo.es/motor/99/MV096/MV096nissanfic.html>, 19 de febrer de 2005]
- [4] CATOR. EMPRESA DE SERVEIS MEDIAMBIENTALS. Pàgina web de l'empresa Catalana de tractaments residuals S.A. [<http://www.cator-sa.com>, 23 de maig de 2005]
- [5] GASSULL, Introducción al mercado CE. Seguridad y Calidad en Productos Industriales en la Unión Europea. Barcelona:Ediciones Ceysa, 2004

12.2. Bibliografia complementària

FAGOR. Pàgina web de FAGOR, fabricant de premses mecàniques. [<http://www.fagorarrasate.com>, 12 de març de 2005]

SCHULER. Pàgina web de SCHULER, fabricant de premses mecàniques. [<http://www.schulergroup.com>, 12 de març de 2005]

MUELLER-WEINGARTEN. Pàgina web de MUELLER-WEINGARTEN, fabricant de premses mecàniques. [<http://www.mueller-weingarten.com/>, 12 de març de 2005]

ROBOTICS.E-SYMPIOSIUM. Magazine d'informació sobre les tecnologies d'automatització. [<http://www.robotics.e-symposium.com/>, 17 de març de 2005]

FANUC ROBOTICS. Pàgina web de FANUC, fabricant de robots de 6 eixos. [<http://www.fanurobotics.lu/>, 17 de març de 2005]



KUKA ROBOTICS. Pàgina web de KUKA, fabricant de robots de 6 eixos. [<http://www.kuka.com/>, 17 de març de 2005]

MOTOMAN ROBOTICS. Pàgina web de MOTOMAN, fabricant de robots de 6 eixos. [<http://www.motoman.com/>, 17 de març de 2005]

COMAU CORPORATE WEBSITE. Pàgina web de COMAU, fabricant de robots de 6 eixos. [<http://www.comau.com/>, 17 de març de 2005]

