



**EPS**

Escola Politècnica

**UdG**

Superior

## Projecte/Treball Fi de Carrera

**Estudi:** Enginyeria Industrial. Pla 2002

**Títol:** IMPLANTACIÓ D'UNA NAU INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓ DE CONTENIDORS DE RECICLATGE

**Document:** Document número 1: Memòria i Annexos

**Alumne:** Juan Carlos Caner García del Valle

**Director/Tutor:** Jordi Comas Baron

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** EC

**Convocatòria (mes/any):** 09/2014

## Índex de la memòria

1.	INTRODUCCIÓ.....	1
1.1	Antecedents .....	1
1.2	Objecte .....	2
1.3	Especificacions i Abast.....	2
2.	SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT .....	3
3.	TIPUS D'ELEMENTS MODIFICABLES D'UNA NAU INDUSTRIAL.....	5
4.	DISTRIBUCIÓ EN PLANTA DE LA NAU INDUSTRIAL.....	6
4.1.	Diagrames de processos.....	6
4.2	Diagrames de maquinària .....	6
4.3	Fitxes de màquines.....	7
4.4	Definició del procés industrial.....	7
4.4.1	Configuracions bàsiques dels processos industrials.....	7
4.4.2	Pla de distribució en planta.....	8
4.5	Nau industrial .....	9
4.6	Taula relacional d'activitats.....	9
4.6.1.	Taula relacional d'activitats alternativa 1 .....	9
4.6.2	Taula relacional d'activitats alternativa 2 .....	10
4.6.3	Taula relacional d'activitats alternativa 3 .....	11
4.7	Diagrama relacional d'activitats.....	11
4.7.1	Diagrama relacional d'activitats alternativa 1.....	12
4.7.2	Diagrama relacional d'activitats alternativa 2.....	12
4.7.3	Diagrama relacional d'activitats alternativa 3.....	13
4.8	Diagrama relacional d'espais .....	13
4.8.1	Diagrama relacional d'espais alternativa 1 .....	13
4.8.2	Diagrama relacional d'espais alternativa 2 .....	14
4.8.1	Diagrama relacional d'espais alternativa 3 .....	14
4.9	Vistes de la distribució en plana de la nau industrial.....	14
4.9.1.	Distribució en planta alternativa 1 .....	14
4.9.2.	Distribució en planta alternativa 2.....	15

4.9.3. Distribució en planta alternativa 3 .....	15
5. OPTIMITZACIÓ DEL TEMPS TOTAL DE PRODUCCIÓ .....	16
5.1. Introducció .....	16
5.2. Velocitat de treball de la maquinària .....	16
5.3. Material a processar.....	17
5.4. Temps del procés de fabricació.....	17
5.5 Temps de canvi d'estació de treball.....	18
5.6 Programació de les tasques .....	18
5.7 Full de treball i full de ruta .....	19
6. ANÀLISI DE L'ESTRUCTURA.....	20
7. PRESSUPOST .....	21
8. CONCLUSIONS .....	22
9. RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	23
10. BIBLIOGRAFIA.....	24
ANNEX A.1: DIAGRAMA DE PROCÉS.....	26
ANNEX A.2: DIAGRAMA DE MAQUINÀRIA .....	27
ANNEX A.3: FITXES DE MÀQUINES .....	28
A.3.1 Màquina de tall per plasma .....	28
A.3.2 Màquina plegadora.....	30
A.3.3 Màquina serra cinta .....	32
A.3.4 Màquina de soldar .....	34
A.3.5 Trepant.....	36
ANNEX A.4. PLÀNOL NAU INDUSTRIAL .....	38
ANNEX A.5. TAULA RELACIONAL D'ACTIVITATS .....	39
A.5.1. ALTERNATIVA 1 .....	40
A.5.2 ALTERNATIVA 2 .....	40
A.5.3 ALTERNATIVA 3 .....	40
ANNEX A.6. DIAGRAMA RELACIONAL D'ACTIVITATS .....	41
A.6.1. DIAGRAMA RELACIONAL D'ACTIVITATS ALTERNATIVA 1 .....	41
A.6.2. DIAGRAMA RELACIONAL D'ACTIVITATS ALTERNATIVA 2 .....	42
A.6.3. DIAGRAMA RELACIONAL D'ACTIVITATS ALTERNATIVA 3 .....	43

ANNEX A.7. DIAGRAMA RELACIONAL D'ESPAIS .....	44
A.7.1. DIAGRAMA RELACIONAL D'ESPAI ALTERNATIVA 1 .....	44
A.7.2. DIAGRAMA RELACIONAL D'ESPAI ALTERNATIVA 2 .....	45
A.7.3. DIAGRAMA RELACIONAL D'ESPAI ALTERNATIVA 3 .....	45
ANNEX A.8. REGLA DE JOHNSON .....	46
ANNEX A.9 VELOCITAT DE TREBALL DE A MAQUINÀRIA .....	49
ANNEX A.10. LLISTAT MATERIAL A PROCESSAR.....	50
ANNEX A.11 LLISTAT TOTAL DE MATERIAL .....	56
ANNEX A.12. TEMPS DE PROCÉS PER CADA MÀQUINA.....	59
ANNEX A.13. TEMPS DE CANVI .....	64
ANNEX A.14. APLICACIÓ DE LA REGLA DE JOHNSON AL PROCÉS DE FABRICACIÓ .....	66
ANNEX A.15 PROGRAMACIÓ TEMPS DE CICLES.....	68
ANNEX A.15.1. ALTERNATIVA 1.....	68
ANNEX A.15.2. ALTERNATIVA 2.....	72
ANNEX A.15.3. ALTERNATIVA 3.....	76
ANNEX A.16. TEMPS DELS PROCESSOS .....	80
ANNEX A.17. FULL DE RUTA I FULL DE TREBALL.....	81
ANNEX B.1 ANÀLISI DE L'ESTRUCTURA .....	83
ANNEX B.2. TEORIA PER LA COMPROVACIÓ DELS ESFORÇOS AXIALS I MOMENTS.....	109

## 1. INTRODUCCIÓ

### 1.1 Antecedents

El projecte següent s'ha realitzat a CONSTRUCCIÓ TÈCNICA INDUSTRIAL DEL TER SLU, una empresa que està situada a Aiguaviva, un municipi al costat de Girona. Aquesta empresa es dedica a la construcció metàl·lica, però sobretot a la construcció estructures metàl·liques lleugeres i pesades, caldereria i manteniment industrial.

L'empresa té com a instal·lacions dues naus industrials unides entre si. Una de les naus es dedica a la producció i fabricació de peces i l'altre nau està destinada al muntatge de les estructures i dipòsits. A la primera nau hi ha diverses màquines per poder fabricar tot tipus de peces com una màquina de tall per plasma CNC, quatre serres cinta CNC, un trepant, una punxonadora i una premsa hidràulica. La segona nau consta de diferents punts per soldar manualment en funció de l'envergadura del projecte, un trepant amb capçal múltiple de CNC i un arc submergit per soldar perfils.

La unió entre les dues naus es fa mitjançant una carreta que es mou per uns rails. Aquesta carreta transporta el material des de la nau de producció dins a la nau de muntatge i ambdues naus han d'estar sincronitzades ja que tan bon punt surt el material manufacturat de producció s'ha de començar a muntar a la segona nau per tal de no perdre temps. Aquest punt és molt important ja que la disminució d'aquests temps improductius, de transport i de fabricació poden significar la diferència entre el benefici i la pèrdua.

A més a més, el mercat de la construcció metàl·lica té molta competència i s'ha d'assegurar un bon producte realitzat amb el mínim temps possible i la màxima qualitat, per tant, la bona comunicació entre les zones de fabricació i muntatge ha de ser real.

La finalitat d'aquest projecte és aconseguir una nova distribució en planta que redueixi aquests temps improductius, la millora de la coordinació entre ambdós sectors i la optimització dels processos de fabricació i muntatge.

El que es pretén es poder ser competitiu en front les grans empreses i aconseguir augmentar els beneficis globals per tal de poder seguir desenvolupant la nostra activitat i expandir-nos tot el que sigui possible.

## **1.2 Objecte**

L'objecte del projecte és buscar un mètode per la reducció del temps de fabricació i millorar la distribució en planta. Per això s'han d'investigar diferents alternatives i comparar-les entre elles per arribar a un resultat final satisfactori.

## **1.3 Especificacions i Abast**

La implantació de la nova distribució en planta com a objectiu final vol aconseguir augmentar els beneficis globals de l'empresa. Això s'aconsegueix analitzant diferents distribució, l'aplicació de diferents processos de fabricació i muntatge i augmentant la coordinació entre el departament tècnic i el taller.

Finalment amb la millor combinació dels diferents resultats trobats per a cada punt de l'oficina tècnica s'obtindrà una manera de distribuir la planta molt satisfactòria per poder obtenir un benefici en qualsevol projecte realitzat.

## 2. SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT

L'empresa a la qual se li ha de realitzar l'estudi per la millora de la seva distribució en planta en troba al polígon industrial del Mas Aliu situat al municipi d'Aiguaviva a 10 minuts del centre de Girona.



Figura 1: Plànol de situació del municipi d'Aiguaviva dins de Catalunya



*Figura 2: Vista de la situació del polígon industrial del Mas Aliu*



### 3. TIPUS D'ELEMENTS MODIFICABLES D'UNA NAU INDUSTRIAL

Les empreses que es dediquen a la construcció metàl·lica tenen una gran competència dins el mercat. És fàcil tenir accés a les millors tecnologies per a realitzar aquests treballs, llavors s'arriba a la conclusió que la diferència entre una empresa mediocre i una gran empresa es troba en la seva distribució en planta, és a dir, qui té el procés més ràpid i més econòmic és qui te les opcions d'ajustar al màxim els preus i per tant més possibilitats que se'ls adjudiqui una obra o projecte.

Els elements més importants a tenir en compte són:

- a) Minimitzar les inversions en els equipaments ja que com menys preu tinguin més ràpid s'amortitzaran.
- b) Minimitzar els temps de producció totals. Aquest fet és un dels més importants perquè com menys temps menys costos de treball.
- c) Optimització de l'espai. Com més ben repartit estigui l'espai més ràpid serà el procés i per tant menys cost afegit tindrà el producte final.
- d) Disposició per obtenir el màxim confort, satisfacció i seguretat personal. Aquest punt també és important perquè com més a bé es trobi un treballador a la seva feina més eficient serà.
- e) Minimitzar el cost de manipulació de materials. Aquí hi intervé el temps. Com més temps s'estigui manipulant un material més cost afegit tindrà. Per tant, com ja s'ha dit anteriorment, un dels punts en que ens centrarem serà en la reducció del temps de manipulació i transport.
- f) Minimitzar la diversitat dels equipament. Una màquina que pugui fer diferents funcions afavoreix molt al cost final del producte ja que s'eliminen molts temps morts que generen un cost.
- g) Mantenir la flexibilitat de la implantació és important perquè es pugui adaptar fàcilment a qualsevol necessitat sense que siguin necessaris grans canvis que generarien pèrdues de temps.

En aquest cas ens centrarem en minimitzar els temps de producció totals i en l'optimització de l'espai que són els factors més importants dins la distribució en planta.

## 4. DISTRIBUCIÓ EN PLANTA DE LA NAU INDUSTRIAL

### 4.1. Diagrames de processos

Per poder començar a realitzar la distribució en planta d'una nau industrial primer s'han d'identificar quins són els processos i quina és la maquinària utilitzada, ja que són els útils que s'han de distribuir per tal de realitzar la feina.

En qualsevol projecte d'estructures metàl·liques el material que més s'utilitza són bigues, xapes, passamans, tubs i angles. Tots aquests materials tenen diferents perfils, mides i formes.

El primer que hem de sintetitzar és el diagrama de processos de tots els materials. En aquest diagrama estan representades gràficament totes les operacions i processos que existeixen en la implantació. Ens fixem en l'ordre de les operacions i llavors dibuixem el diagrama.

Veure diagrama de procés en l'ANNEX A.1.

Amb aquest diagrama ja sabem quina estructura té el nostre procés industrial.

### 4.2 Diagrames de maquinària

L'estructura del diagrama de maquinària és la mateixa que la del diagrama de processos però amb la diferència que s'hi especifiquen tots els tipus de màquines que s'utilitzen en els processos.

Veure diagrama de maquinària en l'ANNEX A.2.

Amb aquest diagrama podem saber quines màquines intervenen en el procés industrial. Només ens falta identificar-les amb les seves fitxes de màquines.

### 4.3 Fitxes de màquines

A les fitxes de màquines hi ha dos tipus d'informació sobre la maquinària utilitzada en els processos. Primer de tot s'hi descriuen les característiques com el nom, model, consum, capacitat de producció, residus, dimensions i pes, i per altre banda hi ha una descripció gràfica on hi ha un dibuix de la màquina en vistes mínimes necessàries i un dimensionament per les zones d'espai d'ús propi, l'espai d'ús exclusiu i l'espai d'ús compartit.

Veure fitxes de màquines en l'ANNEX A.3.

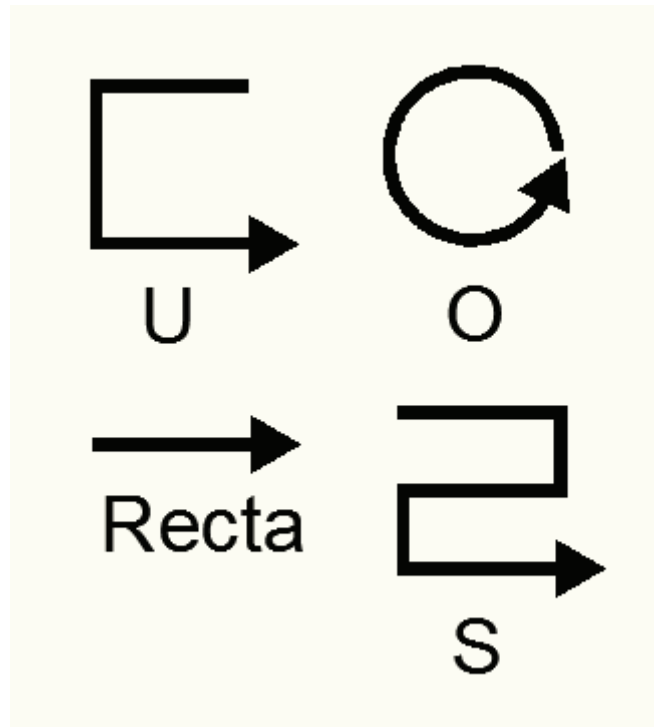
Com que ja tenim les màquines identificades i sabem quin procés industrial segueix la nostra planta, ja tenim una idea de com serà el procés. Amb això no en fem prou per poder definir la distribució en planta. Ens fa falta saber quin mètode volem utilitzar per optimitzar el procés de fabricació.

### 4.4 Definició del procés industrial

#### 4.4.1 Configuracions bàsiques dels processos industrials

Els fluxos de material d'un procés industrial poden ser molts variats. Existeix fluxos horitzontals i fluxos verticals. Els fluxos verticals són quan hi ha diferents plantes dins d'una nau industrial, com que en el nostre cas no és així només ens fixarem en els fluxos horitzontals.

Els més comuns són:



#### 4.4.2 Pla de distribució en planta

Després d'haver obtingut els diagrames de procés i de maquinària i d'haver definit les fitxes de màquines ja tenim una idea bàsica de quina és l'activitat a implantar. Aquesta és la base o planejament per poder definir una distribució en planta.

A partir d'aquí ens basaríem en el "Systematic Layout Planning" (SLP) que va ser desenvolupat per Richard Muther entre la dècada del 1970 i 1980 però com que és un sistema que queda antiquat ens basarem en el "Systematic Layout Planning Modified" (SLPm).

El SLPm ens permet realitzar un planejament correcte i mitjançant una sèrie de passos obtenir una distribució en planta òptima per una nau industrial. Aquest mètode es basa en sistemes directes i indirectes. Els directes es fixen en la maquinària, operaris i materials i els indirectes en serveis de fabricació i serveis personals. Només ens basarem en directes ja que són els que tenen més importància dins el procés industrial.

Amb els mètodes directes del SLPm haurem d'analitzar les diferents màquines, material i operaris que hi ha en elles per tal de fer una distribució òptima.

El primer pas per poder optimitzar la distribució en planta es definir la relació que hi ha entre totes les màquines que participen en els processos productius.

## 4.5 Nau industrial

Per poder fer la distribució en planta és primordial saber com és la superfície de la nau industrial. S'adjunta el plànol a l'ANNEX A.4.

## 4.6 Taula relacional d'activitats

La taula relacional d'activitats és una matriu que agrupa totes les zones de treball. Dins d'aquests agrupaments s'hi defineix el tipus de relació que hi ha entre totes les activitats i la causa de la relació. Aquestes relacions són importants de definir ja que seran primordials per definir la proximitat entre les màquines, és a dir, són la base de com es distribuirà la planta.

Per poder aconseguir una distribució en planta el més òptima possible investigarem 3 alternatives possibles.

### 4.6.1. Taula relacional d'activitats alternativa 1

Pel que fa a la configuració de la distribució a l'alternativa 1 s'utilitza una distribució en forma de S. Pel que fa a les relacions entre màquines les relacions són les següents:

Entre el magatzem d'entrada i les primeres màquines que intervenen en el procés, que són el plasma i la serra cinta, la relació que hi ha entre ells és la que tenen el mateix personal. Llavors és important que la distància entre ambdós sigui curta. La serra cinta i el trepant també han de ser pròxims ja que utilitzen els mateixos fixers, en aquest cas plànols de fabricació. El plasma ha de ser pròxim a la plegadora sempre, perquè moltes de les plaques que surten d'ell s'han plegar, i solen ser xapes grosses i difícils de transportar. Quan ja s'ha trepanat i plegat, tot s'ajunta per anar a la zona de muntatge i soldadura que comparteixen el mateix espai. Aquesta zona és on es fa

l'assemblatge de tot el material manufacturat anteriorment i llavors es solda per conformar l'estructura. Finalment s'envia a la zona de pintura que no pot estar en contacte amb cap de les altres àrees a causa de la toxicitat del material utilitzat. Només podria estar en contacte amb la serra cinta perquè ho fa el mateix personal, amb la zona de soldadura perquè tenen contactes personals ja que és el següent pas després de soldar i amb el magatzem de sortida perquè comparteixen el mateix espai.

Per veure la taula relacional d'activitats de l'alternativa 1 anar a l'ANNEX A.5.1

#### **4.6.2 Taula relacional d'activitats alternativa 2**

Pel que fa a la configuració de la distribució a l'alternativa 2 s'utilitza una distribució en forma de L. Pel que fa a les relacions entre màquines les relacions són les següents:

Entre el magatzem d'entrada i les primeres màquines que intervenen en el procés, que són el plasma i la serra cinta, la relació que hi ha entre ells és la que tenen el mateix personal. En aquest cas, no com a l'alternativa 1, em donat la mateixa importància a que la distància entre el magatzem d'entrada i la serra i el plasma sigui la mateixa. La serra cinta i el trepanant també han de ser pròxims ja que són treballs semblants, ambdós són per fabricar bigues i passamans. El plasma ha de ser pròxim a la plegadora sempre, perquè moltes de les plaques que surten d'ell s'han plegar, i solen ser xapes grosses i difícils de transportar. Quan ja s'ha trepanat i plegat, tot s'ajunta per anar a la zona de muntatge i soldadura que comparteixen el mateix espai. Aquesta zona és on es fa l'assemblatge de tot el material manufacturat anteriorment i llavors es solda per conformar l'estructura. Finalment s'envia a la zona de pintura que no pot estar en contacte amb cap de les altres àrees a causa de la toxicitat del material utilitzat. Només podria estar en contacte amb la serra cinta perquè ho fa el mateix personal, amb la zona de soldadura perquè tenen contactes personals ja que és el següent pas després de soldar i amb el magatzem de sortida perquè comparteixen el mateix espai.

Per veure la taula relacional d'activitats de l'alternativa 2 anar a l'ANNEX A.5.2

### 4.6.3 Taula relacional d'activitats alternativa 3

Pel que fa a la configuració de la distribució a l'alternativa 3 s'utilitza una distribució en forma de U. Pel que fa a les relacions entre màquines les relacions són les següents:

Entre el magatzem d'entrada i les primeres màquines que intervenen en el procés, que són el plasma i la serra cinta, la relació que hi ha entre ells és la que tenen el mateix personal. En aquest cas, se li dóna més importància a la proximitat entre el magatzem d'entrada i el plasma que no al magatzem d'entrada amb la serra cinta, ja que per experiència, el plasma es qui pot provocar més culs d'ampolla. La serra cinta i el trepan també han de ser pròxims ja que utilitzen els mateixos fixers, en aquest cas plànols de fabricació. El plasma ha de ser pròxim a la plegadora sempre, perquè moltes de les plaques que surten d'ell s'han plegar, i solen ser xapes grosses i difícils de transportar. Quan ja s'ha trepanat i plegat, tot s'ajunta per anar a la zona de muntatge i soldadura que comparteixen el mateix espai. Aquesta zona és on es fa l'asseblatge de tot el material manufacturat anteriorment i llavors es solda per conformar l'estructura. Finalment s'envia a la zona de pintura que no pot estar en contacte amb cap de les altres àrees a causa de la toxicitat del material utilitzat. Només podria estar en contacte amb la serra cinta perquè ho fa el mateix personal, amb la zona de soldadura perquè tenen contactes personals ja que és el següent pas després de soldar i amb el magatzem de sortida perquè comparteixen el mateix espai.

Per veure la taula relacional d'activitats de l'alternativa 3 anar a l'ANNEX A.5.3.

### 4.7 Diagrama relacional d'activitats

El diagrama relacional d'activitats reflecteix la mateixa informació que hi ha a les taules relacionals d'activitats però d'una manera més visual en forma de diagrama.

Per configurar-lo d'una manera ordenada s'han de seguir les pautes següents:

- a) Primer de tot crear les relacions de més importància, les que són absolutament necessàries. Aquestes unions tindran el codi A.
- b) Seguidament s'han de crear les relacions amb una importància especial. Aquestes unions tindran el codi E.

- c) En tercer lloc s'han de crear les relacions amb importància simple. Aquestes unions tindran el codi I.
- d) Llavors es creen les unions amb una proximitat prohibitiva, que són les que tenen un codi d'unió amb la lletra XX i seguidament les que no es recomanable que estiguin a prop amb la lletra X.
- e) Després es creen les relacions amb una proximitat ordinària. Aquestes unions tindran el codi O.
- f) Per últim lloc les relacions sense importància no es veuen reflectides en el diagrama relacional d'activitats.

És un sistema que necessita de varies iteracions per ser visualment correcte.

A la primera iteració s'han de fer els passos a) i b) i col·locar-los adequadament per poder seguir amb el procés. A la segona iteració s'han de fer els passos c), d) i e) i a la tercera i última iteració es col·locarà tot adequadament perquè sigui visualment correcte.

#### **4.7.1 Diagrama relacional d'activitats alternativa 1**

En aquest diagrama es veu reflectida la taula relacional d'activitats de l'alternativa 1. La informació és la mateix però col·locada de tal manera que sigui més visual.

Veure diagrama relacional d'activitats de l'alternativa 1 a l'ANNEX A.6.1.

#### **4.7.2 Diagrama relacional d'activitats alternativa 2**

En aquest diagrama es veu reflectida la taula relacional d'activitats de l'alternativa 2. La informació és la mateix però col·locada de tal manera que sigui més visual.

Veure diagrama relacional d'activitats de l'alternativa 2 a l'ANNEX A.6.2.



### **4.7.3 Diagrama relacional d'activitats alternativa 3**

En aquest diagrama es veu reflectida la taula relacional d'activitats de l'alternativa 3. La informació és la mateix però col·locada de tal manera que sigui més visual.

Veure diagrama relacional d'activitats de l'alternativa 3 a l'ANNEX A.6.3

### **4.8 Diagrama relacional d'espais**

El diagrama relacional d'espais és el pas següent al diagrama relacional d'activitats. Per tal de poder-lo realitzar s'han de consultar les fitxes de màquines per saber quina necessitat d'espai té cada màquina del procés industrial. Aquest és un dels punts crítics perquè ens podríem trobar que la superfície de treball necessària és més gran que la superfície disponible. En el nostre cas la nostra nau té una superfície disponible més gran que al superfície de treball necessària, per tant, tenim espai suficient per realitzar la distribució en planta.

El diagrama relacional d'espai és una representació gràfica, igual que el diagrama relacional d'activitats amb al diferència que cada activitat té un quadrat al seu voltant equivalent a la seva superfície de treball. Aquesta etapa del projecte ens facilitarà aproximadament la distribució en planta que ha de tenir la nostra nau industrial.

#### **4.8.1 Diagrama relacional d'espais alternativa 1**

El diagrama relacional d'espais ens dóna una aproximació de quin espai de treball es necessita.

Veure diagrama relacional d'espais de l'alternativa 1 a l'ANNEX A.7.1.

#### **4.8.2 Diagrama relacional d'espais alternativa 2**

El diagrama relacional d'espais ens dona una aproximació de quin espai de treball es necessita.

Veure diagrama relacional d'espais de l'alternativa 2 a l'ANNEX A.7.2.

#### **4.8.1 Diagrama relacional d'espais alternativa 3**

El diagrama relacional d'espais ens dona una aproximació de quin espai de treball es necessita.

Veure diagrama relacional d'espais de l'alternativa 3 a l'ANNEX A.7.3.

### **4.9 Vistes de la distribució en plana de la nau industrial**

Per poder obtenir una distribució en planta amb la nau industrial existent ens hem de fixar en com queda el diagrama relacional d'espai i ajuntar-lo com si fos un trencaclosques.

El resultat de les distribucions en planta per les 3 alternatives no és definitiu, poden haver modificacions contínuament en funció de la producció o de les necessitats del moment, per tant han de ser distribucions flexibles i que es puguin adaptar a qualsevol situació.

#### **4.9.1. Distribució en planta alternativa 1**

La distribució en planta de l'alternativa 1 està reflectida al plànol número 4. Aquest plànol és definitiu.

Es pot observar com la distribució en planta compleix perfectament el que s'ha trobat en totes les etapes de la planificació. Es veu com la configuració és en S ja que tot surt

des del magatzem d'entrada i va a parar al plasma i a la serra cinta. Seguidament des del plasma va a la plegadora o al muntatge depenen de si necessita o no plegat i des de la serra cinta va a parar als trepants o directament al muntatge. Després del muntatge no hi ha treballs en paral·lel amb diferent maquinària i va tot el conjunt a la zona de pintura i magatzem de sortida.

#### **4.9.2. Distribució en planta alternativa 2**

La distribució en planta de l'alternativa 2 està reflectida al plànol número 5. Aquest plànol és definitiu.

Es pot observar com la distribució en planta compleix perfectament el que s'ha trobat en totes les etapes de la planificació. Es veu com la configuració és en L ja que surt tot des del magatzem d'entrada i va a parar al plasma i a la serra cinta. Aquests estan en costats oposats però a partir d'aquí tot va a parar a la zona de muntatge que està cap avall. Després del muntatge i la soldadura tot va a parar en conjunt a la zona de pintura i magatzem de sortida.

#### **4.9.3. Distribució en planta alternativa 3**

La distribució en planta de l'alternativa 3 està reflectida al plànol número 6. Aquest plànol és definitiu.

Es pot observar com la distribució en planta compleix perfectament el que s'ha trobat en totes les etapes de la planificació. Es veu com la configuració és en U ja que surt tot des del magatzem d'entrada i va a parar al plasma i a la serra cinta. Segueix una distribució semblant a la alternativa 1 però el magatzem d'entrada s'ha canviat la posició amb la serra cinta i els trepants. Després tot va al muntatge i soldadura i a continuació a la zona de pintura i a magatzem de sortida.

## 5. OPTIMITZACIÓ DEL TEMPS TOTAL DE PRODUCCIÓ

### 5.1. Introducció

Per tal de determinar quina de les 3 alternatives és la millor a implantar en el nostre cas, hem de determinar una sèrie de característiques dels processos.

- a) Velocitat de treball de la maquinària.
- b) Material a processar.
- c) Temps de procés a cada màquina.
- d) Temps de transport.
- e) Determinació del temps total de cada alternativa mitjançant la regla de Johnson. La regla de Johnson està explicada a l'ANNEX A.8.

Quan s'han determinat tots aquests aspectes ja es pot arribar a la conclusió de quina és la solució més bona de les 3 alternatives que em trobat. Per assegurar més que el resultat final és el més òptim dins de cada una de les 3 alternatives en farem 2 més. Per tant en total s'hauran d'analitzar 6 possibles combinacions.

### 5.2. Velocitat de treball de la maquinària

La velocitat de treball de la maquinària serveix per determinar el temps de treball de cada estació. Sense aquestes velocitats no podríem determinar cap temps ni arribar a cap conclusió.

Les velocitats de treball estan agafades amb una mitjanes aproximades extretes empíricament.

Preguntant als operaris durant la fabricació a la serra cinta, al trepant, al plasma i a la plegadora he pogut extreure unes velocitats aproximades de fabricació de material.

Veure velocitats de fabricació a l'ANNEX A.9.

### 5.3. Material a processar

Quan ja s'han determinat les velocitats de la maquinària, ara s'ha de fer l'especejament de tot el material de l'obra.

Amb l'especejament de tot el material de l'obra es pot saber quant de material es necessita demanar al proveïdor i finalment saber el temps que fa falta per processar-lo.

Veure especejament de material a l'ANNEX A.10.

Quan ja es té l'especejament s'ha de trobar el llistat de material total. La diferència que hi ha amb l'especejament es que ara tot el material que tingui les mateixes característiques físiques s'agruparà per poder demanar el material al proveïdor.

Quan ja tinguem el llistat de material sencer podrem començar a comptar el temps de cicle de tot el projecte.

Veure llistat de material total a l'ANNEX A.11.

### 5.4. Temps del procés de fabricació

Els temps de procés per a cada material es pot extreure a partir de la seva velocitat de procés per a cada màquina.

Les màquines de les quals em d'extreure els seus temps de procés són el plasma, la serra cinta, els trepants i la plegadora.

Per veure els temps de cadascuna de les màquines veure ANNEX A.12.

Aquests temps que s'han extret de cada màquina s'han agafat partint d'una velocitat mitjana, però això no és el que estem buscant, sinó buscar la millor distribució en planta.

Com que ja tenim els temps de procés ara em de buscar els temps de transport entre dues estacions de treball.

## 5.5 Temps de canvi d'estació de treball

El temps de canvi entre dues estacions està considerat un temps mort, perdut i que s'ha d'eliminar. En aquest punt és on entra en joc la distribució en planta. Com més ben posicionades estiguin les estacions de treball entre elles menys temps de canvi hi haurà i per tant menys temps de procés total.

Aquest temps de canvi té en consideració el transport del material i els temps de col·locar els útils necessaris pel seu transport, com seria el cas d'un pont grua.

Veure temps de canvi a l'ANNEX A.13.

Aquests temps de canvi ens serviran per fer la programació de les tasques i determinar quina alternativa és a més ràpida i per tant la menys costosa.

## 5.6 Programació de les tasques

La programació de les tasques es farà mitjançant dos treballs en paral·lel. Un entre el plasma i la plegadora enfront la serra cinta i els trepants. Al mateix temps mitjançant la regla de Johnson determinarem com distribuir el material entre el plasma i la plegadora per reduir al màxim els temps de procés. També es realitzarà el mateix procés entre la serra cinta i els trepants.

Per veure l'explicació teòrica amb un exemple de la regla de Johnson anar a l'ANNEX A.8.

Per veure la regla de Johnson aplicada al procés de fabricació en l'alternativa 1 anar a l'ANNEX A.14.

Quan s'ha trobat la manera de distribuir el material en els processos seguint el criteri de la regla de Johnson hem de trobar el temps total del procés.

Primer de tot em de trobar el temps de cicles, que correspon únicament al d'ús de la maquinària i el transport.

I per últim trobar el temps total del procés agrupant els temps de cicles i transports i els de preparació.

Per veure programació de les tasques i els seus temps de cicle total de l'alternativa 1 anar a l'ANNEX A.15.1.

Per veure programació de les tasques i els seus temps de cicle total de l'alternativa 2 anar a l'ANNEX A.15.2.

Per veure programació de les tasques i els seus temps de cicle total de l'alternativa 3 anar a l'ANNEX A.15.3.

Ara ja tenim els temps de cicles per les 6 alternatives possibles.

Es pot veure un resum d'aquests temps a l'ANNEX A.16.

Com es pot veure a la taula de l'ANNEX A.16 la millor opció és l'alternativa 1.2 ja que és la que té un temps de procés menor a tots els altres. Això ho fem veient quin és el procés més llarg de tots, el que actua com a cul d'ampolla, i escollim de les sis alternatives el que tingui una durada més curta. En aquest cas les alternatives 1.1 i 1.2 tenen la mateixa durada màxima, però si ens fixem en la plegadora i en els trepants el temps es redueix i per tant l'alternativa que deixa lliure abans les altres màquines és la número 1.2.

## 5.7 Full de treball i full de ruta

El full de ruta és una taula on s'especifiquen tots els passos a seguir en un procés on hi intervenen diferents màquines. Allà hi ha la informació necessària per tal d'entendre com funciona el procés, els temps de preparació i els temps de cicle per a cada màquina. Amb això podem extreure el temps total de tot el procés de l'alternativa que ens ha donat un temps menor, en el nostre cas l'alternativa 1.2.

El full de treball és un document adjunt amb el full de ruta que permet trobar una informació més específica de cada procés. En el nostre cas la informació que es necessita desglossar és la del procés de fabricació ja que hi intervenen diferents màquines, llavors, com que hi ha vàries fases treballant en paral·lel apuntem el temps major que apareix al full de treball dins el full de ruta ja que és el que ens suposaria el cul d'ampolla. Al full de treball també s'hi especifiquen altres característiques com la velocitat i l'avanç.

Veure full de ruta i full de treball a l'ANNEX A.17.

El temps total de tot el procés és de 5702 min que equival a 95 hores de treball. Aproximadament uns 12 dies de treball tenint en compte una jornada laboral de 8 hores diàries.

## **6. ANÀLISI DE L'ESTRUCTURA**

Per tal de garantir que la nostra estructura suporta el pes que hi té s'ha de fer un anàlisi d'esforços de l'estructura.

El programa que s'ha escollit per realitzar aquest anàlisi és el SAP 2000.

Per veure l'anàlisi de l'estructura anar a l'ANNEX B.1.



## 7. PRESSUPOST

Descripció	Import (€)
Costos de recerca i desenvolupament del projecte	2500
Costos d'amortització	274,48
Costos elaboració del projecte	2165
<b>Base imposable (€)</b>	<b>4939,48</b>
Benefici industrial (%6) (€)	296,37
I.V.A. (%21)	1099,53
<b>TOTAL (€)</b>	<b>6335,38</b>

El pressupost té una suma total de sis mil tres-cents trenta-cinc amb trenta-vuit cèntims.

Juan Carlos Caner García del Valle

Girona, Agost de 2014

## 8. CONCLUSIONS

Per començar aquest projecte s'ha tingut que recopilar molta informació que no apareix en llibres ni a internet. Després de moltes hores d'observar el personal de Construcció Tècnica Industrial, vaig poder extreure les dades necessàries per a la realització de la distribució en planta. Els procediments que s'han seguit són realment eficaços ja que s'ha pogut comprovar com depèn de l'alternativa que es seguia els temps finals de procés variaven.

S'arriba a la conclusió que aplicant mètodes com el Systematic Layout Planning Modified s'obté un resultat satisfactori.

Tot i això, aquests mètodes no es poden generalitzar per qualsevol empresa, ja que la distribució en planta depèn de molts factors, com la maquinària, dimensió de l'empresa i de la nau industrial i dels processos que es segueixen. Tanmateix també influeix l'entorn i l'ambient de treball, per tant, no es pot generalitzar que aquest mètode sigui comú per qualsevol.

Juan Carlos Caner García del Valle

Girona, Agost de 2014

## 9. RELACIÓ DE DOCUMENTS

En aquest projecte hi ha varis volums, per tant aquí hi ha un resum de tots els volums existents:

- Document número 1: Memòria i Annexes.
  - Annex A: Descripció i mètodes del Systematic Layout Planning Modified.
  - Annex B: Anàlisi de l'estructura.
- Document número 2: Plànols.
- Document número 3: Pressupost.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- CASALS, M. , ROCA, X. Construcció industrial. Introducció i conceptes bàsics. Edicions UPC. Barcelona. 2003
- JURADO, J.A [et al] Ejemplos resueltos de cálculo de estructuras con el programa SAP2000. Tórculo Edicions, S.L. 1a edición 2008

## **ANNEX A: DESCRIPCIÓ I MÈTODES DEL SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING MODIFIED**

### ANNEX A.1: DIAGRAMA DE PROCÉS

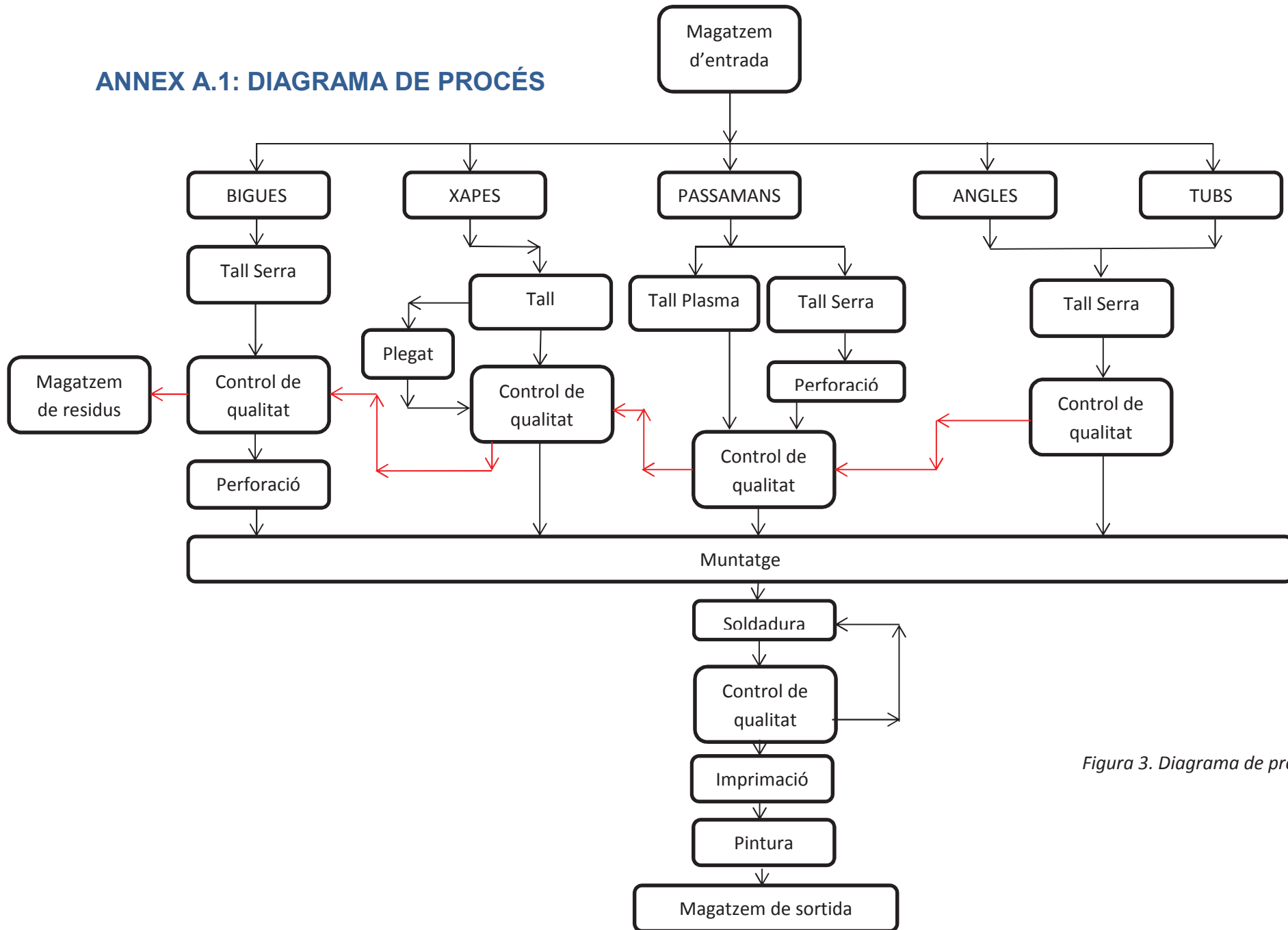
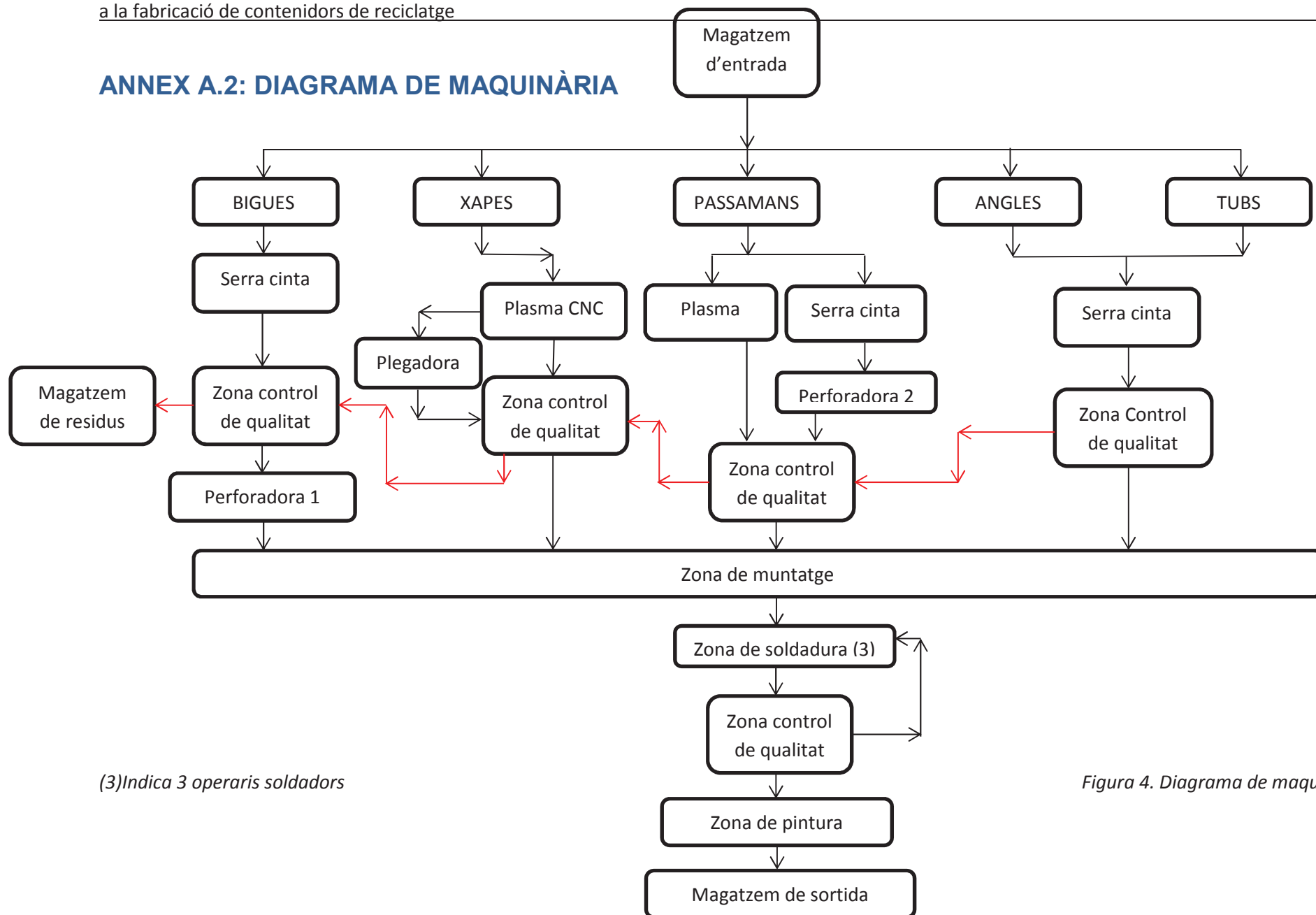


Figura 3. Diagrama de procés

### ANNEX A.2: DIAGRAMA DE MAQUINÀRIA



(3) Indica 3 operaris soldadors

Figura 4. Diagrama de maquinària

## ANNEX A.3: FITXES DE MÀQUINES

### A.3.1 Màquina de tall per plasma

MÀQUINA DE PLASMA Generador		
Marca: Hypertherm	Model: HD4070	Pes: 484,9 kg
Matèries primeres: Refrigerant: 5 l Xapa:530kg/h	Subministres: Consum elèctric: 43 kVA	
Productes: 450 kg/h ferro	Residus: Refrigerant en cas d'escalfament.	
S'ha de mantenir refrigerat perquè s'escalfa molt.		

Figura 5. Fitxa generador de plasma

MÀQUINA DE PLASMA Consola de gas		
Marca: Hypertherm	Model: HD4070	Pes: 42,7 kg
Matèries primeres: Xapa:530 kg/h Gasos:Oxígen i nitrogen	Subministres: Consum elèctric: 348 VA	
Productes: 450 kg/h ferro	Residus: Aire comprimit, oxígen i nitrogen	
Rep els gasos i segons les rodres rebudes els envia a l'antorxa per tallar les peces		

Figura 6. Fitxa consola de gas del plasma

MÀQUINA DE PLASMA Consola d'ignició		
Marca: Hypertherm	Model: HD4070	Pes: 9,3 kg
Matèries primeres: Xapa: 530 kg/h	Subministres: Consum elèctric: 64,8 VA	
Productes: 450 kg/h ferro	Residus: Aire comprimit, oxígen i nitrogen	
S'hi acobla la antorxa per tal de tallar les peces de les xapes amb un arc elèctric. Important el bon manteniment dels consumibles.		

Figura 7. Fitxa consola d'ignició del plasma



Implantació d'una nau industrial destinada a la fabricació de contenidors de reciclatge

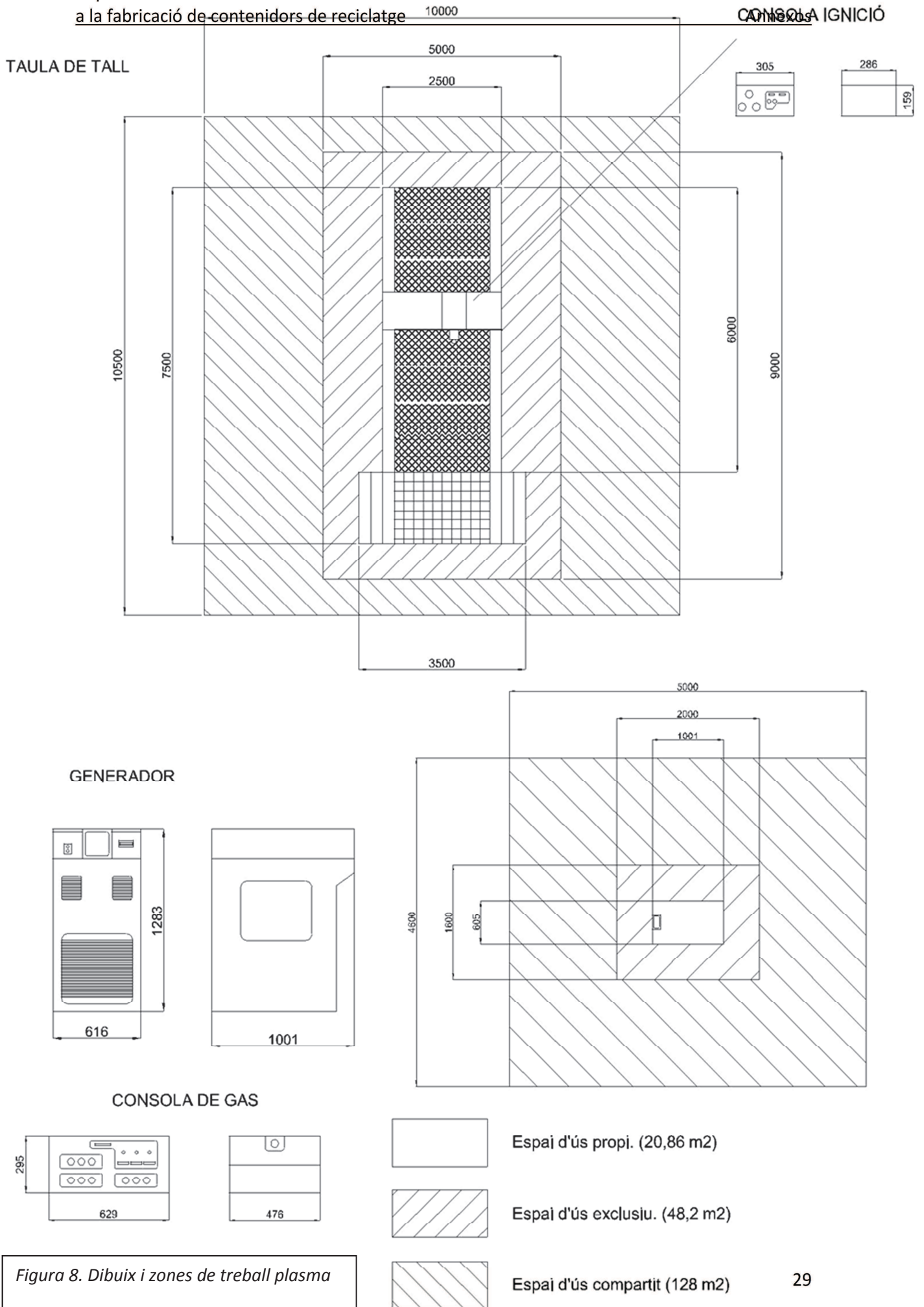


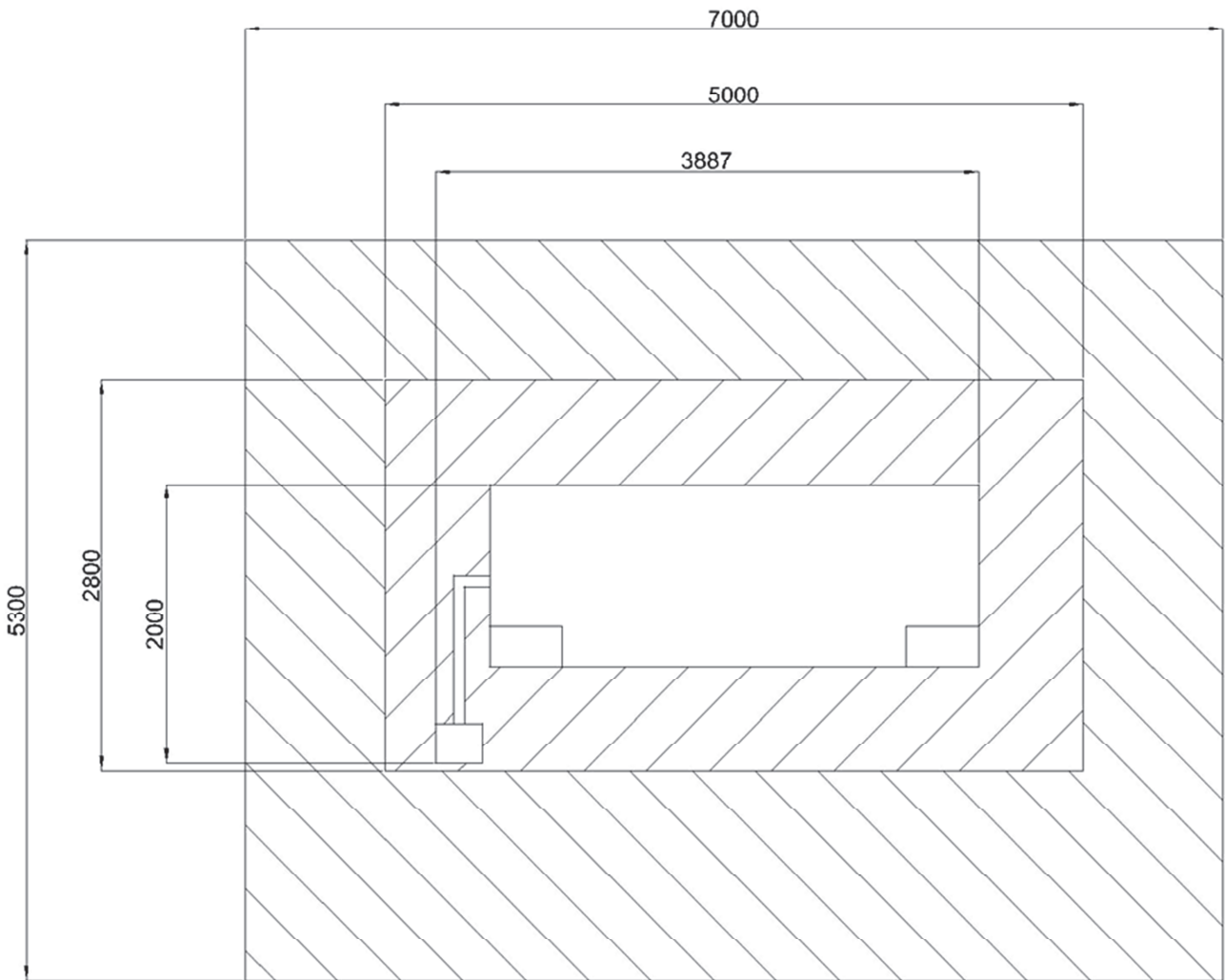
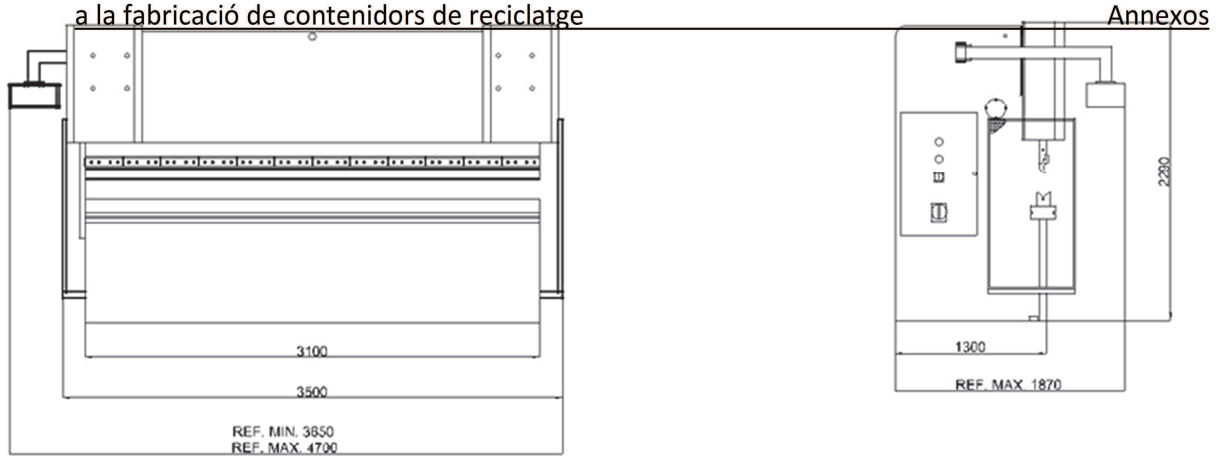
Figura 8. Dibuix i zones de treball plasma

### A.3.2 Màquina plegadora

PLEGADORA		
Marca: ASTRIDA	Model: APH-3090	Pes: 2050 kg
Matèries primeres: 400 kg/h	Subministres: Consum elèctric: 11 kW	
Productes: 400 kg/h	Residus: No s'obté cap residu	
Per aconseguir un bon plegat és recomana fer calibracions del regla.		

*Figura 9. Fitxa plegadora*

Implantació d'una nau industrial destinada a la fabricació de contenidors de reciclatge






-  Espai d'ús propi. (17,77 m<sup>2</sup>)
-  Espai d'ús exclusiu. (14 m<sup>2</sup>)
-  Espai d'ús compartit (37,1 m<sup>2</sup>)

Figura 10. Dibuix i zones de treball plegadora

### A.3.3 Màquina serra cinta

SERRA CINTA		
Marca: HYD-MECH	Model: S20A	Pes: 1725 kg
Matèries primeres: 800 kg/h	Subministres: Consum elèctric: 4 kW Taladrina: Circuit tancat 5 l	
Productes: 797 kg/h	Residus: 3 kg/h de ferritja	
Es recomana utilitzar la taladrina per tal de no fer malbé la serra i allargar la seva vida útil.		

Figura 11. Fitxa serra cinta

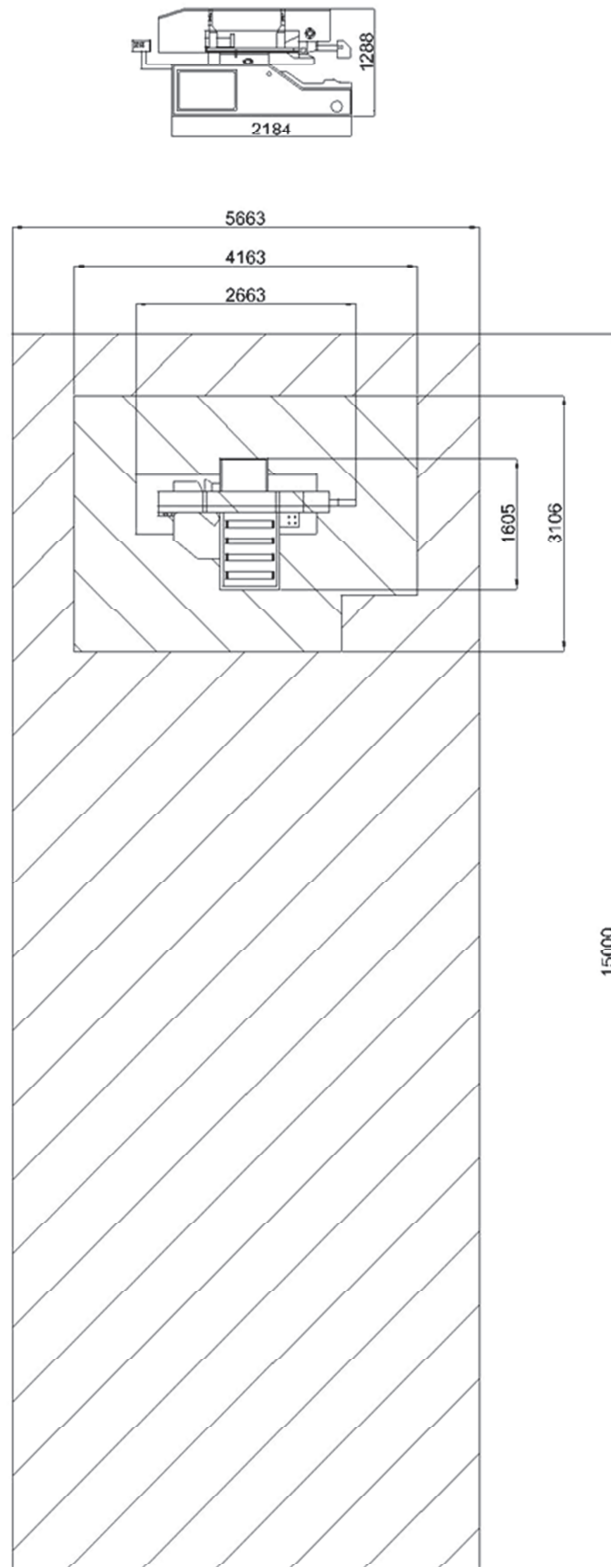





Figura 12. Dibuix i zones de treball serra cinta

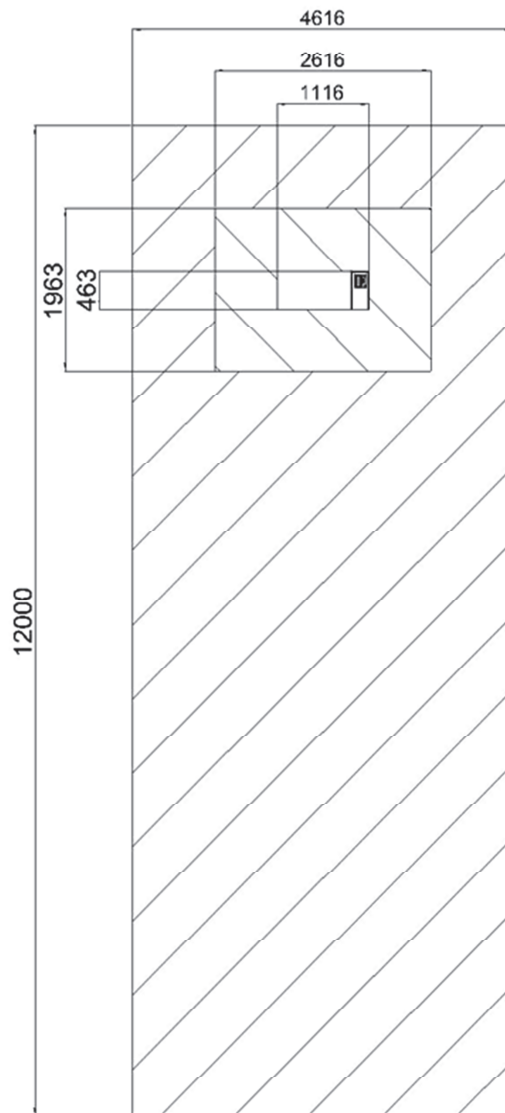
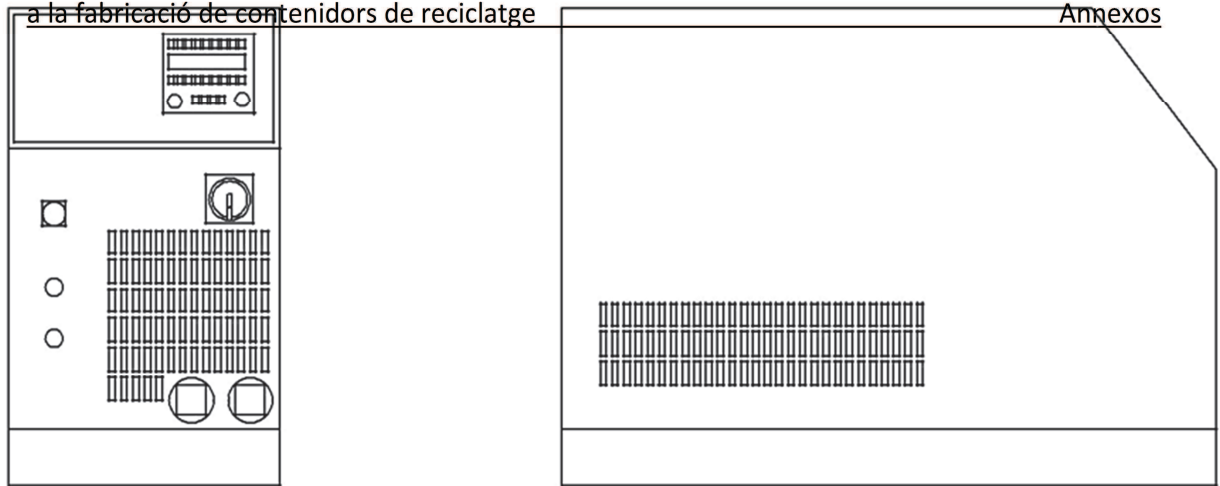
-  Espai d'ús propi. (4,27 m2)
-  Espai d'ús exclusiu. (12,93 m2)
-  Espai d'ús compartit (85 m2)

### A.3.4 Màquina de soldar

MÀQUINA DE SOLDADURA MANUAL		
Marca: LORCH	Model: SAPROM S8	Pes: 107,3 kg
Matèries primeres: Fil:2 kg/h Ferroline:16l/h	Subministres: Consum elèctric: 19-26,1 kVA cos(x)=0,99	
Productes: 250 kg/h	Residus: No s'obté cap residu	
Usar protecció per la vista i en cas que es requereixi també per l'oïda.		

Figura 13. Fitxa màquina de soldar manual

Implantació d'una nau industrial destinada a la fabricació de contenidors de reciclatge



Espai d'ús propi. (0,52 m2)



Espai d'ús exclusiu. (5,14 m2)



Espai d'ús compartit (55,4 m2)

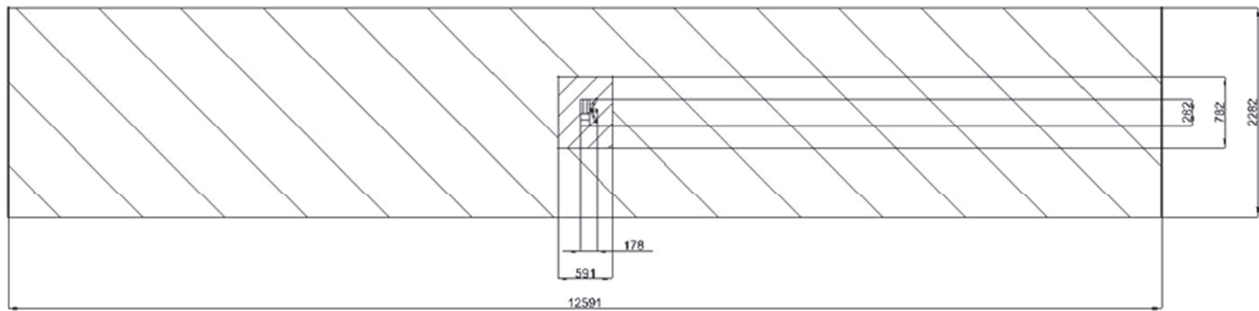
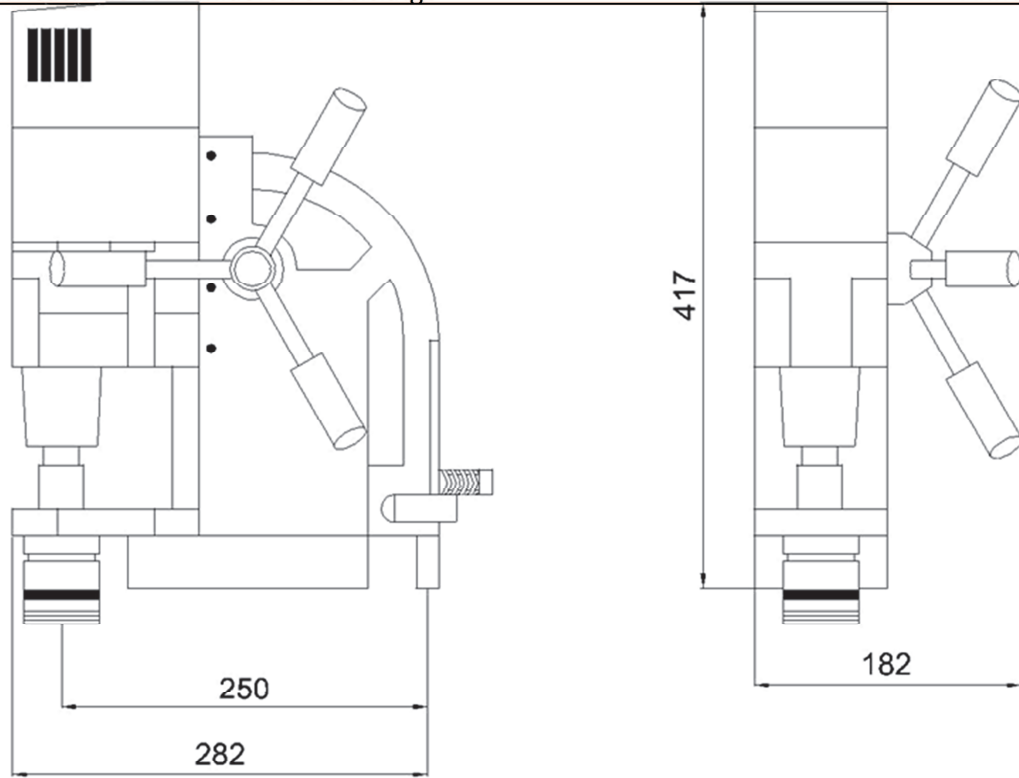
Figura 14. Dibuix i zones de treball màquina soldar

### A.3.5 Trepant

TREPANT		
Marca: RUKO	Model: RS10	Pes: 13 kg
Matèries primeres: 75 kg/h	Subministres: Consum elèctric: 1120 W Taladrina:0,5 l/h	
Productes: 74 kg/h	Residus: 1 kg/h de ferritja	
És important l'ús de la taladrina per allargar la vida útil de les broques i fresas.		

Figura 15. Fitxa trepant





Espai d'ús propi. (0,05 m2)



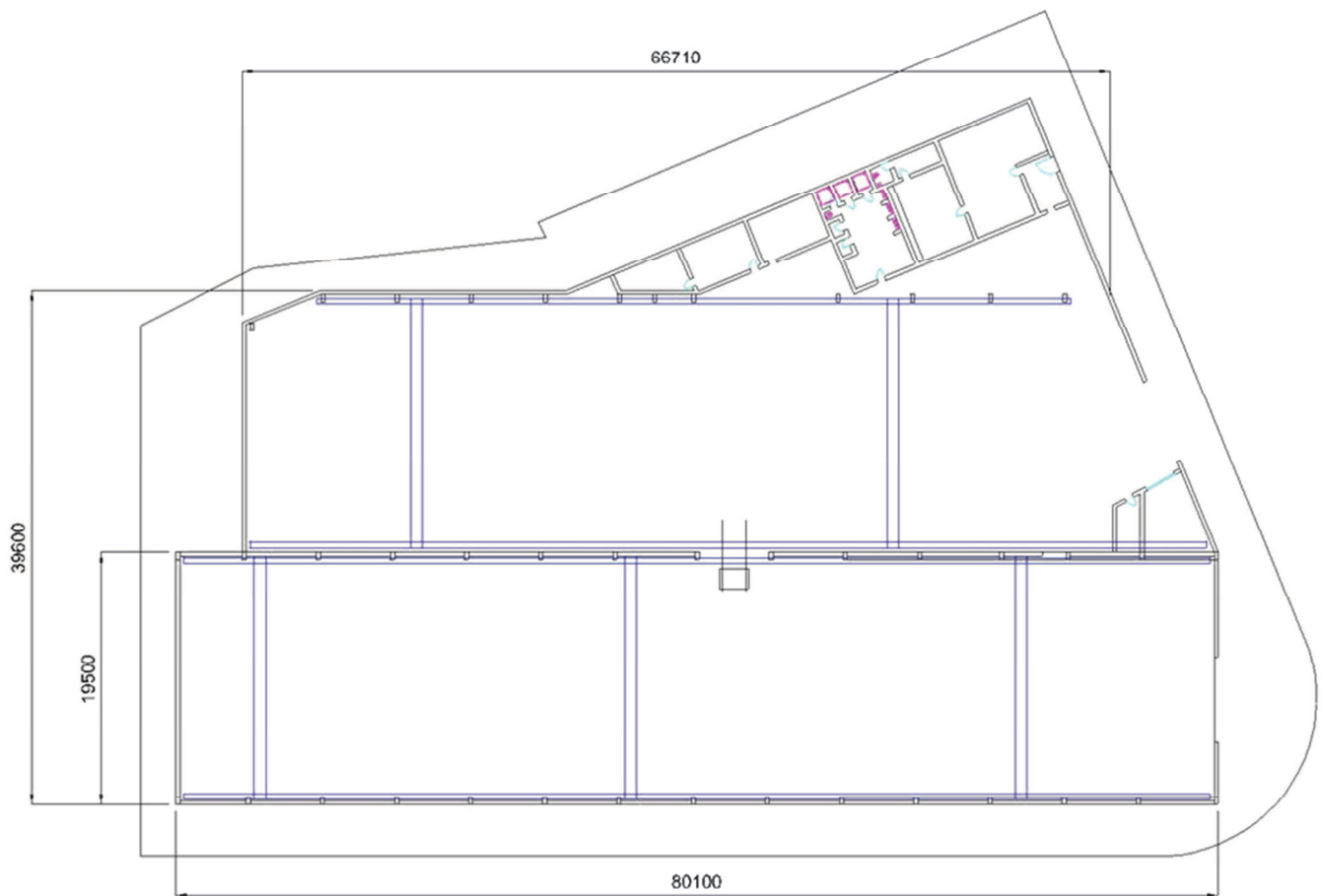
Espai d'ús exclusiu. (0,46 m2)



Espai d'ús compartit (28,73 m2)

Figura 16. Dibuix i zones de treball trepant

## ANNEX A.4. PLÀNOL NAU INDUSTRIAL



*Figura 17. Vista en planta nau industrial*

## ANNEX A.5. TAULA RELACIONAL D'ACTIVITATS

Per tal de poder entendre millor la taula relacional d'activitats aquesta és l'escala de valor per la proximitat de les activitats dels processos industrials.

<b>A</b>	Proximitat absolutament important
<b>E</b>	Proximitat especialment important
<b>I</b>	Proximitat important
<b>O</b>	Proximitat ordinària
<b>U</b>	Proximitat sense importància
<b>X</b>	Proximitat no aconsellable
<b>XX</b>	Proximitat prohibida

Figura 18. Escala de valors de la proximitat d'activitats

Tanmateix també s'adjunten els codis i les relacions de la taula relacional d'activitats.

TIPUS DE RELACIÓ	COLOR O TIPUS DE LÍNIA	INTENSITAT DE LA NECESSITAT DE PROXIMITAT	CAUSA DE LA RELACIÓ	MOTIU O CAUSA
A	Vermell	Absolutament necessària	1	Utilització d'equips comuns
E	Groc	Aproximació especialment important	2	Utilització dels mateixos fixers
I	Verd	Aproximació important	3	El mateix personal
O	Blau	Proximitat ordinària	4	El mateix local o situació
U		Proximitat sense importància	5	Contactes personals
X	Marró	Proximitat no recomanable	6	Relacions administratives
XX	Negre	Proximitat prohibida	7	Lloc en procés operatori
			8	Treballs semblants
			9	Sorolls, vibracions, fums
			10	Diversos, altres

Figura 19. Codis i relacions de la taula relacional

### A.5.1. ALTERNATIVA 1

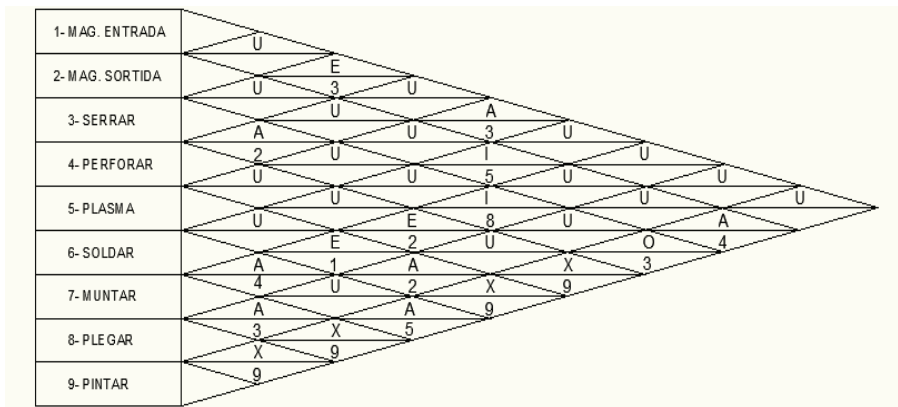


Figura 20. Taula relacional d'activitats de l'alternativa 1

### A.5.2 ALTERNATIVA 2

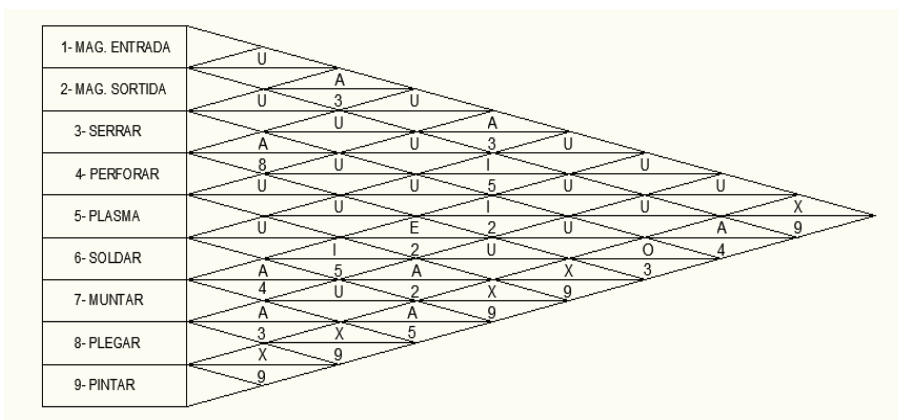


Figura 21. Taula relacional d'activitats de l'alternativa 2

### A.5.3 ALTERNATIVA 3

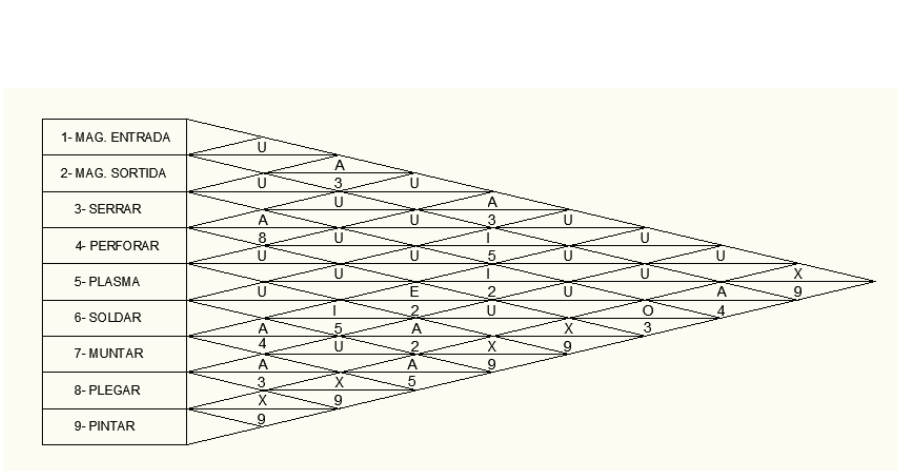


Figura 22. Taula relacional d'activitats de l'alternativa 3

## ANNEX A.6. DIAGRAMA RELACIONAL D'ACTIVITATS

Per tal d'identificar les relacions que hi ha entre les diferents operacions del procés industrial veure figura 18 i figura 19 de l'ANNEX A.5.

Per tal d'identificar els números del diagrama anar a la taula relacional d'activitats de l'ANNEX A.5.1, A.5.2 i A.5.3 corresponents a les figures 20, 21 i 22.

### A.6.1. DIAGRAMA RELACIONAL D'ACTIVITATS ALTERNATIVA 1

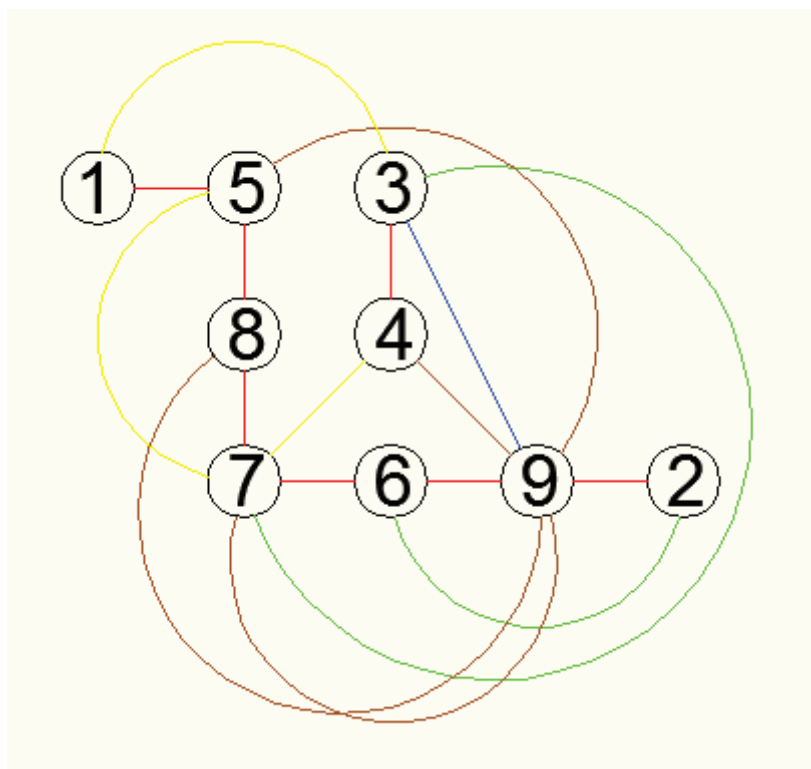


Figura 23. Diagrama relacional d'activitats de l'alternativa 1

## A.6.2. DIAGRAMA RELACIONAL D'ACTIVITATS ALTERNATIVA 2

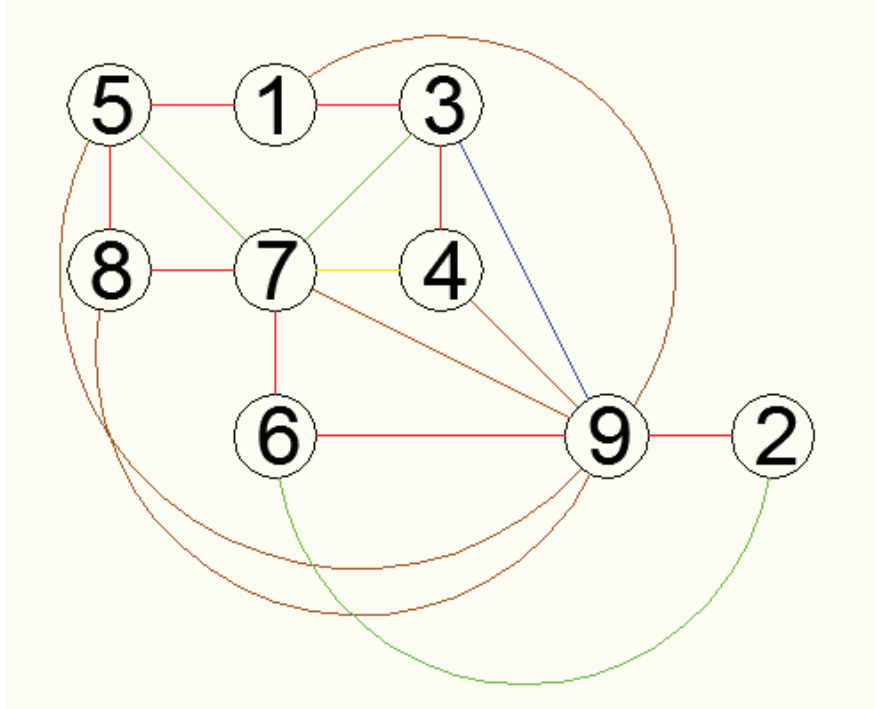


Figura 24. Diagrama relacional d'activitats de l'alternativa 2

### A.6.3. DIAGRAMA RELACIONAL D'ACTIVITATS ALTERNATIVA 3

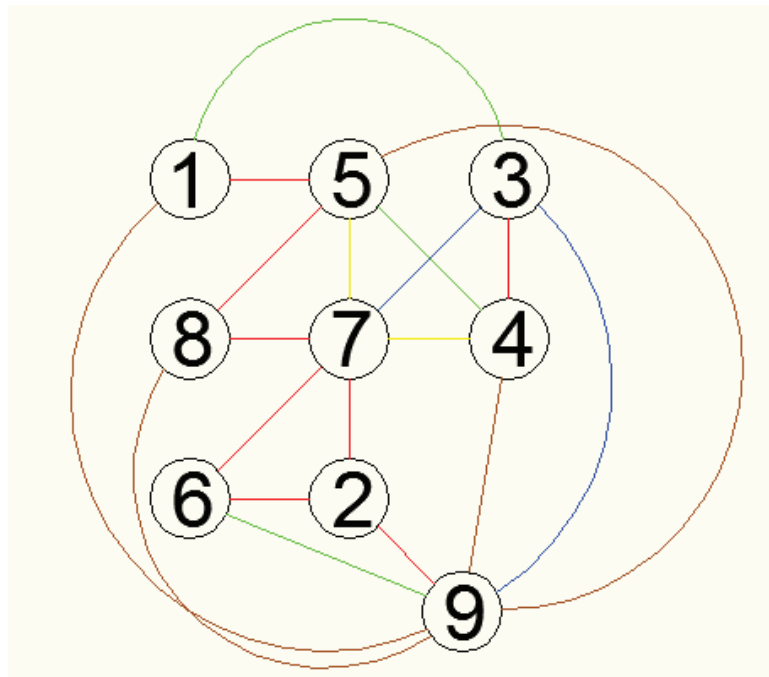


Figura 25. Diagrama relacional d'activitats de l'alternativa 3

## ANNEX A.7. DIAGRAMA RELACIONAL D'ESP AIS

Per tal d'identificar les relacions que hi ha entre les diferents operacions del procés industrial veure figura 18 i figura 19 de l'ANNEX A.5.

Per tal d'identificar els números del diagrama anar a la taula relacional d'activitats de l'ANNEX A.5.1, A.5.2 i A.5.3 corresponents a les figures 20, 21 i 22.

### A.7.1. DIAGRAMA RELACIONAL D'ESP AI ALTERNATIVA 1

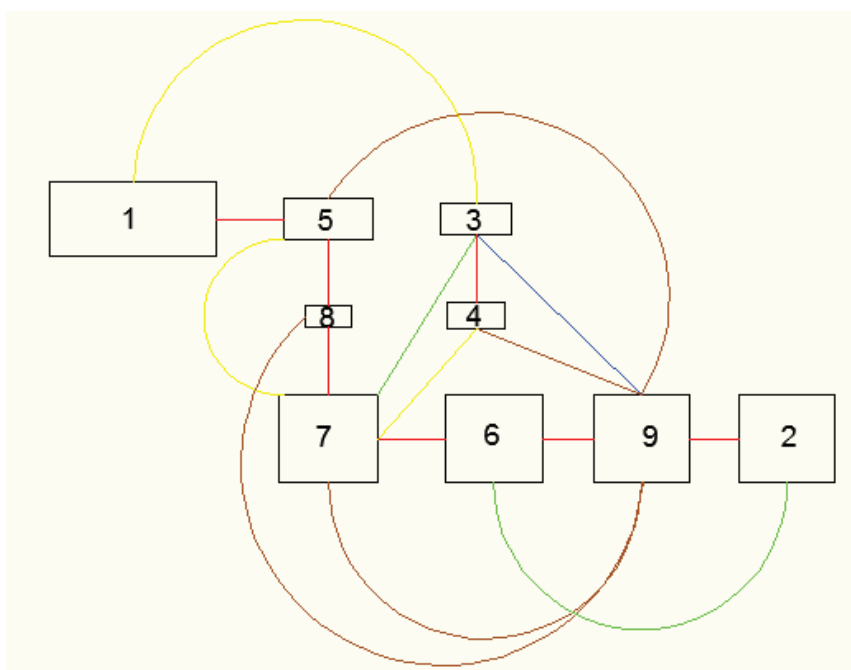


Figura 26. Diagrama relacional d'espais de l'alternativa 1



### A.7.2. DIAGRAMA RELACIONAL D'ESPAI ALTERNATIVA 2

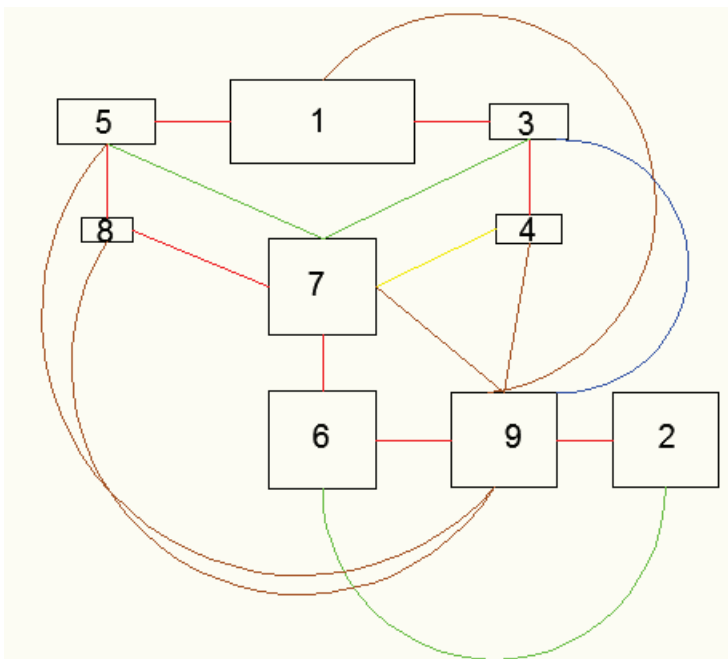


Figura 27. Diagrama relacional d'espais de l'alternativa 2

### A.7.3. DIAGRAMA RELACIONAL D'ESPAI ALTERNATIVA 3

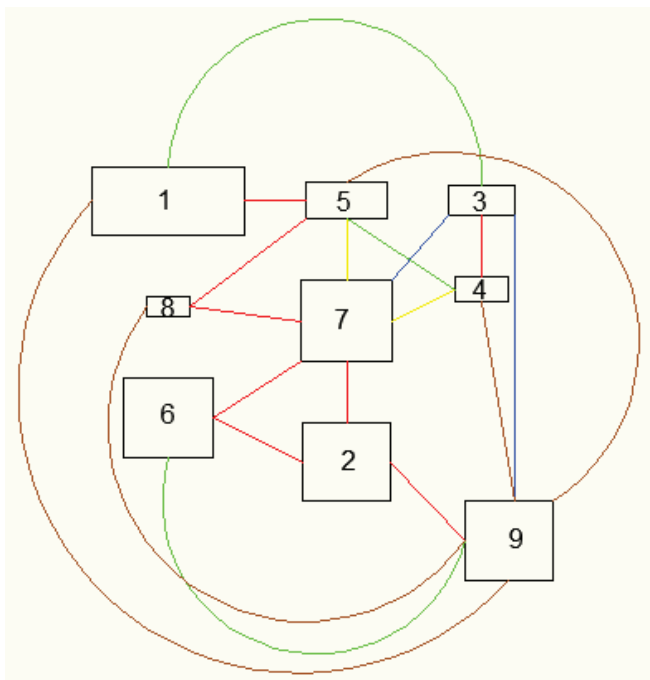


Figura 28. Diagrama relacional d'espais de l'alternativa

## ANNEX A.8. REGLA DE JOHNSON

La regla de Johnson és un mètode de programació de tasques que permet processar un nombre "n" de treballs seguint un ordre comú en 2 estacions de treball. L'objectiu d'aquesta regla és minimitzar el temps per finalitzar aquests "n" treballs.

Primer de tot s'anoten els temps d'operació de cada treball de cada màquina.

Exemple:

	Màquina 1	Màquina 2
Treball 1	15	5
Treball 2	10	4
Treball 3	2	8
Treball 4	4	7
Treball 5	6	2
Treball 6	12	1
Treball 7	5	20
Treball 8	8	8
Treball 9	3	4

Figura 29. Exemple taula treballs diagrama de Johnson

Llavors quan es tenen tots els temps s'escull el temps més breu de la primera i de la segona màquina. En el nostre cas per la màquina 1 escolliríem el treball 3 i per la màquina 2 el treball 6.

El temps més breu de la primera màquina és el que realitzarem primer i el temps més breu de la segona màquina és el que realitzarem l'últim. Es repeteix aquesta operació fins a finalitzar tots els treballs. En cas d'empat entre la màquina 1 i la màquina 2 s'escull la màquina 1.

El resultat final de l'aplicació de la regla de Johnson en aquest exemple si seguim els passos anteriors seria el següent:

3-9-4-7-8-1-2-5-6

omprovarem que el temps es redueix agafant l'ordre preestablert seguint de l'1 al 9 i el temps aplicant al regla de Johnson.

		Màquina 1	Màquina 2
<b>Treball 1</b>	Tinici	0	15
	Tfinal	15	20
<b>Treball 2</b>	Tinici	15	25
	Tfinal	25	29
<b>Treball 3</b>	Tinici	25	29
	Tfinal	27	37
<b>Treball 4</b>	Tinici	27	37
	Tfinal	31	44
<b>Treball 5</b>	Tinici	31	44
	Tfinal	37	46
<b>Treball 6</b>	Tinici	37	49
	Tfinal	49	50
<b>Treball 7</b>	Tinici	49	54
	Tfinal	54	74
<b>Treball 8</b>	Tinici	54	74
	Tfinal	62	82
<b>Treball 9</b>	Tinici	62	82
	Tfinal	65	86
<b>TOTAL</b>		<b>86</b>	

Figura 30. Temps total sense aplicar regla de Johnson

		Màquina 1	Màquina 2
<b>Treball 3</b>	Tinici	0	2
	Tfinal	2	10
<b>Treball 9</b>	Tinici	2	10
	Tfinal	5	14
<b>Treball 4</b>	Tinici	5	14
	Tfinal	9	21
<b>Treball 7</b>	Tinici	9	21
	Tfinal	14	41
<b>Treball 8</b>	Tinici	14	41
	Tfinal	22	49
<b>Treball 1</b>	Tinici	22	49
	Tfinal	37	54
<b>Treball 2</b>	Tinici	37	54
	Tfinal	47	58
<b>Treball 5</b>	Tinici	47	58
	Tfinal	53	60
<b>Treball 6</b>	Tinici	53	65
	Tfinal	65	66
<b>TOTAL</b>		<b>66</b>	<b>66</b>

Figura 31. Temps total aplicant regla de Johnson

Es pot comprovar com el temps es redueix de 86 a 66. Per tant queda demostrat com la regla de Johnson es un mètode eficaç quan es tracta de minimitzar temps de treball.

Aquesta regla l'aplicarem a un procés real per tal de poder determinar a partir de les 3 distribucions en planta que s'han trobat quina té un temps tota de producció menor.

## ANNEX A.9 VELOCITAT DE TREBALL DE A MAQUINÀRIA

Constem de 5 estacions de treball on hi ha:

- 1) Una màquina de tall per plasma.
- 2) Una plegadora hidràulica.
- 3) Una serra cinta.
- 4) Dos trepants.
- 5) Tres màquines de soldar manuals.

La plegadora hidràulica no té una velocitat que es pugui estimar. Durant el procés de fabricació és pot estimar que cada plegada té la mateixa durada.

	<b>Velocitat de treball</b>
<b>Plasma</b>	5 kg/min
<b>Serra cinta</b>	0,05 m/min
<b>Trepant</b>	6 mm/min*operari
<b>Soldadora</b>	8 h/tn*operari

Figura 32. Taula velocitats de la maquinària.

## ANNEX A.10. LLISTAT MATERIAL A PROCESSAR

Per fer l'especejament del material de tota l'obra s'han de diferenciar tres parts molt importants. La tremuja, l'estructura i les passarel·les. A partir d'aquest punt podem extreure tot el material.

a) Especejament del material de la tremuja:

BIGUES	QUANTITAT	DIMENSIONS
IPN-80	8	80X42X207
IPN-80	8	80X42X472,16
IPN-80	8	80X42X612,1
IPN-80	8	80X42X326,09
IPN-80	8	80X42X237,06
IPN-80	8	80X42X148,23
IPN-80	28	80X42X460
IPN-80	40	80X42X770
IPN-80	28	80X42X487
IPN-80	8	80X42X468,82
IPN-80	8	80X42X210,45
IPN-80	8	80X42X615,4
IPN-80	8	80X42X317,75
IPN-80	16	80X42X770
IPN-80	4	80X42X465
IPN-80	8	80X42X492
IPN-80	8	80X42X482
UPN-300	4	300X100X7400
UPN-300	8	300X100X2000
UPN-300	2	300X100X2000

Figura 33. Llista especejament de bigues de la tremuja

XAPES	QUANTITAT	DIMENSIONS
XAPA DECAPADA	2	6X314X3000
XAPA DECAPADA	4	6X715X2015
XAPA DECAPADA	8	35X3X119
XAPA DECAPADA	2	6X314X2000
XAPA NEGRE	60	10X165X291,5
XAPA NEGRE	1	10X2290X6780
XAPA NEGRE	2	10X1783X2383
XAPA NEGRE	2	10X496X496
XAPA NEGRE	1	10X2290X6780
XAPA NEGRE	5	10X165X291,5
XAPA NEGRE	2	10X2000X2383
XAPA NEGRE	2	10X1598X4605
XAPA NEGRE	4	10X1659X1913

Figura 34. Llista especejament de xapes de la tremuja

PASSAMANS	QUANTITAT	DIMENSIONS
PASSAMÀ NEGRE	4	100X10X908
PASSAMÀ NEGRE	2	100X10X4827
PASSAMÀ NEGRE	4	90X10X2256,43
PASSAMÀ NEGRE	4	90X10X2256,43
PASSAMÀ NEGRE	4	90X10X2172,21
PASSAMÀ NEGRE	4	90X10X992,43
PASSAMÀ NEGRE	10	90X10X2157,97
PASSAMÀ NEGRE	4	90X10X2120,4
PASSAMÀ NEGRE	4	90X10X579,5
PASSAMÀ NEGRE	8	60X8X600
PASSAMÀ NEGRE	8	60X8X480
PASSAMÀ NEGRE	8	2X50X8
PASSAMÀ NEGRE	8	1X50X8
PASSAMÀ NEGRE	4	100X10X2000
PASSAMÀ NEGRE	4	90X10X2250,43
PASSAMÀ NEGRE	4	100X10X1908
PASSAMÀ NEGRE	2	100X10X4827
PASSAMÀ NEGRE	2	90X10X1516,24
PASSAMÀ NEGRE	2	90X10X196,5
PASSAMÀ NEGRE	2	90X10X1516,24
PASSAMÀ NEGRE	2	90X10X196,5
PASSAMÀ NEGRE	8	90X10X1516,24
PASSAMÀ NEGRE	8	90X10X196,5
PASSAMÀ NEGRE	4	90X10X1189,61
PASSAMÀ NEGRE	6	90X10X1446,51

<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	6	90X10X196,5
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	4	90X10X1446,51
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	4	100X10X1315
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	2	60X10X3210

Figura 35. Llista espejament de passamans de la tremuja

b) Espejament del material de l'estructura:

<b>BIGUES</b>	<b>QUANTITAT</b>	<b>DIMENSIONS</b>
<b>HEA-120</b>	2	120X144X5680
<b>HEA-120</b>	2	120X114X2765
<b>HEA-120</b>	4	120X114X3410
<b>HEA-120</b>	1	120X114X1065
<b>HEA-200</b>	6	200X190X6330
<b>HEA-200</b>	2	200X190X6090
<b>HEA-200</b>	2	200X190X7060
<b>UPN-80</b>	3	80X45X1200

Figura 36. Llista espejament de bigues de l'estructura

<b>XAPES</b>	<b>QUANTITAT</b>	<b>DIMENSIONS</b>
<b>XAPA NEGRE</b>	24	10X100X350
<b>XAPA NEGRE</b>	32	10X97X170
<b>XAPA NEGRE</b>	8	180X10X230
<b>XAPA NEGRE</b>	8	10X180X180
<b>XAPA NEGRE</b>	7	180X10X310
<b>XAPA NEGRE</b>	4	10X57,5X98
<b>XAPA NEGRE</b>	8	180X10X230

Figura 37. Llista espejament de xapes de l'estructura

<b>PASSAMANS</b>	<b>QUANTITAT</b>	<b>DIMENSIONS</b>
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	6	350X20X380
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	4	300X10X300
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	2	100X10X100
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	4	140X10X140
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	4	140X10X240
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	2	180X10X420
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	4	140X10X140
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	14	140X10X140



<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	4	90X10X90
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	2	110X10X320
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	3	160X10X180
<b>PASSAMÀ NEGRE</b>	3	160X10X180

Figura 38. Llista especejament de passamans de l'estructura

<b>ANGLES</b>	<b>QUANTITAT</b>	<b>DIMENSIONS</b>
<b>ANGLE L</b>	3	60X60X6X3800
<b>ANGLE L</b>	4	60X60X6X4285
<b>ANGLE L</b>	4	60X60X6X4725

Figura 39. Llista especejament d'angles de l'estructura

c) Especejament del material de les passarel·les:

<b>BIGUES</b>	<b>QUANTITAT</b>	<b>DIMENSIONS</b>
<b>UPN-80</b>	4	80X45X1000
<b>UPN-80</b>	2	80X45X3910
<b>UPN-80</b>	2	80X45X3710

Figura 40. Llista especejament de bigues de les passarel·les

<b>XAPES</b>	<b>QUANTITAT</b>	<b>DIMENSIONS</b>
<b>XAPA DECAPADA</b>	2	2X48X48
<b>XAPA NEGRE</b>	2	10X50X190

Figura 41. Llista especejament de xapes de les passarel·les

PASSAMANS	QUANTITAT	DIMENSIONS
PASSAMÀ NEGRE	2	140X6X94
PASSAMÀ NEGRE	2	140X6X3910
PASSAMÀ NEGRE	2	140X6X3710
PASSAMÀ NEGRE	1	140X6X988
PASSAMÀ NEGRE	2	100X10X100
PASSAMÀ NEGRE	3	50X4X1908,7
PASSAMÀ NEGRE	5	50X4X2270
PASSAMÀ NEGRE	4	50X10X125
PASSAMÀ NEGRE	1	60X5X140
PASSAMÀ NEGRE	2	40X6X52
PASSAMÀ NEGRE	1	40X10X62
PASSAMÀ NEGRE	10	40X8X70

Figura 42. Llista espejament de passamans de les passarel·les

ANGLES	QUANTITAT	DIMENSIONS
ANGLE L	2	60X60X6X1385,28
ANGLE L	2	60X60X6X988
ANGLE L	1	60X60X6X1459,61
ANGLE L	2	60X60X6X1385,28
ANGLE L	2	60X60X6X988
ANGLE L	1	60X60X6X1315,09
ANGLE L	10	40X40X4X1170
ANGLE L	5	40X40X4X570

Figura 43. Llista espejament d'angles de les passarel·les

TUBS	QUANTITAT	DIMENSIONS
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	2	Φ48XΦ42X4688
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	2	Φ40XΦ37X196
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X384
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X548
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X1148
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X648
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X5078
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X1448
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X139,5
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X384
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X548
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X958
TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"	1	Φ48XΦ42X7668

<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"</b>	1	Φ48XΦ42X139,5
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 1 1/2"</b>	1	Φ48XΦ42X770
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X228
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X234
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X114
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X1328
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X654
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X228
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X544
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X550
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X7634
<b>TUB CONDUCCIÓ NEGRE 3/4"</b>	1	Φ28XΦ22X115,5
<b>TUB QUADRAT</b>	13	25X25X1,5X701

*Figura 44. Llista espejament de tubs de les passarel·les*

## ANNEX A.11 LLISTAT TOTAL DE MATERIAL

A partir de l'especejament que s'ha fet a l'ANNEX A.10 es pot trobar el llistat de material total.

a) Llistat de bigues:

IPN-80	SECCIÓ (mm <sup>2</sup> )	LONGITUD (m)	PES (kg/m)	QUANTITAT (6m/bigues)	PES TOTAL (kg)	PES MATERIAL (kg)
	80x42	108,2	5,95	19	643,79	678,30

UPN-300	SECCIÓ (mm <sup>2</sup> )	LONGITUD (m)	PES (kg/m)	QUANTITAT (6m/bigues)	PES TOTAL (kg)	PES MATERIAL (kg)
	300x100	11,4	46,20	2	526,68	554,40

HEA-120	SECCIÓ (mm <sup>2</sup> )	LONGITUD (m)	PES (kg/m)	QUANTITAT (6m/bigues)	PES TOTAL (kg)	PES MATERIAL (kg)
	120x114	31,6	19,90	6	628,74	716,40

HEA-200	SECCIÓ (mm <sup>2</sup> )	LONGITUD (m)	PES (kg/m)	QUANTITAT (6m/bigues)	PES TOTAL (kg)	PES MATERIAL (kg)
	200x190	64,3	42,30	11	2719,04	2791,80

UPN-80	SECCIÓ (mm <sup>2</sup> )	LONGITUD (m)	PES (kg/m)	QUANTITAT (6m/bigues)	PES TOTAL (kg)	PES MATERIAL (kg)
	80x45	22,8	8,64	4	197,34	207,36

Figura 45. Llistat de material de les bigues

b) Llistat de es xapes:

XAPA DECAPADA	GRUIX (mm)	ÀREA (mm <sup>2</sup> )	QUANTITAT	PES TOTAL (kg)	PES MATERIAL (kg)
2000x1000	2	4608	1	0,1	31,4
2000x1000	3	33320	1	0,8	47,1
3000X1500	6	8902900	3	419,3	635,85

XAPA NEGRE	GRUIX (mm)	ÀREA (mm <sup>2</sup> )	QUANTITAT	PES TOTAL (kg)	PES MATERIAL (kg)
6000X2000	10	82834215,5	8	6502,5	7536

Figura 46. Llistat de material de les xapes

<b>PASSAMANS</b>	<b>SECCIÓ</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>PES (kg/m)</b>	<b>QUANTITAT (6m/perfil)</b>	<b>PES TOTAL (kg)</b>	<b>PES MATERIAL (kg)</b>
	40x6	0,1	1,97	1	0,20	11,82
	40x8	0,7	2,61	1	1,83	15,66
	40x10	0,1	3,27	1	0,20	19,62
	50x4	7,1	1,65	2	11,68	19,80
	50x10	0,5	4,09	1	2,05	24,54
	60x5	0,1	2,48	1	0,35	14,88
	60x8	8,6	3,92	2	33,87	47,04
	60x10	6,4	4,90	2	31,46	58,80
	90x10	113,4	7,35	20	833,54	882,00
	100x10	44,2	8,16	8	360,93	391,68
	110x10	0,6	8,95	1	5,73	53,70
	140x6	16,4	6,92	3	113,60	124,56
	140x10	4,0	11,44	1	46,22	68,64
	160x10	1,1	13,10	1	14,15	78,60
	180x10	0,8	14,66	1	12,31	87,96
	300x10	1,2	24,26	1	29,11	145,56
	350x20	2,3	56,96	1	129,87	341,76

c) Llistat dels passamans:

*Figura 47. Llistat de material dels passamans*

d) Llistat del angles:

<b>ANGLES</b>	<b>DIMENSIONS</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>PES (kg/m)</b>	<b>QUANTITAT (6m/perfil)</b>	<b>PES TOTAL (kg)</b>	<b>PES MATERIAL (kg)</b>
	40x40x4	14,6	2,52	3	36,67	45,36
	60x60x6	59,7	5,64	10	336,75	338,40

*Figura 48. Llistat de material dels angles*

e) Llistat dels tubs:

TUB	DIMENSIONS	LONGITUD (m)	PES (kg/m)	QUANTITAT (6m/perfil)	PES TOTAL (kg)	PES MATERIAL (kg)
	φ28Xφ22	11,6	1,63	2	18,96	19,56
	φ40Xφ37	0,4	2,85	1	1,12	17,10
	φ48Xφ42	29,2	3,72	5	108,76	111,60
	25x25x1,5	9,1	1,14	2	10,39	13,68

*Figura 49. Llistat de material dels tubs*

## ANNEX A.12. TEMPS DE PROCÉS PER CADA MÀQUINA.

A cada màquina se li ha trobat el temps de procés mitjançant la fórmula:

$$t = \frac{velocitat_{tall}}{longitud} \quad \text{ó} \quad t = \frac{velocitat_{tall}}{massa}$$

Depenen de si la velocitat ve donada per unitat de longitud o de massa de material.

El plasma va en funció de la massa, la plegadora no té unitats ja que no depèn de cap factor, per cada plegada es tarda un temps bastant semblant, per tant per aproximar s'agafa uns 5 minuts per preparació i plegada tot i que pot variar en funció dels gruixos i del pes que s'hagi de plegar. Pel que fa a la serra cinta i als trepants la seva velocitat va en funció de la longitud que han de tallar o perforar en cada cas.

A cada estació de treball hi ha un sol operari menys al trepant que n'hi ha dos, llavors el temps que es reflecteix en els trepants va dividit per dos.

**a) PLASMA**

El plasma té una velocitat de  $5 \text{ kg}/\text{min}$  per tant si volem extreure el temps tindrem  $0,2 \text{ min}/\text{kg}$ . Tanmateix per cada pes de xapa, multiplicant per aquestes unitats trobarem el temps de tall de cadascuna i obtindrem la taula següent:

<b>PLASMA</b>		
<b>XAPES</b>	<b>CODI</b>	<b>TEMPS (min)</b>
2000x1000x2	A	2
2000x1000x3	B	2
3000x1500x6	C	39
3000x1500x6	D	39
3000x1500x6	E	21
6000x2000x10	F	171
6000x2000x10	G	171
6000x2000x10	H	171
6000x2000x10	I	171
6000x2000x10	J	171
6000x2000x10	K	171
6000x2000x10	L	171
6000x2000x10	M	171
PASSAMANS	N	34
PASSAMANS	O	200
PASSAMANS	P	124
PASSAMANS	Q	38

Figura 50. Taula de temps de procés i codificació del material del plasma



## b) PLEGADORA

Com s'ha dit anteriorment, la plegadora tindrà un temps de plegat de 5 minuts per xapa, però aquest variarà pels diferents gruixos i pesos de material.

PLEGADORA		
XAPES	CODI	TEMPS (min)
2000x1000x2	A	4
2000x1000x3	B	4
3000x1500x6	C	9
3000x1500x6	D	9
3000x1500x6	E	8

*Figura 51. Taula de temps de procés i codificació del material de la plegadora*

**c) SERRA CINTA**

La serra cinta té una velocitat de  $0,05 \text{ m}/\text{min}$  per tant si volem extreure el temps tindrem  $20 \text{ min}/\text{m}$ . Tanmateix per cada perfil i depenent del seu gruix, multiplicant per aquestes unitats trobarem el temps de tall de cadascuna i obtindrem la taula següent:

<b>SERRA CINTA</b>		
<b>PERFILS</b>	<b>CODI</b>	<b>TEMPS (min)</b>
IPN-80	1	755
UPN-300	2	180
HEA-120	3	68
HEA-200	4	124
UPN-80	5	52
L60x60x6	6	71
L40x40x4	7	30
$\phi 48 \times \phi 42$	8	64
$\phi 28 \times \phi 22$	9	15
$\phi 40 \times \phi 37$	10	6
25x25x1,5	11	17

*Figura 52. Taula de temps de procés i codificació del material de la serra cinta*

#### d) TREPANTS

Els trepants tenen una velocitat de  $6 \text{ mm}/\text{min}$  per tant si volem extreure el temps tindrem  $0,167 \text{ min}/\text{mm}$ . Tanmateix per cada perfil i depenent del seu gruix de les seves ales o ànimes, multiplicant per aquestes unitats trobarem el temps de tall de cadascuna i obtindrem la taula següent:

TREPANTS		
PERFILS	CODI	TEMPS (min)
IPN-80	1	1122
UPN-300	2	302
HEA-120	3	138
HEA-200	4	211
UPN-80	5	62
L60x60x6	6	178
L40x40x4	7	83

Figura 53. Taula de temps de procés i codificació del material dels trepants

Aquests temps descrits a la taula 53 són per un sol trepant.

## ANNEX A.13. TEMPS DE CANVI

Els temps de canvi pel nostre cas serà diferents en funció de l'alternativa que s'analitzi.

Els criteris que s'han agafat són:

- 1) Una velocitat mitjana de transport de  $20 \text{ m}/\text{min}$  per tant  $0,05 \text{ min}/\text{m}$ .
- 2) El temps de col·locar i treure el pont grua serà de 5 minuts.
- 3) Sempre que qualsevol transport es fa cap a la zona de muntatge i soldadura s'ha de passar d'una nau a una altre mitjançant una carreta manual per unes vies. Això són 10 minuts entre col·locar i treure dos cops el pont grua i 5 minuts més pel fet de realitzar el transport amb la carreta manual.

La distància entre tots els punts on pot haver-hi transport és la següent:

	DISTÀNCIA DE TRANSPORT (m)		
	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA
	1	2	3
<b>Entrada - plasma</b>	21	31	25,4
<b>Entrada - serra</b>	44,4	31,2	46,6
<b>Plasma - plegadora</b>	11,2	20	1,2
<b>Plasma - soldadura</b>	56,4	72	56,4
<b>Serra- trepant</b>	8	5,79	5,4
<b>Trepant - soldadura</b>	54,4	54	70
<b>Soldadura - pintura</b>	48,8	48,8	48,8
<b>Plegadora - soldadura</b>	55,2	55,2	55,2
<b>Serra - soldadura</b>	162,4	170,4	178

Figura 54. Taula de distàncies entre dues estacions de treball

El temps que esdevé seguint les normes esmentades als punts 1,2 i 3 és el següent:

	TEMPS DE CANVI (min)		
	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA
	1	2	3
<b>Entrada - plasma</b>	6,05	6,55	6,27
<b>Entrada - serra</b>	7,22	6,56	7,33
<b>Plasma - plegadora</b>	5,56	6	5,06
<b>Plasma - soldadura</b>	17,82	18,6	17,82
<b>Serra- trepant</b>	5,4	5,79	5,4
<b>Trepant - soldadura</b>	17,72	17,7	18,5
<b>Soldadura - pintura</b>	7,44	7,44	7,44
<b>Plegadora - soldadura</b>	12,76	12,76	12,76
<b>Serra - soldadura</b>	23,12	23,52	23,9

*Figura 55. Taula de temps entre dues estacions de treball*

## ANNEX A.14. APLICACIÓ DE LA REGLA DE JOHNSON AL PROCÉS DE FABRICACIÓ

Com s'ha esmentat anteriorment, per poder trobar un resultat més òptim per cada alternativa realitzarem dues alternatives.

Tant entre el plasma i la plegadora i la serra cinta i els trepants partim d'aquestes taules per realitzar la regla de Johnson.

a) Plasma i plegadora:

	PLASMA	PLEGADORA
<b>A</b>	2	4
<b>B</b>	2	4
<b>C</b>	39	9
<b>D</b>	39	9
<b>E</b>	21	8
<b>F</b>	171	-
<b>G</b>	171	-
<b>H</b>	171	-
<b>I</b>	171	-
<b>J</b>	171	-
<b>K</b>	171	-
<b>L</b>	171	-
<b>M</b>	171	-
<b>N</b>	34	-
<b>O</b>	200	-
<b>P</b>	124	-
<b>Q</b>	38	-

Figura 56. Taula inicial per realitzar la regla de Johnson per plasma i plegadora

b) Serra cinta i trepants:

	SERRA	TREPANT
1	755	1122
2	180	62
3	68	302
4	124	138
5	52	211
6	70	178
7	30	83
8	64	-
9	15	-
10	6	-
11	17	-

Figura 57. Taula inicial per realitzar la regla de Johnson per serra cinta i trepants

Resultat 1 per l'aplicació de la regla de Johnson:

A - C - D - E - B - N - Q - P - F - G - H - I - J - K - L - M - O

Resultat 2 per l'aplicació de la regla de Johnson:

A - B - C - D - E - N - Q - P - F - G - H - I - J - K - L - M - O

Aquests resultats obtinguts els aplicarem a les 3 alternatives i obtindrem 6 resultats finals.

## ANNEX A.15 PROGRAMACIÓ TEMPS DE CICLES

### ANNEX A.15.1. ALTERNATIVA 1

- 1) Alternativa 1.1:  
 1.1) Plasma i plegadora:

		Mag. - Plasma	Plasma	Plasma - Plegadora	Plasma - Soldadura	Plegadora	Plegadora - Soldadura
A	Tentrada	0	6	8	-	13	17
	Tsortira	6	8	13	-	17	30
C	Tentrada	8	14	53	-	58	67
	Tsortira	14	53	58	-	67	80
D	Tentrada	53	59	98	-	103	112
	Tsortira	59	98	103	-	112	125
E	Tentrada	98	104	125	-	130	138
	Tsortira	104	125	130	-	138	151
B	Tentrada	125	131	151	-	156	160
	Tsortira	131	133	156	-	160	173
N	Tentrada	133	139	-	173	-	-
	Tsortira	139	173	-	191	-	-
Q	Tentrada	173	179	-	217	-	-
	Tsortira	179	217	-	235	-	-
P	Tentrada	217	223	-	347	-	-
	Tsortira	223	347	-	365	-	-
F	Tentrada	347	353	-	524	-	-
	Tsortira	353	524	-	542	-	-
G	Tentrada	524	531	-	702	-	-
	Tsortira	531	702	-	719	-	-
H	Tentrada	702	708	-	879	-	-
	Tsortira	708	879	-	896	-	-
I	Tentrada	879	885	-	1056	-	-
	Tsortira	885	1056	-	1073	-	-
J	Tentrada	1056	1062	-	1233	-	-
	Tsortira	1062	1233	-	1250	-	-
K	Tentrada	1233	1239	-	1410	-	-
	Tsortira	1239	1410	-	1428	-	-
L	Tentrada	1410	1416	-	1587	-	-
	Tsortira	1416	1587	-	1605	-	-
M	Tentrada	1587	1593	-	1738	-	-
	Tsortira	1593	1738	-	1756	-	-
O	Tentrada	1738	1744	-	1944	-	-
	Tsortira	1744	1944	-	1962	-	-

Figura 58. Taula de temps de cicles pel plasma i la plegadora de l'alternativa 1.1



1.2) Serra cinta i trepants:

		Mag. - Serra	Serra	Serra - Trepant	Trepant	Trepant - Soldadura	Serra - Soldadura
7	Tentrada	0	7	37	43	84	-
	Tsortira	7	37	43	84	102	-
5	Tentrada	37	44	102	107	138	-
	Tsortira	44	96	107	138	156	-
3	Tentrada	96	104	172	177	246	-
	Tsortira	104	172	177	246	264	-
6	Tentrada	172	179	264	269	358	-
	Tsortira	179	250	269	358	376	-
1	Tentrada	250	257	1012	1018	1579	-
	Tsortira	257	1012	1018	1579	1596	-
4	Tentrada	1012	1019	1596	1602	1712	-
	Tsortira	1019	1143	1602	1712	1730	-
2	Tentrada	1143	1151	1730	1735	1886	-
	Tsortira	1151	1331	1735	1886	1904	-
10	Tentrada	1331	1338	-	-	-	1344
	Tsortira	1338	1344	-	-	-	1367
9	Tentrada	1367	1374	-	-	-	1389
	Tsortira	1374	1389	-	-	-	1412
11	Tentrada	1412	1419	-	-	-	1436
	Tsortira	1419	1436	-	-	-	1460
8	Tentrada	1460	1467	-	-	-	1531
	Tsortira	1467	1531	-	-	-	1554

Figura 59. Taula de temps de cicles per la serra cinta i els trepants de l'alternativa 1.1

- 2) Alternativa 1.2:  
 2.1) Plasma i plegadora:

		Mag. - Plasma	Plasma	Plasma - Plegadora	Plasma - Soldadura	Plegadora	Plegadora - Soldadura
A	Tentrada	0	6	8	-	13	17
	Tsortira	6	8	13	-	17	30
B	Tentrada	8	14	30	-	35	39
	Tsortira	14	16	35	-	39	52
C	Tentrada	16	22	61	-	66	75
	Tsortira	22	61	66	-	75	88
D	Tentrada	61	67	106	-	111	120
	Tsortira	67	106	111	-	120	133
E	Tentrada	106	112	133	-	138	146
	Tsortira	112	133	138	-	146	159
N	Tentrada	133	139	-	173	-	-
	Tsortira	139	173	-	191	-	-
Q	Tentrada	173	179	-	217	-	-
	Tsortira	179	217	-	235	-	-
P	Tentrada	217	223	-	347	-	-
	Tsortira	223	347	-	365	-	-
F	Tentrada	347	353	-	524	-	-
	Tsortira	353	524	-	542	-	-
G	Tentrada	524	531	-	702	-	-
	Tsortira	531	702	-	719	-	-
H	Tentrada	702	708	-	879	-	-
	Tsortira	708	879	-	896	-	-
I	Tentrada	879	885	-	1056	-	-
	Tsortira	885	1056	-	1073	-	-
J	Tentrada	1056	1062	-	1233	-	-
	Tsortira	1062	1233	-	1250	-	-
K	Tentrada	1233	1239	-	1410	-	-
	Tsortira	1239	1410	-	1428	-	-
L	Tentrada	1410	1416	-	1587	-	-
	Tsortira	1416	1587	-	1605	-	-
M	Tentrada	1587	1593	-	1738	-	-
	Tsortira	1593	1738	-	1756	-	-
O	Tentrada	1738	1744	-	1944	-	-
	Tsortira	1744	1944	-	1962	-	-

Figura 60. Taula de temps de cicles pel plasma i la plegadora de l'alternativa 1.2

2.2) Serra cinta i trepants:

		Mag. - Serra	Serra	Serra - Trepant	Trepant	Trepant - Soldadura	Serra - Soldadura
7	Tentrada	0	7	37	43	84	-
	Tsortira	7	37	43	84	102	-
5	Tentrada	37	44	102	107	138	-
	Tsortira	44	96	107	138	156	-
3	Tentrada	96	104	172	177	246	-
	Tsortira	104	172	177	246	264	-
6	Tentrada	172	179	264	269	358	-
	Tsortira	179	250	269	358	376	-
4	Tentrada	250	257	381	387	492	-
	Tsortira	257	381	387	492	510	-
1	Tentrada	381	388	1143	1149	1710	-
	Tsortira	388	1143	1149	1710	1727	-
2	Tentrada	1143	1151	1727	1733	1884	-
	Tsortira	1151	1331	1733	1884	1902	-
10	Tentrada	1331	1338	-	-	-	1344
	Tsortira	1338	1344	-	-	-	1367
9	Tentrada	1367	1374	-	-	-	1389
	Tsortira	1374	1389	-	-	-	1412
11	Tentrada	1412	1419	-	-	-	1436
	Tsortira	1419	1436	-	-	-	1460
8	Tentrada	1460	1467	-	-	-	1531
	Tsortira	1467	1531	-	-	-	1554

Figura 61. Taula de temps de cicles per la serra cinta i els trepants de l'alternativa 1.2

**ANNEX A.15.2. ALTERNATIVA 2**

- 1) Alternativa 2.1:
  - 1.1) Plasma i plegadora:

		Mag. - Plasma	Plasma	Plasma - Plegadora	Plasma - Soldadura	Plegadora	Plegadora - Soldadura
A	Tentrada	0	7	9	-	15	19
	Tsortira	7	9	15	-	19	31
C	Tentrada	9	15	54	-	60	69
	Tsortira	15	54	60	-	69	82
D	Tentrada	54	61	100	-	106	115
	Tsortira	61	100	106	-	115	127
E	Tentrada	100	106	127	-	133	141
	Tsortira	106	127	133	-	141	154
B	Tentrada	127	134	154	-	160	164
	Tsortira	134	136	160	-	164	176
N	Tentrada	136	142	-	176	-	-
	Tsortira	142	176	-	195	-	-
Q	Tentrada	176	183	-	221	-	-
	Tsortira	183	221	-	239	-	-
P	Tentrada	221	227	-	351	-	-
	Tsortira	227	351	-	370	-	-
F	Tentrada	351	358	-	529	-	-
	Tsortira	358	529	-	548	-	-
G	Tentrada	529	536	-	707	-	-
	Tsortira	536	707	-	725	-	-
H	Tentrada	707	713	-	884	-	-
	Tsortira	713	884	-	903	-	-
I	Tentrada	884	891	-	1062	-	-
	Tsortira	891	1062	-	1080	-	-
J	Tentrada	1062	1068	-	1239	-	-
	Tsortira	1068	1239	-	1258	-	-
K	Tentrada	1239	1246	-	1417	-	-
	Tsortira	1246	1417	-	1435	-	-
L	Tentrada	1417	1423	-	1594	-	-
	Tsortira	1423	1594	-	1613	-	-
M	Tentrada	1594	1601	-	1746	-	-
	Tsortira	1601	1746	-	1764	-	-
O	Tentrada	1746	1752	-	1952	-	-
	Tsortira	1752	1952	-	1971	-	-

Figura 62. Taula de temps de cicles pel plasma i la plegadora de l'alternativa 2.1

1.2) Serra cinta i trepants:

		Mag. - Serra	Serra	Serra - Trepant	Trepant	Trepant - Soldadura	Serra - Soldadura
7	Tentrada	0	7	37	42	84	-
	Tsortira	7	37	42	84	102	-
5	Tentrada	37	43	102	107	138	-
	Tsortira	43	95	107	138	156	-
3	Tentrada	95	102	170	175	244	-
	Tsortira	102	170	175	244	262	-
6	Tentrada	170	176	262	268	357	-
	Tsortira	176	247	268	357	375	-
1	Tentrada	247	254	1009	1015	1576	-
	Tsortira	254	1009	1015	1576	1593	-
4	Tentrada	1009	1015	1593	1599	1710	-
	Tsortira	1015	1139	1599	1710	1727	-
2	Tentrada	1139	1146	1727	1733	1884	-
	Tsortira	1146	1326	1733	1884	1902	-
10	Tentrada	1326	1332	-	-	-	1338
	Tsortira	1332	1338	-	-	-	1362
9	Tentrada	1362	1369	-	-	-	1384
	Tsortira	1369	1384	-	-	-	1407
11	Tentrada	1407	1414	-	-	-	1431
	Tsortira	1414	1431	-	-	-	1454
8	Tentrada	1454	1461	-	-	-	1525
	Tsortira	1461	1525	-	-	-	1548

Figura 63. Taula de temps de cicles per la serra cinta i els trepants de l'alternativa 2.1

- 2) Alternativa 2.2:  
 2.1) Plasma i plegadora:

		Mag. - Plasma	Plasma	Plasma - Plegadora	Plasma - Soldadura	Plegadora	Plegadora - Soldadura
A	Tentrada	0	7	9	-	15	19
	Tsortira	7	9	15	-	19	31
B	Tentrada	9	15	31	-	37	41
	Tsortira	15	17	37	-	41	54
C	Tentrada	17	24	63	-	69	78
	Tsortira	24	63	69	-	78	90
D	Tentrada	63	69	108	-	114	123
	Tsortira	69	108	114	-	123	136
E	Tentrada	108	115	136	-	142	150
	Tsortira	115	136	142	-	150	162
N	Tentrada	136	142	-	176	-	-
	Tsortira	142	176	-	195	-	-
Q	Tentrada	176	183	-	221	-	-
	Tsortira	183	221	-	239	-	-
P	Tentrada	221	227	-	351	-	-
	Tsortira	227	351	-	370	-	-
F	Tentrada	351	358	-	529	-	-
	Tsortira	358	529	-	548	-	-
G	Tentrada	529	536	-	707	-	-
	Tsortira	536	707	-	725	-	-
H	Tentrada	707	713	-	884	-	-
	Tsortira	713	884	-	903	-	-
I	Tentrada	884	891	-	1062	-	-
	Tsortira	891	1062	-	1080	-	-
J	Tentrada	1062	1068	-	1239	-	-
	Tsortira	1068	1239	-	1258	-	-
K	Tentrada	1239	1246	-	1417	-	-
	Tsortira	1246	1417	-	1435	-	-
L	Tentrada	1417	1423	-	1594	-	-
	Tsortira	1423	1594	-	1613	-	-
M	Tentrada	1594	1601	-	1746	-	-
	Tsortira	1601	1746	-	1764	-	-
O	Tentrada	1746	1752	-	1952	-	-
	Tsortira	1752	1952	-	1971	-	-

Figura 64. Taula de temps de cicles pel plasma i la plegadora de l'alternativa 2.2

2.2) Serra cinta i trepants:

		Mag. - Serra	Serra	Serra - Trepant	Trepant	Trepant - Soldadura	Serra - Soldadura
7	Tentrada	0	7	37	42	84	-
	Tsortira	7	37	42	84	102	-
5	Tentrada	37	43	102	107	138	-
	Tsortira	43	95	107	138	156	-
3	Tentrada	95	102	170	175	244	-
	Tsortira	102	170	175	244	262	-
6	Tentrada	170	176	262	268	357	-
	Tsortira	176	247	268	357	375	-
4	Tentrada	247	254	378	384	489	-
	Tsortira	254	378	384	489	507	-
1	Tentrada	378	384	1139	1145	1706	-
	Tsortira	384	1139	1145	1706	1724	-
2	Tentrada	1139	1146	1724	1730	1881	-
	Tsortira	1146	1326	1730	1881	1898	-
10	Tentrada	1326	1332	-	-	-	1338
	Tsortira	1332	1338	-	-	-	1362
9	Tentrada	1362	1369	-	-	-	1384
	Tsortira	1369	1384	-	-	-	1407
11	Tentrada	1407	1414	-	-	-	1431
	Tsortira	1414	1431	-	-	-	1454
8	Tentrada	1454	1461	-	-	-	1525
	Tsortira	1461	1525	-	-	-	1548

Figura 65. Taula de temps de cicles per la serra cinta i els trepants de l'alternativa 2.2

**ANNEX A.15.3. ALTERNATIVA 3**

- 1) Alternativa 3.1:
  - 1.1) Plasma i plegadora:

		Mag. - Plasma	Plasma	Plasma - Plegadora	Plasma - Soldadura	Plegadora	Plegadora - Soldadura
A	Tentrada	0	6	8	-	13	17
	Tsortira	6	8	13	-	17	30
C	Tentrada	8	15	54	-	59	68
	Tsortira	15	54	59	-	68	80
D	Tentrada	54	60	99	-	104	113
	Tsortira	60	99	104	-	113	126
E	Tentrada	99	105	126	-	131	139
	Tsortira	105	126	131	-	139	152
B	Tentrada	126	132	152	-	157	161
	Tsortira	132	134	157	-	161	174
N	Tentrada	134	141	-	175	-	-
	Tsortira	141	175	-	192	-	-
Q	Tentrada	175	181	-	219	-	-
	Tsortira	181	219	-	237	-	-
P	Tentrada	219	225	-	349	-	-
	Tsortira	225	349	-	367	-	-
F	Tentrada	349	355	-	526	-	-
	Tsortira	355	526	-	544	-	-
G	Tentrada	526	533	-	704	-	-
	Tsortira	533	704	-	722	-	-
H	Tentrada	704	710	-	881	-	-
	Tsortira	710	881	-	899	-	-
I	Tentrada	881	887	-	1058	-	-
	Tsortira	887	1058	-	1076	-	-
J	Tentrada	1058	1065	-	1236	-	-
	Tsortira	1065	1236	-	1253	-	-
K	Tentrada	1236	1242	-	1413	-	-
	Tsortira	1242	1413	-	1431	-	-
L	Tentrada	1413	1419	-	1590	-	-
	Tsortira	1419	1590	-	1608	-	-
M	Tentrada	1590	1596	-	1741	-	-
	Tsortira	1596	1741	-	1759	-	-
O	Tentrada	1741	1748	-	1948	-	-
	Tsortira	1748	1948	-	1965	-	-

Figura 66. Taula de temps de cicles pel plasma i la plegadora de l'alternativa 3.1



1.2) Serra cinta i trepants:

		Mag. - Serra	Serra	Serra - Trepant	Trepant	Trepant - Soldadura	Serra - Soldadura
7	Tentrada	0	7	37	43	84	-
	Tsortira	7	37	43	84	102	-
5	Tentrada	37	45	102	107	138	-
	Tsortira	45	97	107	138	156	-
3	Tentrada	97	104	172	177	246	-
	Tsortira	104	172	177	246	264	-
6	Tentrada	172	179	264	270	359	-
	Tsortira	179	250	270	359	376	-
1	Tentrada	250	258	1013	1018	1579	-
	Tsortira	258	1013	1018	1579	1597	-
4	Tentrada	1013	1020	1597	1602	1713	-
	Tsortira	1020	1144	1602	1713	1730	-
2	Tentrada	1144	1151	1730	1736	1887	-
	Tsortira	1151	1331	1736	1887	1905	-
10	Tentrada	1331	1339	-	-	-	1345
	Tsortira	1339	1345	-	-	-	1369
9	Tentrada	1369	1376	-	-	-	1391
	Tsortira	1376	1391	-	-	-	1415
11	Tentrada	1415	1422	-	-	-	1439
	Tsortira	1422	1439	-	-	-	1463
8	Tentrada	1463	1470	-	-	-	1534
	Tsortira	1470	1534	-	-	-	1558

Figura 67. Taula de temps de cicles per la serra cinta i els trepants de l'alternativa 3.1

2) Alternativa 3.2:  
2.1) Plasma i plegadora:

		Mag. - Plasma	Plasma	Plasma - Plegadora	Plasma - Soldadura	Plegadora	Plegadora - Soldadura
A	Tentrada	0	6	8	-	13	17
	Tsortira	6	8	13	-	17	30
B	Tentrada	8	15	30	-	35	39
	Tsortira	15	17	35	-	39	52
C	Tentrada	17	23	62	-	67	76
	Tsortira	23	62	67	-	76	89
D	Tentrada	62	68	107	-	112	121
	Tsortira	68	107	112	-	121	134
E	Tentrada	107	113	134	-	139	147
	Tsortira	113	134	139	-	147	160
N	Tentrada	134	141	-	175	-	-
	Tsortira	141	175	-	192	-	-
Q	Tentrada	175	181	-	219	-	-
	Tsortira	181	219	-	237	-	-
P	Tentrada	219	225	-	349	-	-
	Tsortira	225	349	-	367	-	-
F	Tentrada	349	355	-	526	-	-
	Tsortira	355	526	-	544	-	-
G	Tentrada	526	533	-	704	-	-
	Tsortira	533	704	-	722	-	-
H	Tentrada	704	710	-	881	-	-
	Tsortira	710	881	-	899	-	-
I	Tentrada	881	887	-	1058	-	-
	Tsortira	887	1058	-	1076	-	-
J	Tentrada	1058	1065	-	1236	-	-
	Tsortira	1065	1236	-	1253	-	-
K	Tentrada	1236	1242	-	1413	-	-
	Tsortira	1242	1413	-	1431	-	-
L	Tentrada	1413	1419	-	1590	-	-
	Tsortira	1419	1590	-	1608	-	-
M	Tentrada	1590	1596	-	1741	-	-
	Tsortira	1596	1741	-	1759	-	-
O	Tentrada	1741	1748	-	1948	-	-
	Tsortira	1748	1948	-	1965	-	-

Figura 68. Taula de temps de cicles pel plasma i la plegadora de l'alternativa 3.2

2.2) Serra cinta i trepant:

		Mag. - Serra	Serra	Serra - Trepant	Trepant	Trepant - Soldadura	Serra - Soldadura
7	Tentrada	0	7	37	43	84	-
	Tsortira	7	37	43	84	102	-
5	Tentrada	37	45	102	107	138	-
	Tsortira	45	97	107	138	156	-
3	Tentrada	97	104	172	177	246	-
	Tsortira	104	172	177	246	264	-
6	Tentrada	172	179	264	270	359	-
	Tsortira	179	250	270	359	376	-
4	Tentrada	250	258	382	387	493	-
	Tsortira	258	382	387	493	510	-
1	Tentrada	382	389	1144	1149	1710	-
	Tsortira	389	1144	1149	1710	1728	-
2	Tentrada	1144	1151	1728	1734	1885	-
	Tsortira	1151	1331	1734	1885	1902	-
10	Tentrada	1331	1339	-	-	-	1345
	Tsortira	1339	1345	-	-	-	1369
9	Tentrada	1369	1376	-	-	-	1391
	Tsortira	1376	1391	-	-	-	1415
11	Tentrada	1415	1422	-	-	-	1439
	Tsortira	1422	1439	-	-	-	1463
8	Tentrada	1463	1470	-	-	-	1534
	Tsortira	1470	1534	-	-	-	1558

Figura 69. Taula de temps de cicles per la serra cinta i els trepants de l'alternativa 3.2

## ANNEX A.16. TEMPS DELS PROCESSOS

	TEMPS DELS PROCESSOS (min)			
	Plasma	Plegadora	Serra cinta	Trepants
<b>Alternativa 1.1</b>	1962	176	1554	1904
<b>Alternativa 1.2</b>	<b>1962</b>	<b>159</b>	<b>1554</b>	<b>1902</b>
<b>Alternativa 2.1</b>	1971	176	1548	1902
<b>Alternativa 2.2</b>	1971	162	1548	1898
<b>Alternativa 3.1</b>	1965	174	1558	1905
<b>Alternativa 3.2</b>	1965	160	1558	1902

*Figura 70. Temps de les alternatives per cada estació de treball*

Triem l'alternativa 1.2 ja que és la que representa una durada de plasma més curta juntament amb la 1.1, però si ens fixem en les altres màquines, la durada és més curta a l'alternativa 1.2.

## ANNEX A.17. FULL DE RUTA I FULL DE TREBALL

El full de treball pel nostre procés de fabricació, muntatge, soldadura i pintura és el

Nº FASE	Nº SUBFASE	DESCRIPCIÓ	CENTRE DE TREBALL	Velocitat	Avanç (mm/min)	Tprep (min)	Tcicle (min)
10	1	Tall per plasma	Màquina de plasma	1500 mm/min	-	30	1962
	2	Plegar xapes	Plegadora	-	-	5	159
	3	Serra material	Serra cinta	-	25	5	1554
	4	Taladrar material	Trepant	-	6	10	1902
20	1	Muntar i soldar	Muntatge/Soldadura	8 h/tn	-	15	2210
30	1	Imprimació i pintura	Pintura	-	-	45	1440

següent:

Figura 71. Full de treball de l'alternativa 1.2

El full de ruta de tot el nostre cicle de fabricació, muntatge, soldadura i pintura és el següent:

Nº FASE	DESCRIPCIÓ	CENTRE TREBALL	Tprep (min)	Tcicle (min)	Tp+Tc(min)
10	Tall de material i preparació per fabricació	Fabricació	30	1962	1992
20	Muntar i soldar	Muntatge/Soldadura	15	2210	2225
30	Imprimació i pintura	Pintura	45	1440	1485
				<b>Ttotal (min)</b>	<b>5702</b>

Figura 72. Full de ruta de l'alternativa 1.2

Com es pot observar, el major temps dins de totes les fases del procés de fabricació és la del plasma, per tant, s'agafarà aquesta com el major temps de cicle perquè és el que actua com a cul d'ampolla.

## **ANNEX B: ANÀLISI DE L'ESTRUCTURA**

## ANNEX B.1 ANÀLISI DE L'ESTRUCTURA

L'estructura que s'ha d'analitzar estarà dins una nau industrial per tant el tema de càrregues de vent i neu no es tindran en compte. Tanmateix només tindrem en compte les càrregues d'ús i càrregues permanents que ja estan incloses en el material de l'estructura.

L'estructura a analitzar consta de 4 pòrtics. Nosaltres n'analitzarem dos ja que els altres dos són simètrics. Ho dividirem en pòrtic A i pòrtic B.

Per veure el pòrtic en una vista general anar al plànol número 1.

L'estructura suporta una tremuja que pesa 8980,5 kg i càrregues que suporten els pòrtics es defineixen a continuació:

PÒRTIC	CÀRREGA (kN/m)
A	3,67
B	3,017

*Figura 73. Càrregues lineals dels pòrtics*

Per veure els plànols de la tremuja anar als plànols 7 i 8.

Per veure l'explicació teòrica de la comprovació d'esforços a tracció, compressió i moments veure l'ANNEX B.2.

### 1) Anàlisi estructural pòrtic A:

El plànol del pòrtic A es troba al plànol número 2.

A partir d'aquí comencem l'anàlisi de les forces externes a tots els elements del pòrtic.

El pòrtic A està format per 11 elements:

ELEMENT	DESCRIPCIÓ	LONGITUD (m)
1-1	HEA-200	2975
1-2	HEA-200	3575
4-1	HEA-200	2975
4-2	HEA-200	3575
8-1	HEA-200	2850
8-2	HEA-200	2850
16-1	HEA-120	2850
16-2	HEA-120	2850
17	HEA-120	2975
23	L60X60X6	4891
24	L60X60X6	4891

Figura 74. Elements del pòrtic A

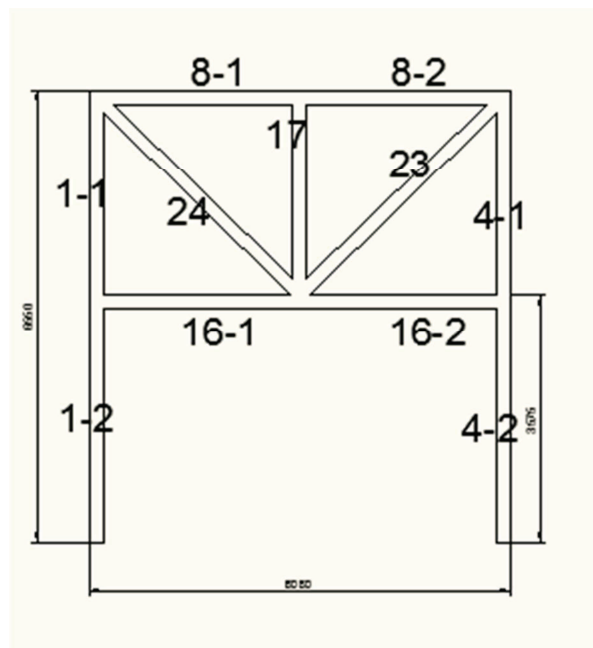


Figura 75. Croquis del pòrtic A



A continuació es mostra l'assaig del pòrtic A per tots els seus elements mostrant el diagrama de tallants, el de moments i la deformeda.

a) Element 1-1:

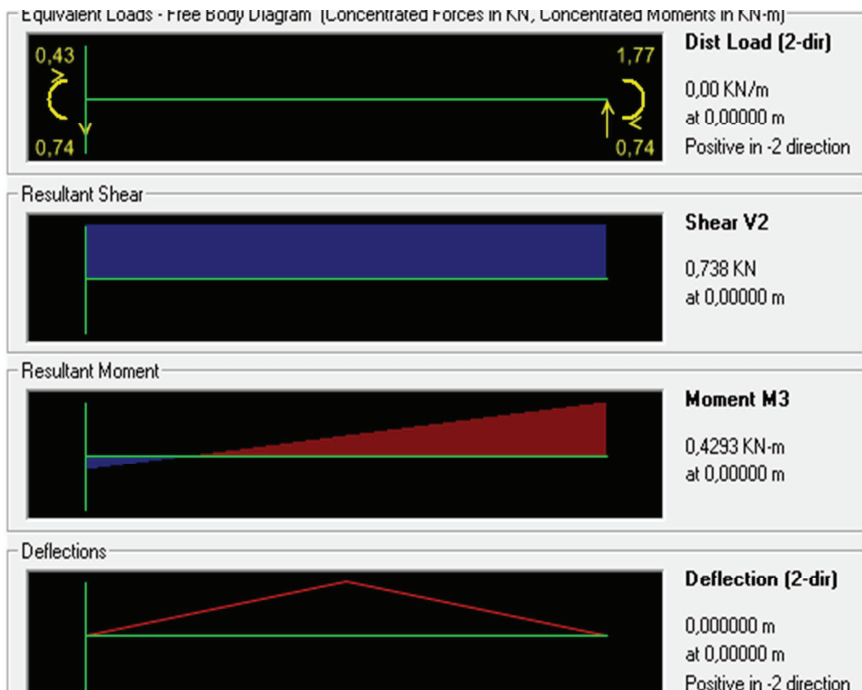


Figura 76. Diagrames de l'element 1-1

b) Element 1-2:

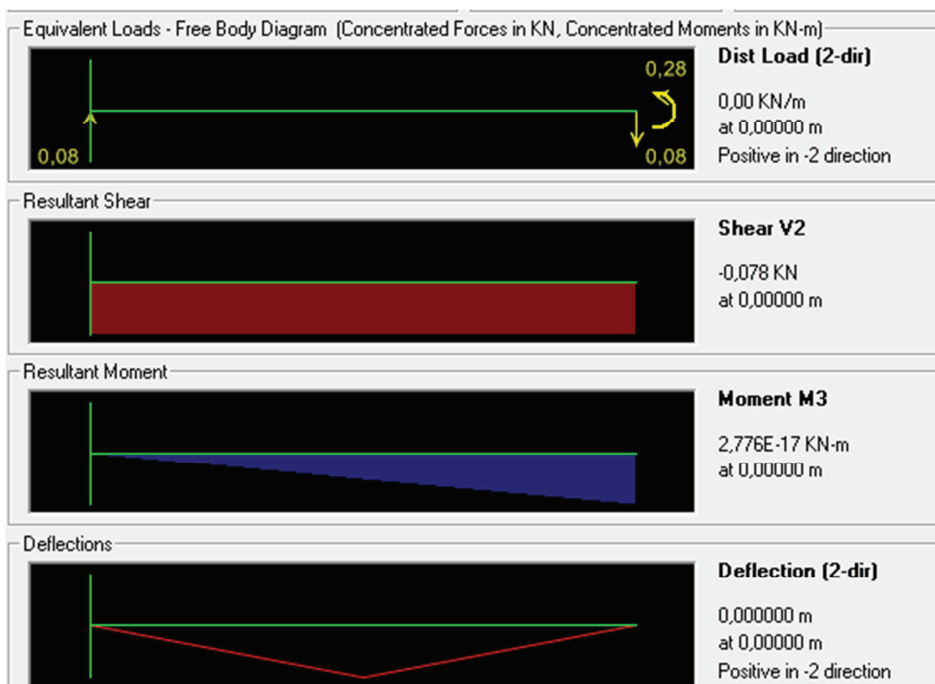


Figura 77. Diagrames de l'element 1-2

c) Element 4-1:

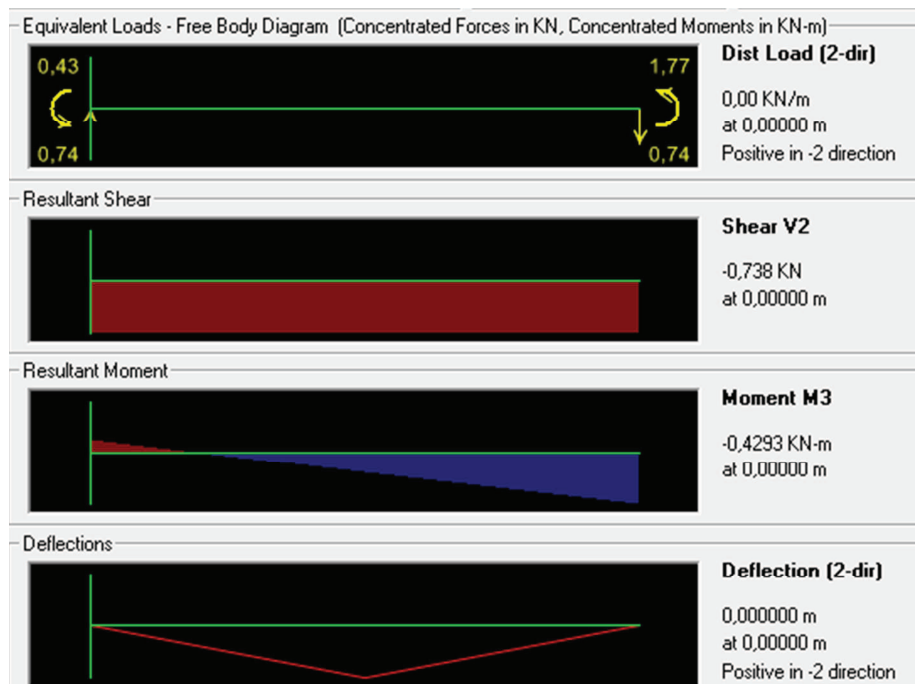


Figura 78. Diagrames de l'element 4-1

d) Element 4-2:

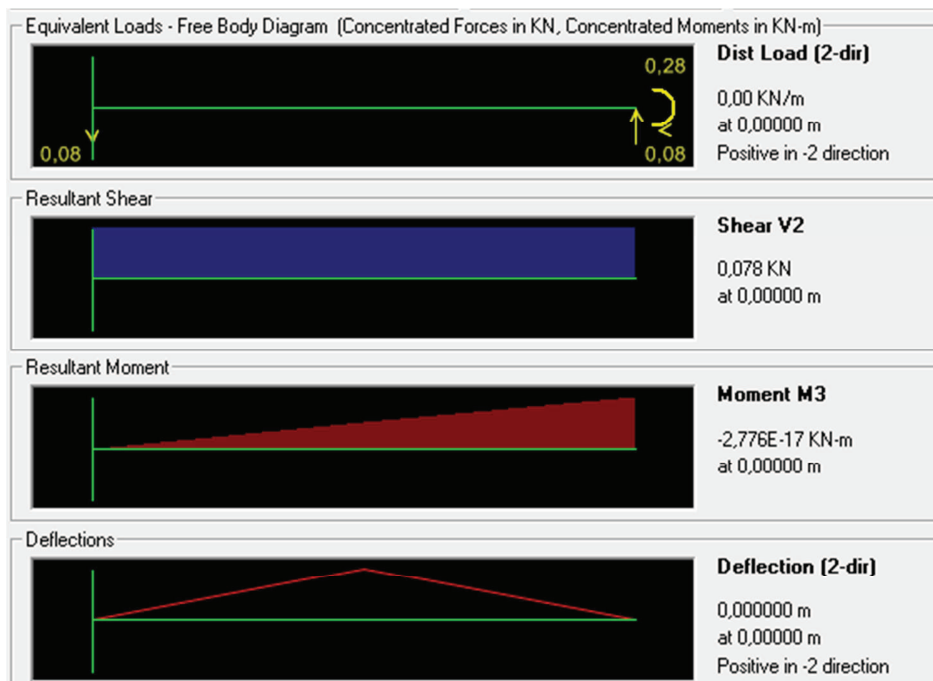


Figura 79. Diagrames de l'element 4-2

e) Element 8-1:

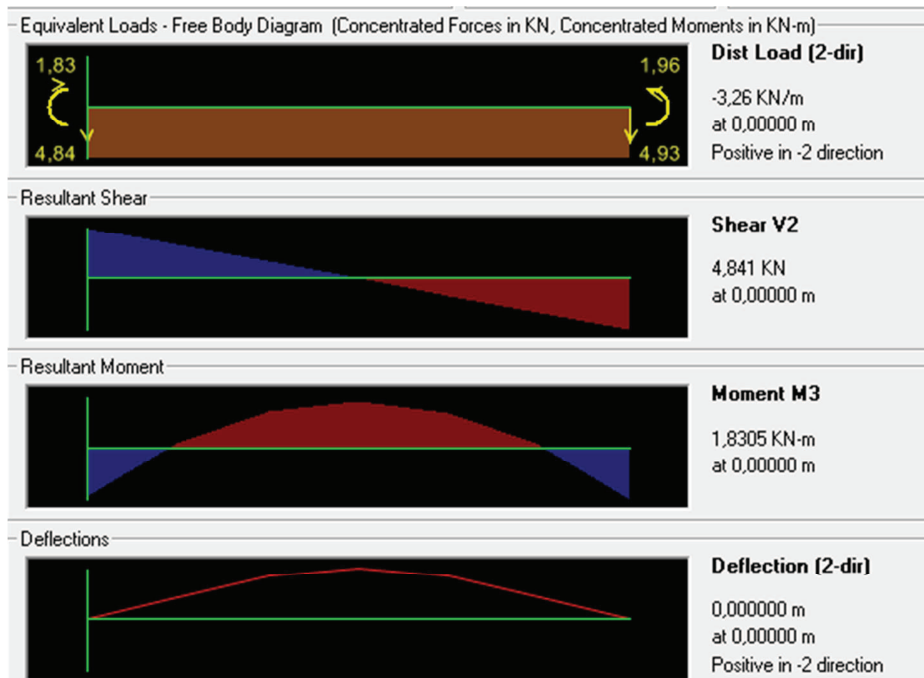


Figura 80. Diagrames de l'element 8-1

f) Element 8-2:

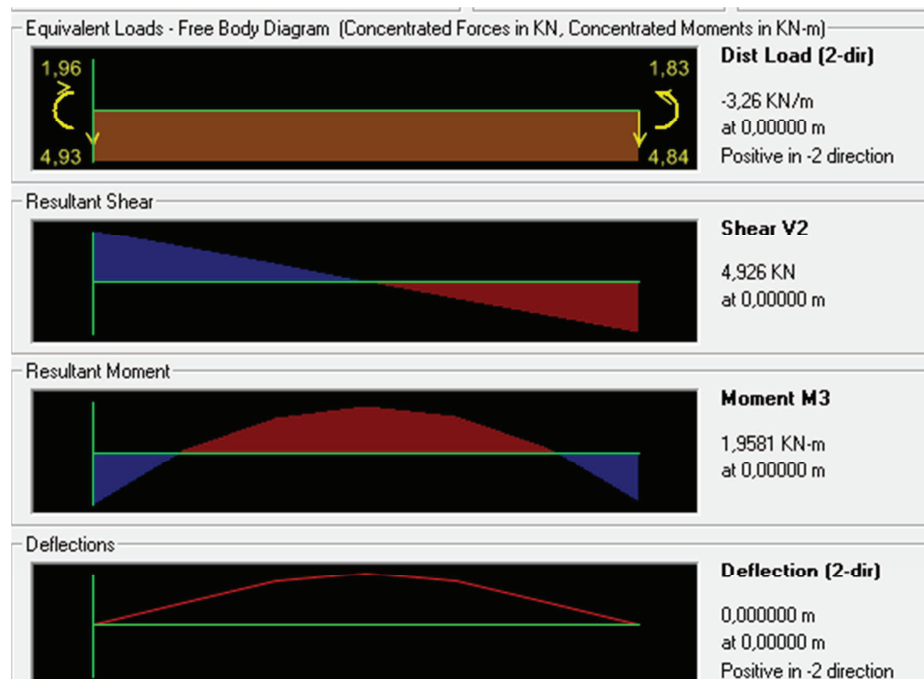


Figura 81. Diagrames de l'element 8-2

g) Element 16-1:

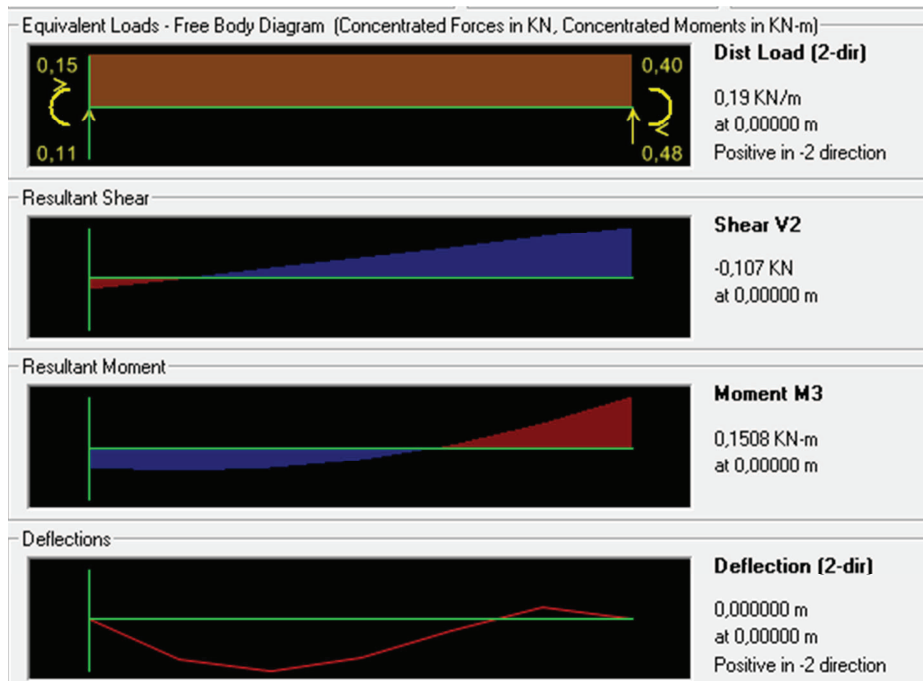


Figura 82. Diagrames de l'element 16-1

h) Element 16-2:

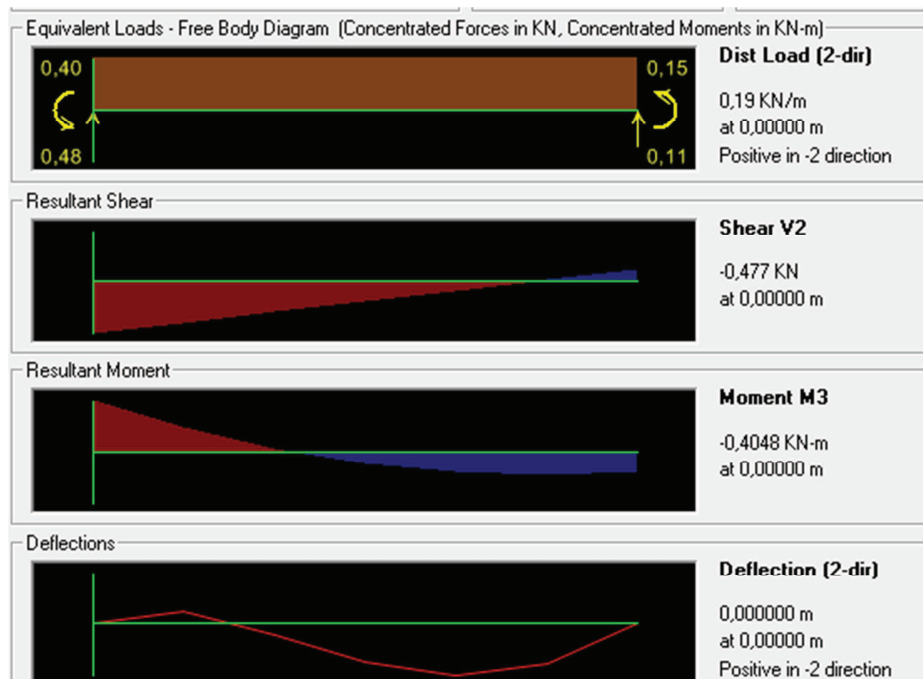


Figura 83. Diagrames de l'element 16-2

i) Element 17:

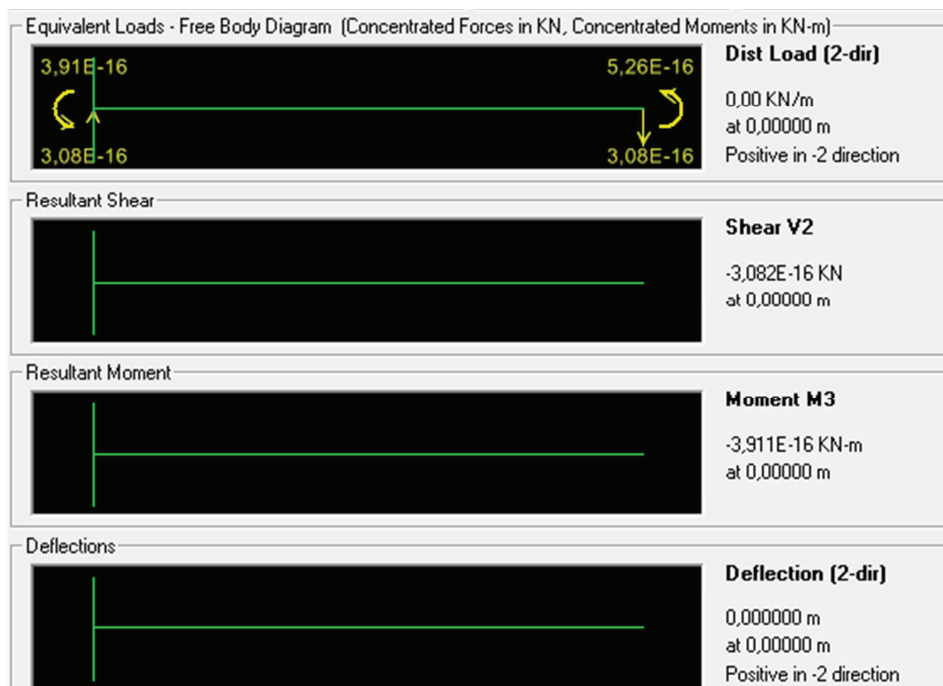


Figura 84. Diagrames de l'element 17

j) Element 23:

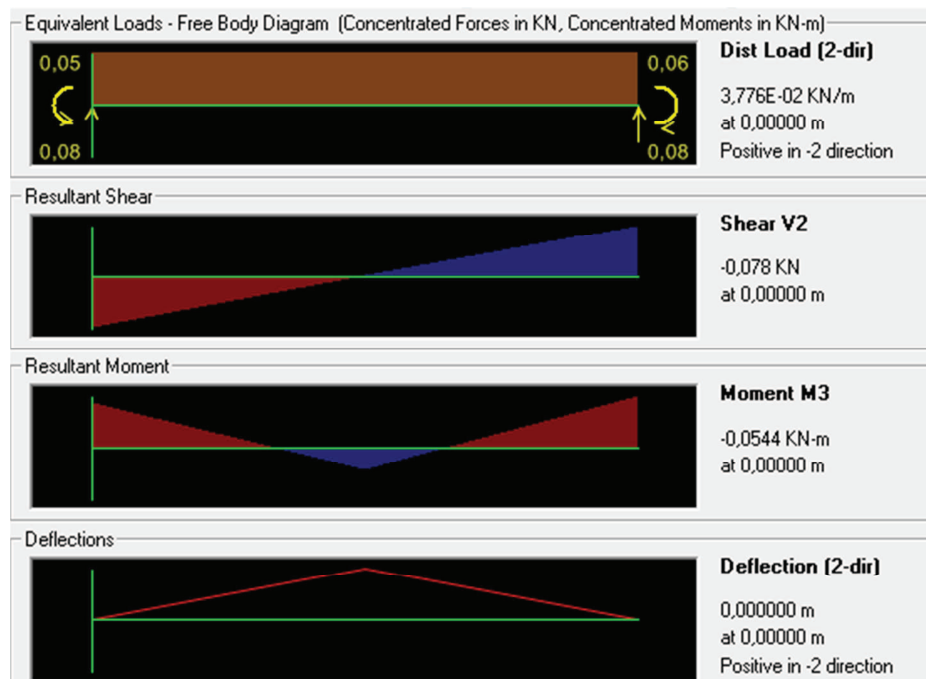


Figura 85. Diagrames de l'element 23

k) Element 24:

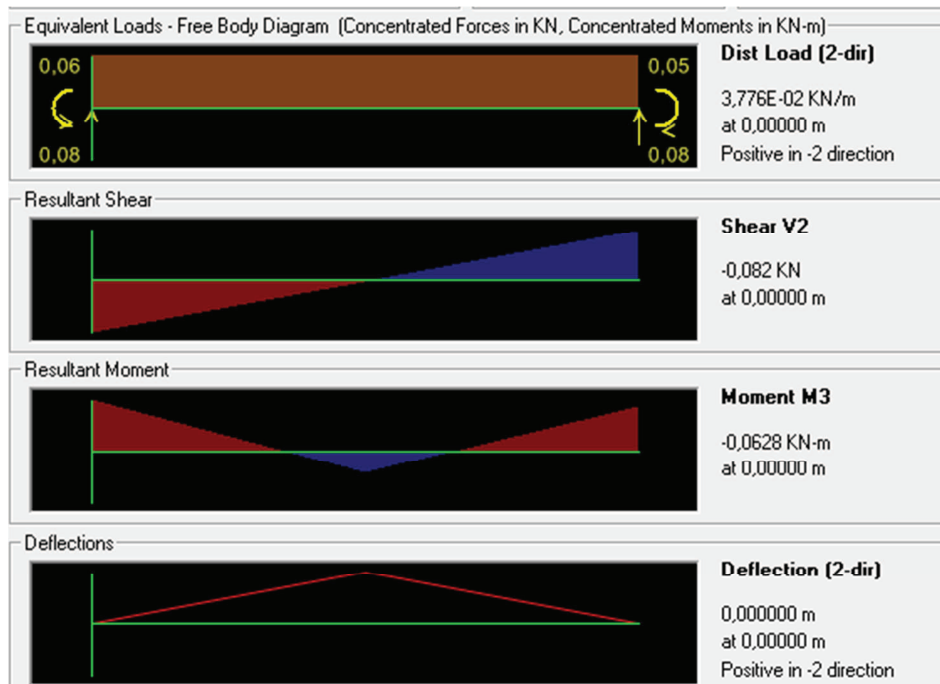


Figura 86. Diagrames de l'element 24

l) Diagrames de forces axials:

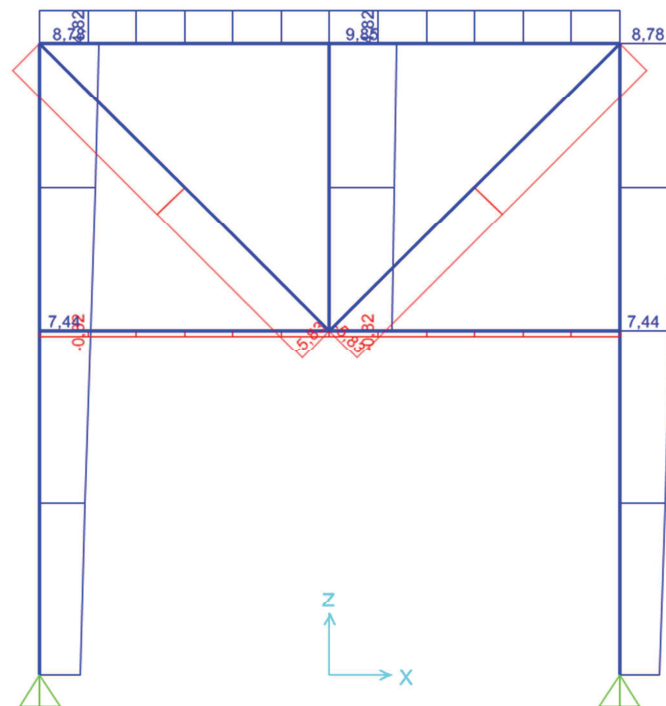


Figura 87. Diagrama 1 de forces axials del pòrtic A

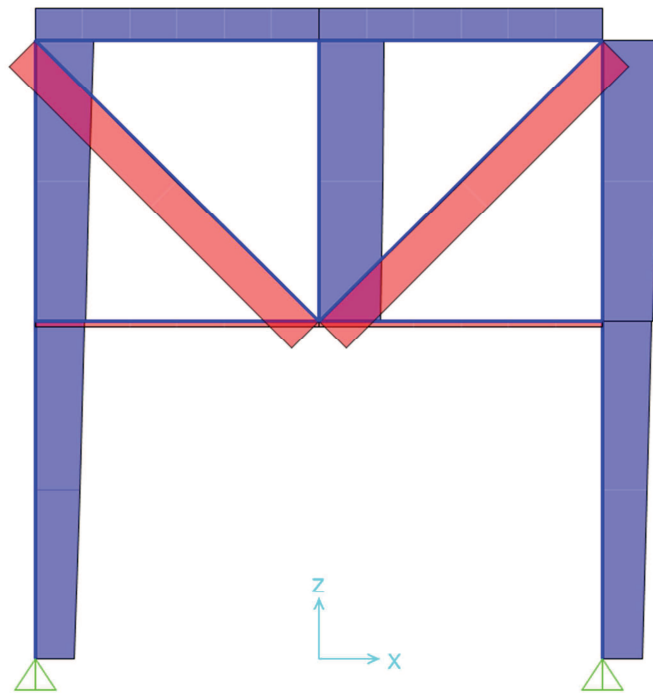


Figura 88. Diagrama 2 de forces axials del pòrtic A

m) Diagrames de forces tallants:

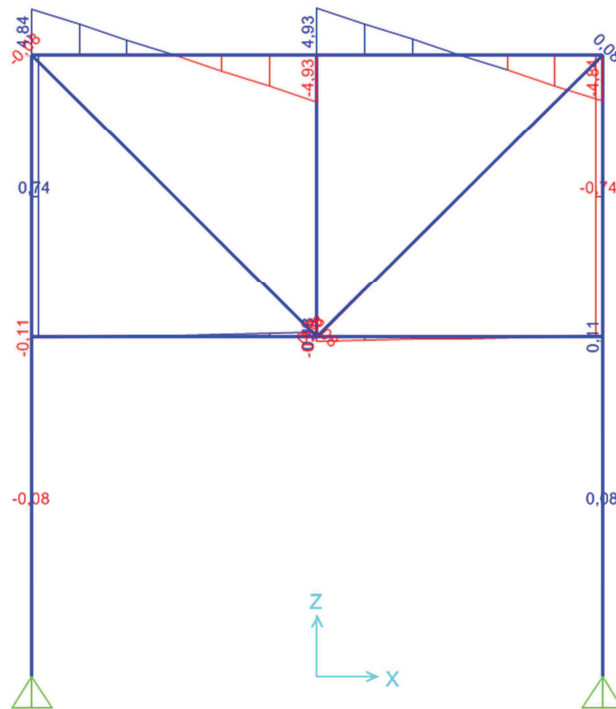


Figura 89. Diagrama 1 de forces tallants del pòrtic A

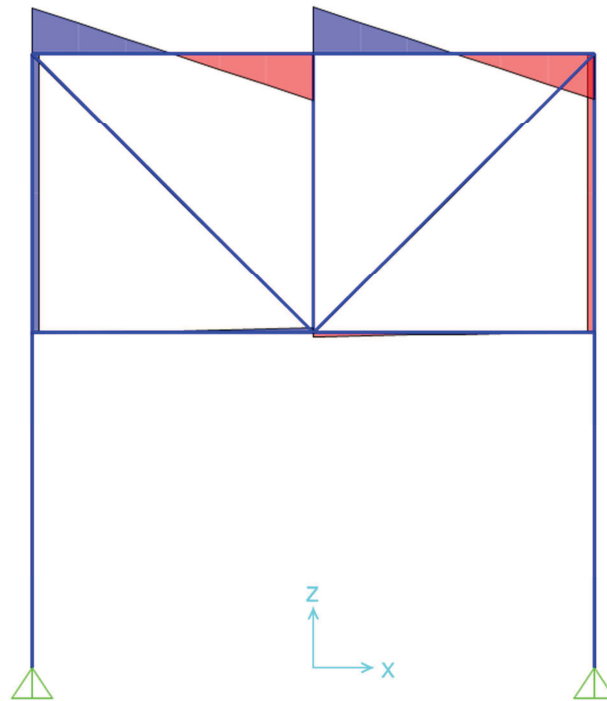


Figura 90. Diagrama 2 de forces tallants del pòrtic A

n) Diagrames de moments:

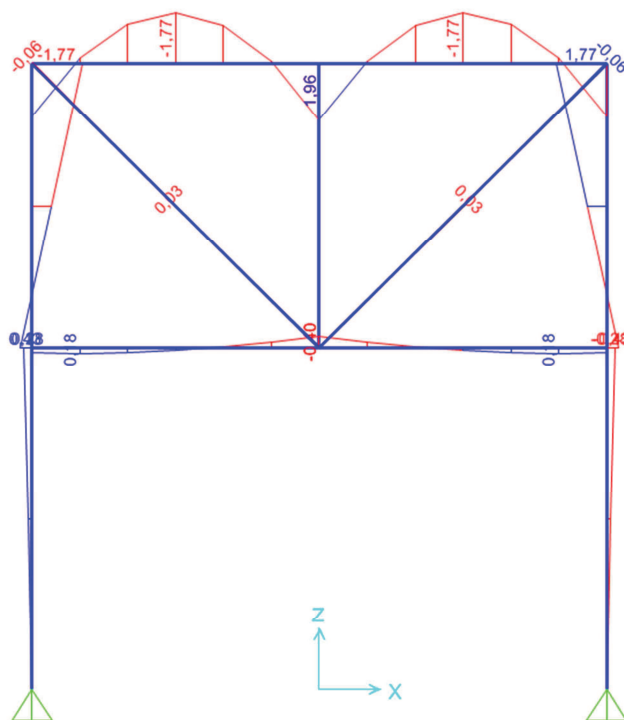


Figura 91. Diagrama 1 de moments del pòrtic A



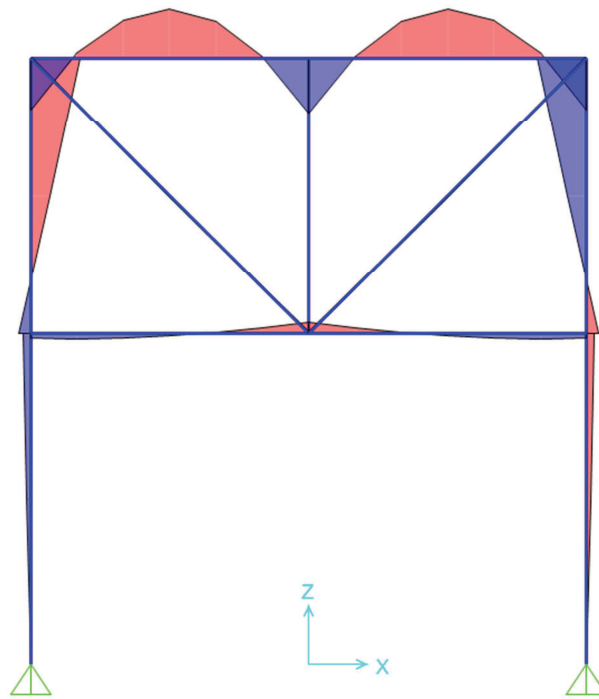


Figura 92. Diagrama 1 de moments del pòrtic A

o) Deformada del pòrtic A:

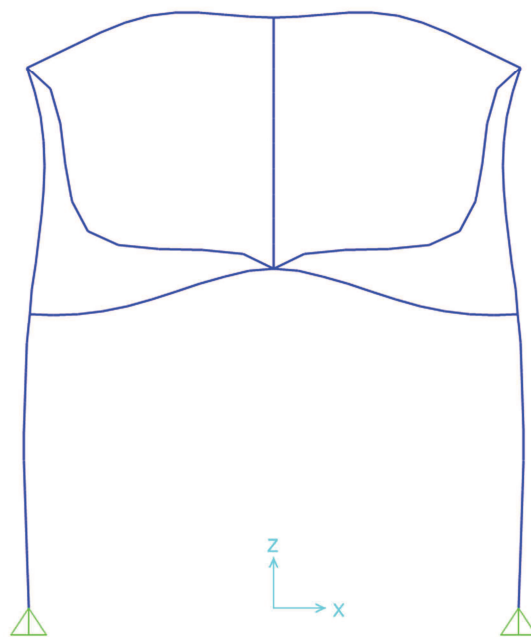


Figura 93. Deformada del pòrtic A

La taula següent mostra si compleix o no el pòrtic A de la nostra estructura per tracció/compressió:

ELEMENT	AXIAL (kN)	TALLANT (kN)	MOMENT (kN*m)	Yo	fud (kN/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	FORÇA LÍMIT (kN)	COMPLEIX
1-1	8,78	0,74	-1,77	2	235000	0,00538	632,15	SI
1-2	7,44	-0,08	0,28	2	235000	0,00538	632,15	SI
4-1	8,78	-0,74	1,77	2	235000	0,00538	632,15	SI
4-2	7,44	0,08	-0,28	2	235000	0,00538	632,15	SI
8-1	4,82	-4,93	1,96	2	235000	0,00538	632,15	SI
8-2	4,82	4,93	1,96	2	235000	0,00538	632,15	SI
16-1	-0,11	0,48	-0,4	2	235000	0,00253	297,275	SI
16-2	0,11	0,48	-0,4	2	235000	0,00253	297,275	SI
17	9,85	0	0	2	235000	0,00253	297,275	SI
23	-5,83	-0,08	-0,06	2	235000	0,000691	81,1925	SI
24	-5,83	0,08	-0,06	2	235000	0,000691	81,1925	SI

Figura 94. Taula comprovació esforç a tracció/compressió del pòrtic A

La taula següent mostra si compleix o no el pòrtic B de la nostra estructura per moments:

ELEMENT	AXIAL (kN)	TALLANT (kN)	MOMENT (kN*m)	n	σ limit (Mpa)	y (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	σ (Mpa)	COMPLEIX
1-1	8,78	0,74	-1,77	2	235	95	36920000	9,11	SI
1-2	7,44	-0,08	0,28	2	235	95	36920000	1,44	SI
4-1	8,78	-0,74	1,77	2	235	95	36920000	9,11	SI
4-2	7,44	0,08	-0,28	2	235	95	36920000	1,44	SI
8-1	4,82	-4,93	1,96	2	235	95	36920000	10,09	SI
8-2	4,82	4,93	1,96	2	235	95	36920000	10,09	SI
16-1	-0,11	0,48	-0,4	2	235	57	6060000	7,52	SI
16-2	0,11	0,48	-0,4	2	235	57	6060000	7,52	SI
17	9,85	0	0	2	235	57	6060000	0,00	SI
23	-5,83	-0,08	-0,06	2	235	58,4	228000	30,74	SI
24	-5,83	0,08	-0,06	2	235	58,4	228000	30,74	SI

Figura 95. Taula comprovació dels moments del pòrtic A

Tots els elements del pòrtic A compleixen la normativa.

2) Anàlisi estructural pòrtic B:

El plànol del pòrtic B es troba al plànol número 3.

A partir d'aquí comencem l'anàlisi de forces externes a tots els elements del pòrtic.

El pòrtic B està format per 14 elements:

ELEMENT	DESCRIPCIÓ	LONGITUD (m)
4-1	HEA-200	2975
4-2	HEA-200	3575
6-1	HEA-200	2975
6-2	HEA-200	3575
9-1	HEA-200	3750
9-2	HEA-200	3750
5-1	HEA-200	2975
5-2	HEA-200	3575
11	HEA-120	3750
12	HEA-120	3750
25	L60X60X6	4891
26	L60X60X6	4891
30	L60X60X6	5181
31	L60X60X6	5181

*Figura 96. Elements del pòrtic B*

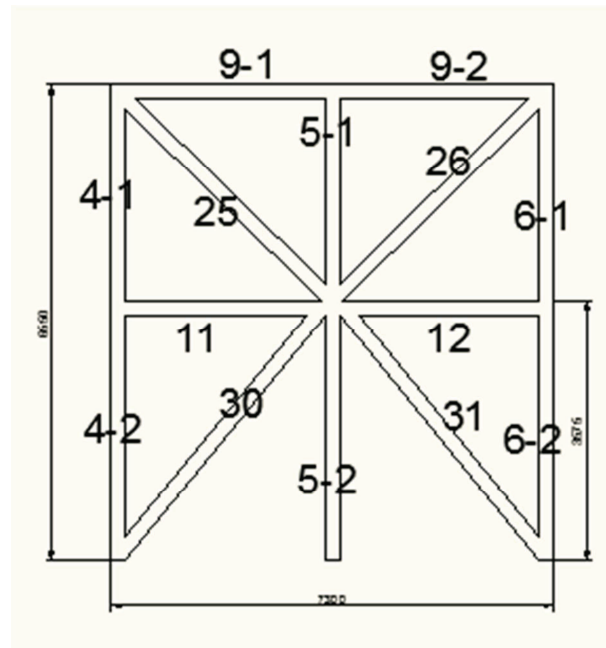


Figura 97. Croquis del pòrtic B

A continuació es mostra l'assaig del pòrtic B per tots els seus elements mostrant el diagrama de tallants, el de moments i la deformada.

a) Element 4-1:

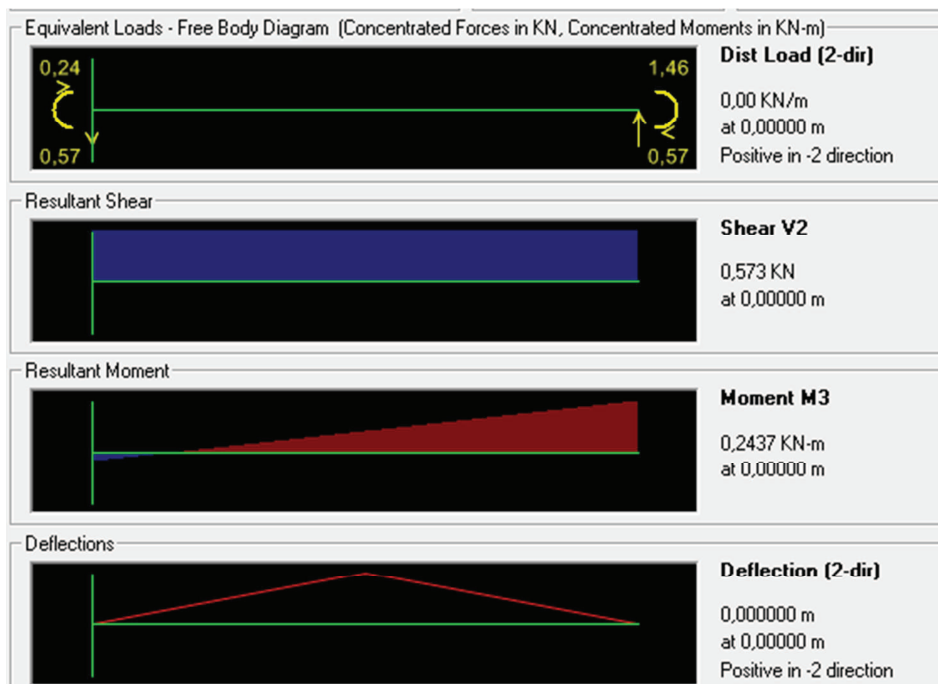


Figura 98. Diagrames de l'element 4-1

b) Element 4-2:

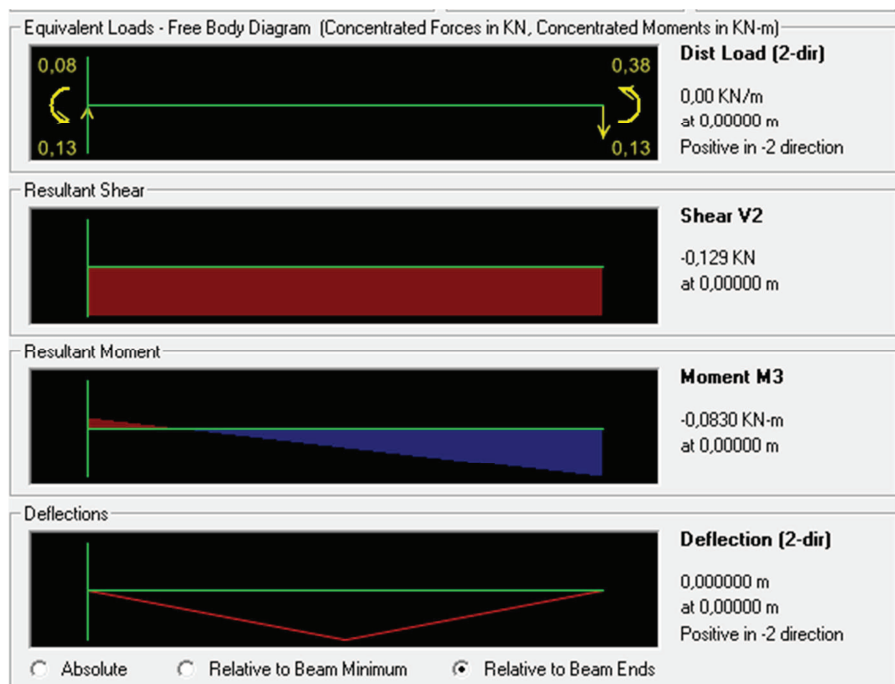


Figura 99. Diagrames de l'element 4-2

c) Element 6-1:

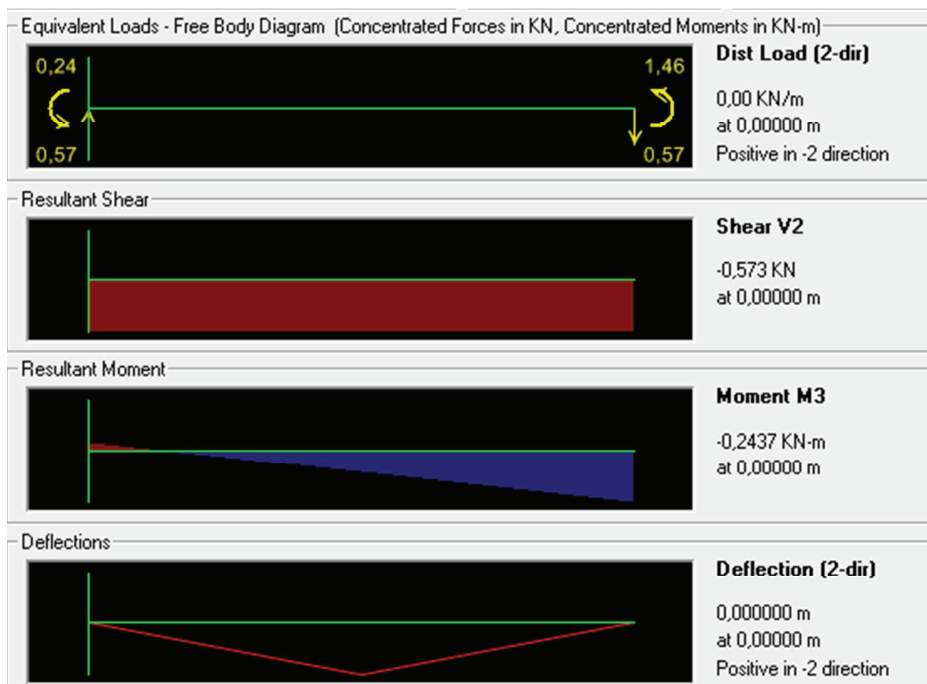


Figura 100. Diagrames de l'element 6-1

d) Element 6-2:

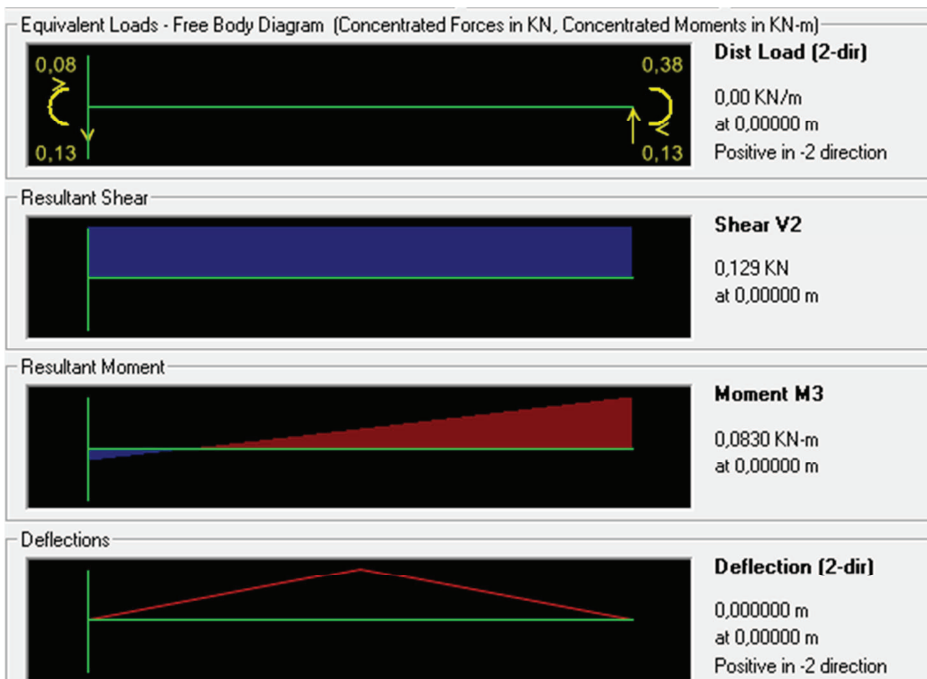


Figura 101. Diagrames de l'element 6-2

e) Element 9-1:

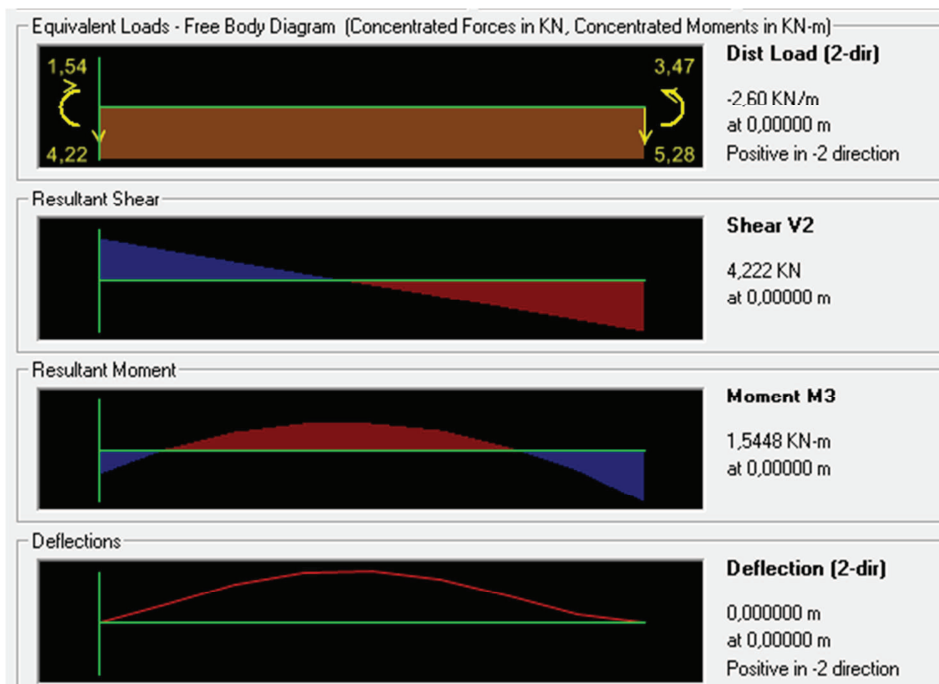


Figura 102. Diagrames de l'element 9-1

f) Element 9-2:

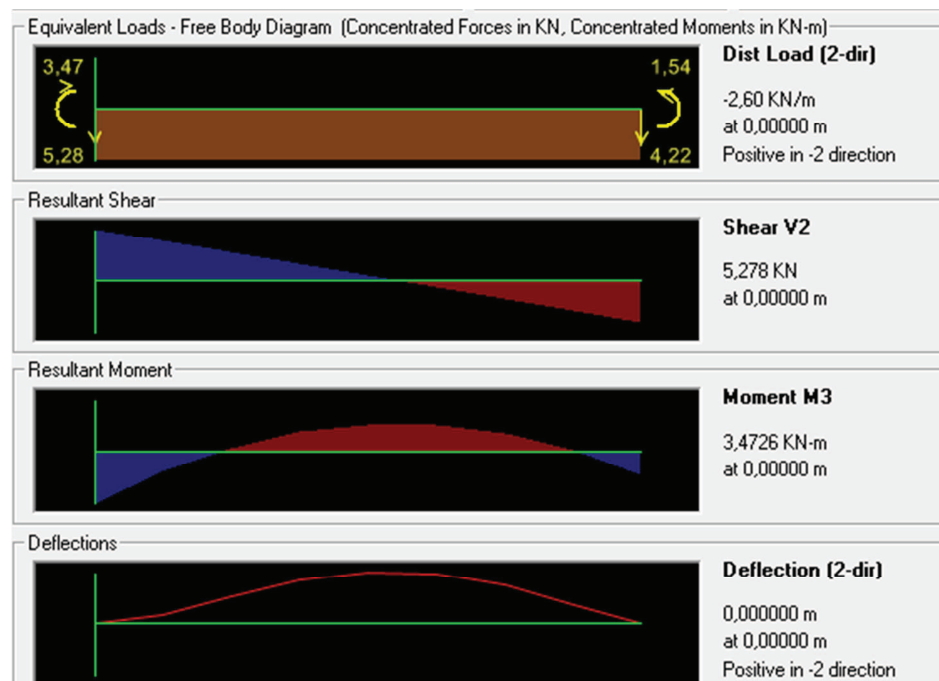


Figura 103. Diagrames de l'element 9-2

g) Element 5-1:

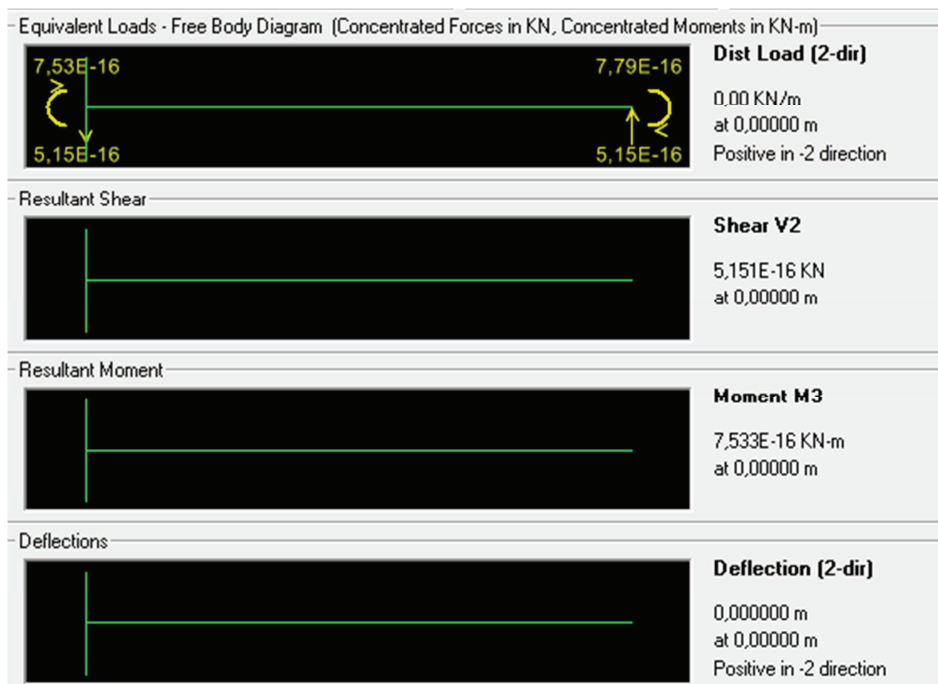


Figura 104. Diagrames de l'element 5-1

h) Element 5-2:

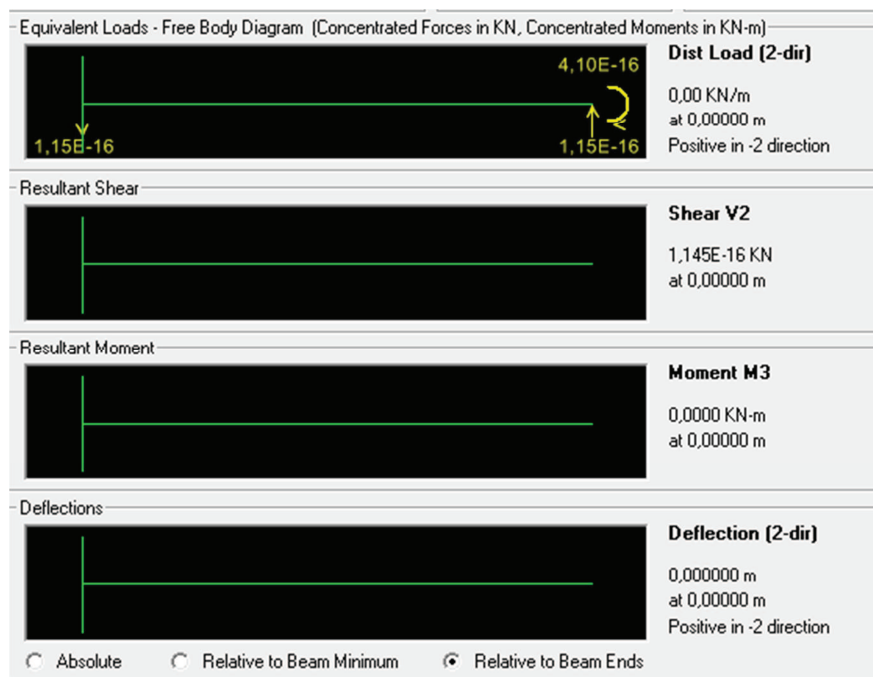


Figura 105. Diagrames de l'element 5-2



i) Element 11:

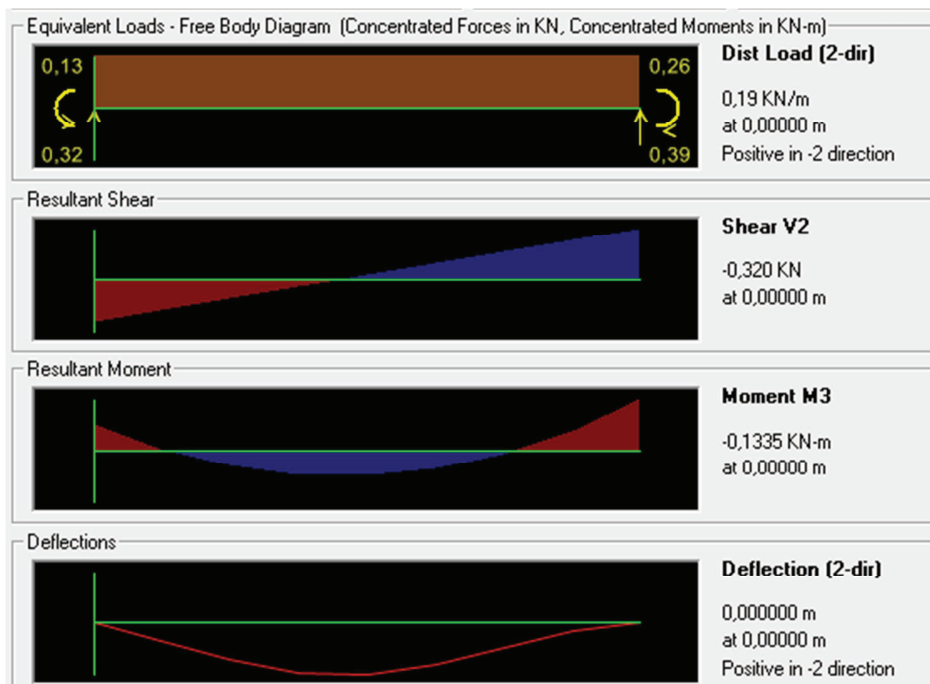


Figura 106. Diagrames de l'element 11

j) Element 12:

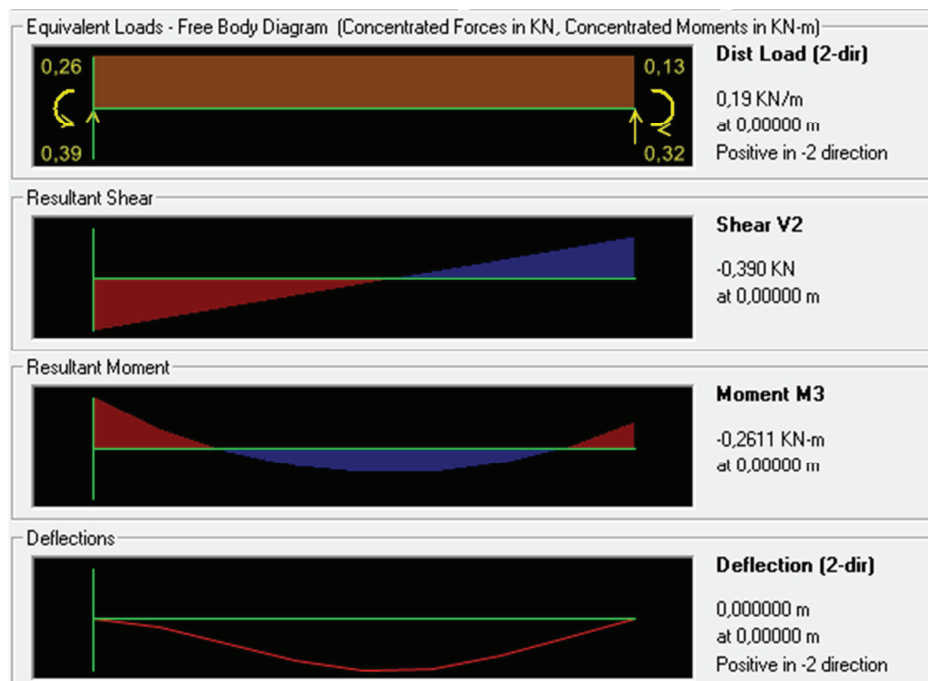


Figura 107. Diagrames de l'element 12

k) Element 25:

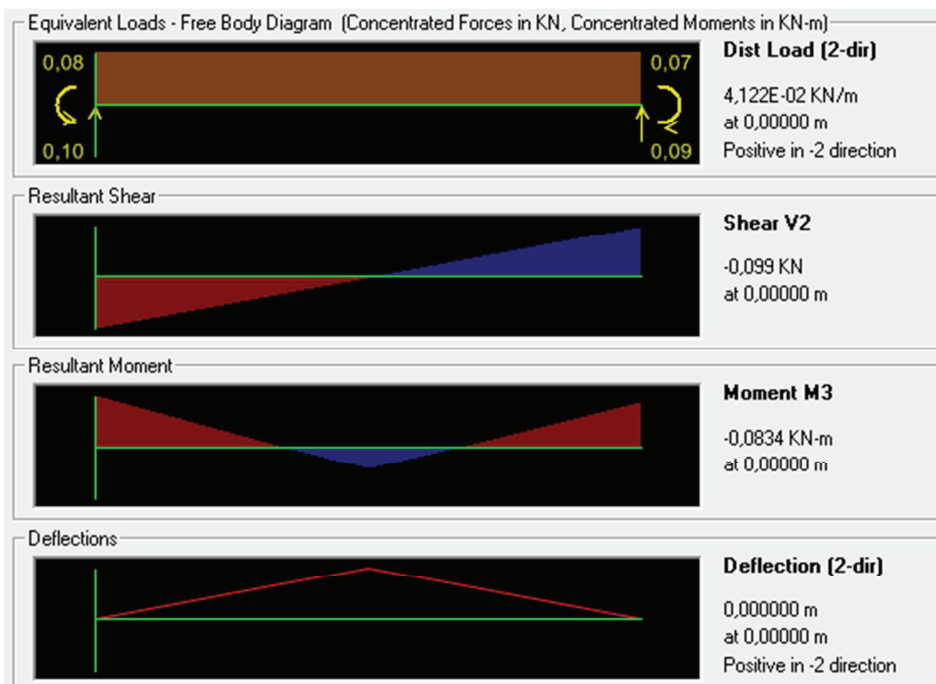


Figura 108. Diagrames de l'element 25

l) Element 26:

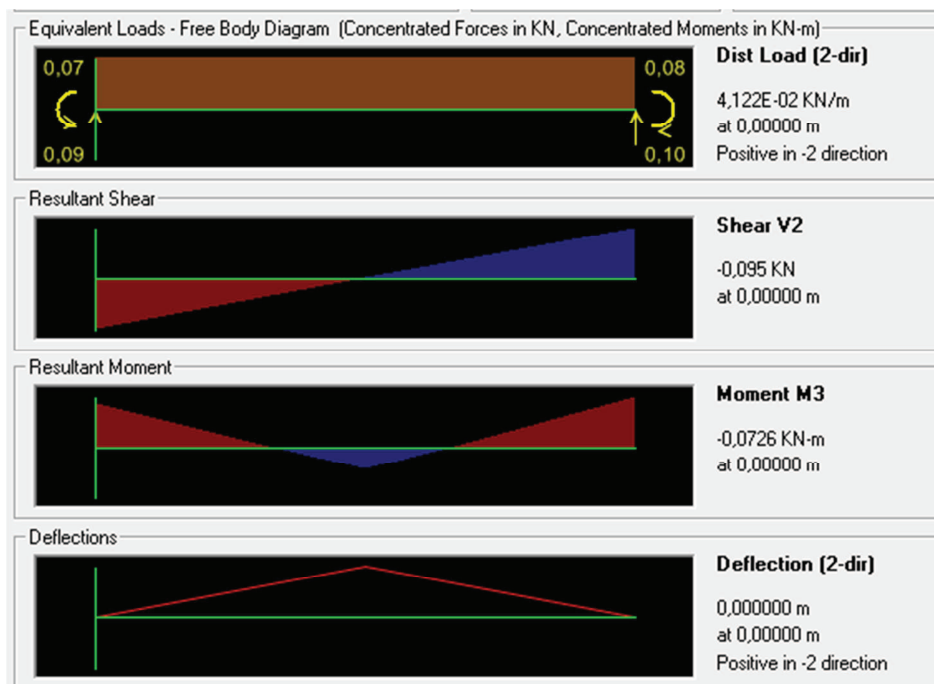


Figura 109. Diagrames de l'element 26

m) Element 30:

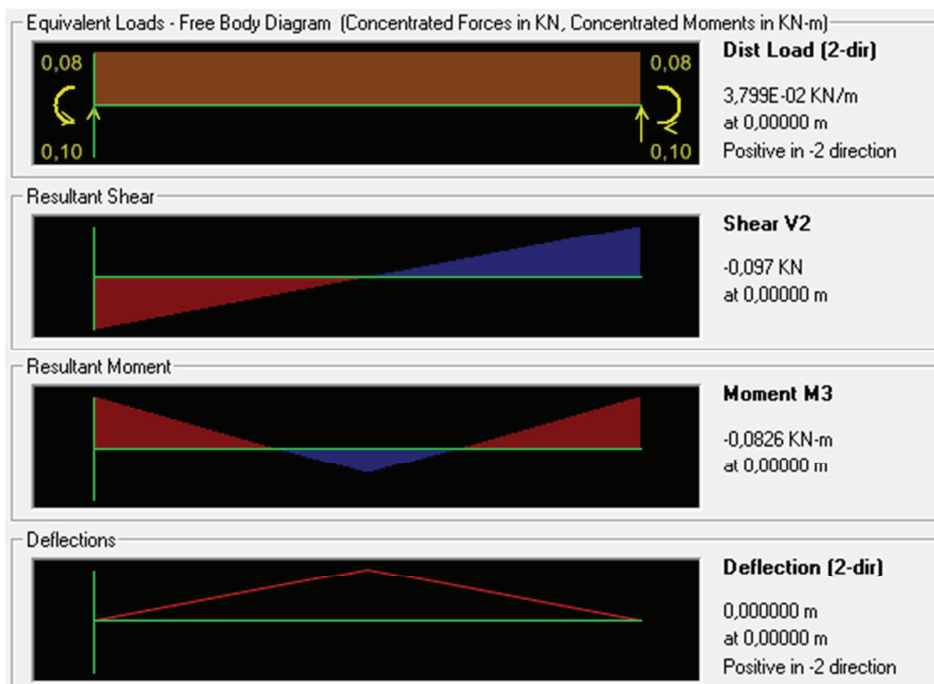


Figura 110. Diagrames de l'element 30

n) Element 31:

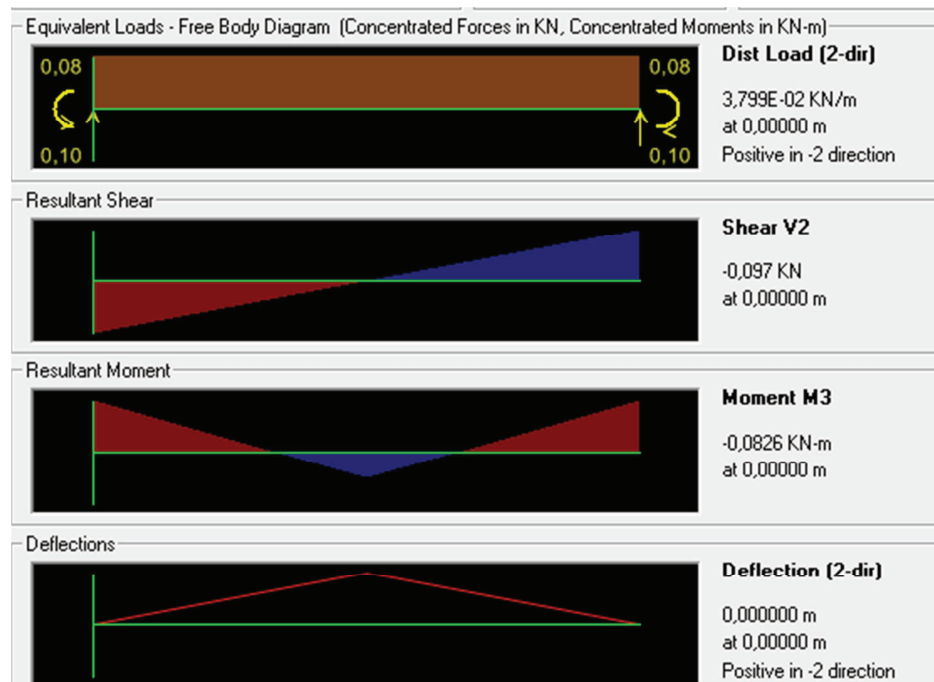


Figura 111. Diagrames de l'element 31

o) Diagrames de forces axials:

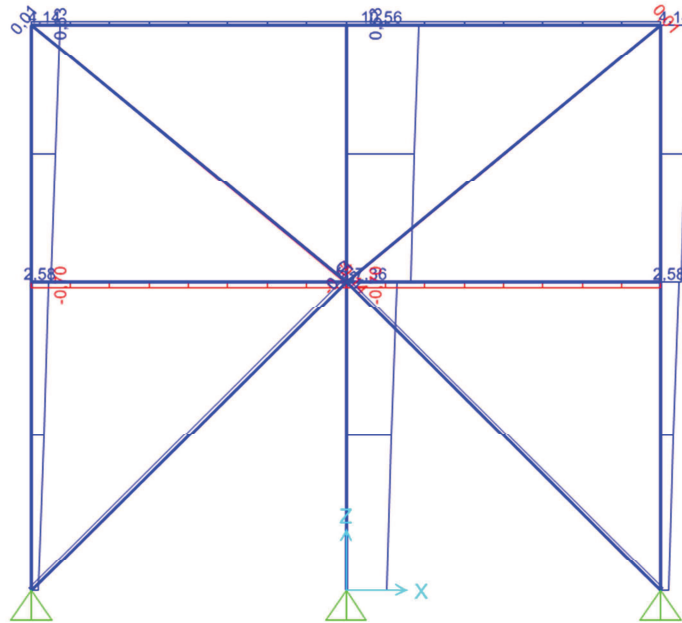


Figura 112. Diagrama 1 de forces axials del pòrtic B

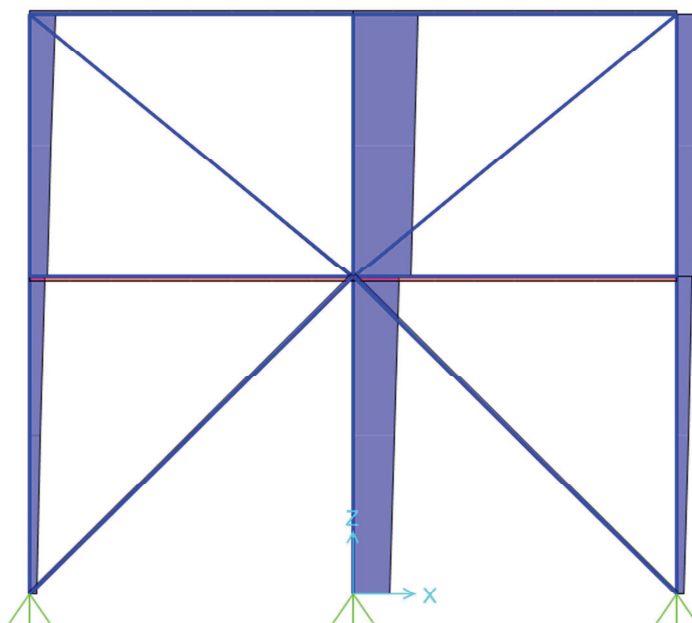


Figura 113. Diagrama 2 de forces axials del pòrtic B

p) Diagrames de forces tallants:

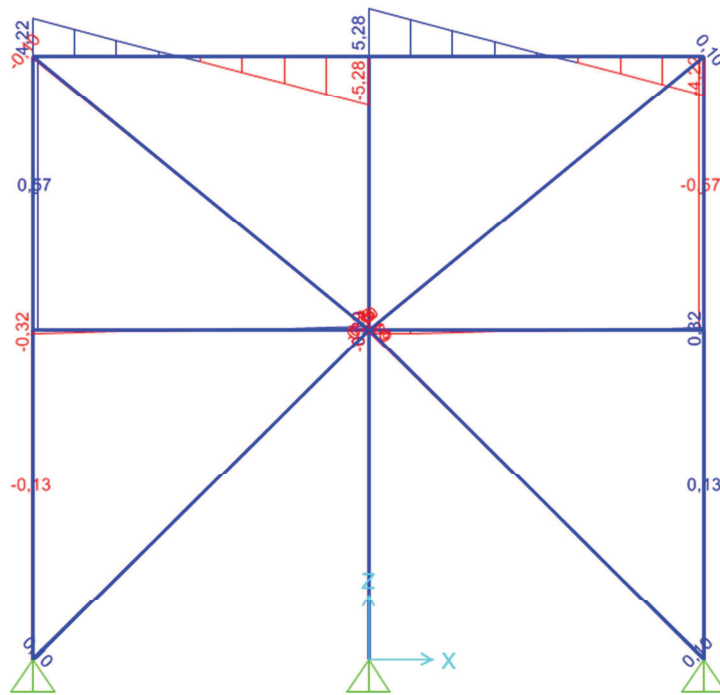


Figura 114. Diagrama 1 de forces tallants del pòrtic B

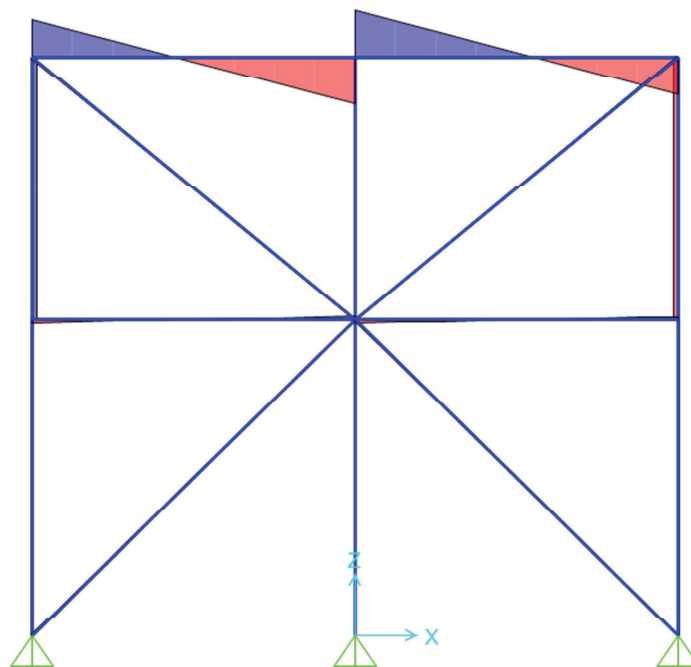


Figura 115. Diagrama 2 de forces tallants del pòrtic B

q) Diagrames de moments:

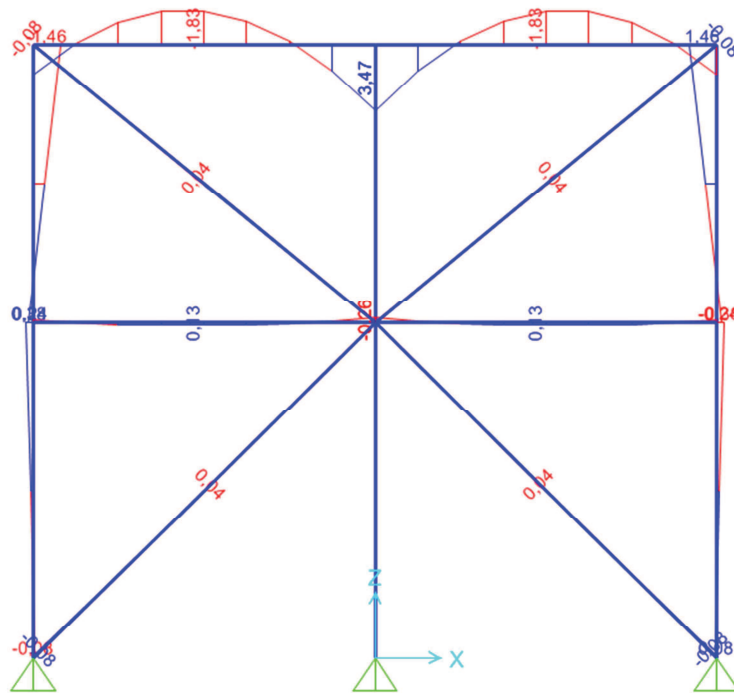


Figura 116. Diagrama 1 de moments del pòrtic B

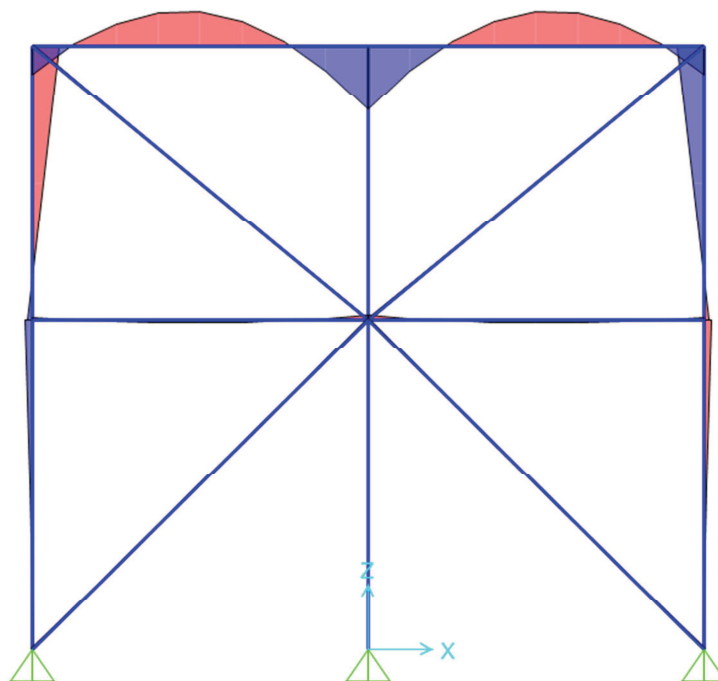


Figura 117. Diagrama 2 de moments del pòrtic B

La taula següent mostra si compleix o no el pòrtic B de la nostra estructura per tracció/compressió:

ELEMENT	AXIAL (kN)	TALLANT (kN)	MOMENT (kN*m)	Yo	fud (kN/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	FORÇA LÍMIT (kN)	COMPLEIX
4-1	4,14	0,57	-1,46	2	235000	0,00538	632,15	SI
4-2	2,58	-0,13	0,34	2	235000	0,00538	632,15	SI
6-1	4,14	-0,57	1,46	2	235000	0,00538	632,15	SI
6-2	2,58	0,13	-0,34	2	235000	0,00538	632,15	SI
9-1	0,53	-5,28	3,47	2	235000	0,00538	632,15	SI
9-2	0,53	5,28	3,47	2	235000	0,00538	632,15	SI
5-1	10,56	0	0	2	235000	0,00538	632,15	SI
5-2	7,36	0	0	2	235000	0,00538	632,15	SI
11	-0,7	-0,32	0,13	2	235000	0,00253	297,275	SI
12	-0,7	0,32	0,13	2	235000	0,00253	297,275	SI
25	0,01	-0,1	-0,04	2	235000	0,000691	81,1925	SI
26	-0,01	0,1	-0,04	2	235000	0,000691	81,1925	SI
30	-0,14	0,1	-0,04	2	235000	0,000691	81,1925	SI
31	0,14	0,1	-0,04	2	235000	0,000691	81,1925	SI

Figura 118. Taula comprovació esforç a tracció/compressió del pòrtic B

La taula següent mostra si compleix o no el pòrtic B de la nostra estructura per moments:

ELEMENT	AXIAL (kN)	TALLANT (kN)	MOMENT (kN*m)	n	$\sigma$ limit (Mpa)	y (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	$\sigma$ (Mpa)	COMPLEIX
4-1	4,14	0,57	-1,46	2	235	95	36920000	7,51	SI
4-2	2,58	-0,13	0,34	2	235	95	36920000	1,75	SI
6-1	4,14	-0,57	1,46	2	235	95	36920000	7,51	SI
6-2	2,58	0,13	-0,34	2	235	95	36920000	1,75	SI
9-1	0,53	-5,28	3,47	2	235	95	36920000	17,86	SI
9-2	0,53	5,28	3,47	2	235	95	36920000	17,86	SI
5-1	10,56	0	0	2	235	95	36920000	0,00	SI
5-2	7,36	0	0	2	235	95	36920000	0,00	SI
11	-0,7	-0,32	0,13	2	235	57	6060000	2,45	SI
12	-0,7	0,32	0,13	2	235	57	6060000	2,45	SI
25	0,01	-0,1	-0,04	2	235	58,4	228000	20,49	SI
26	-0,01	0,1	-0,04	2	235	58,4	228000	20,49	SI
30	-0,14	0,1	-0,04	2	235	58,4	228000	20,49	SI
31	0,14	0,1	-0,04	2	235	58,4	228000	20,49	SI

Figura 119. Taula comprovació dels moments del pòrtic B

Tots els elements del pòrtic B compleixen la normativa.



## ANNEX B.2. TEORIA PER LA COMPROVACIÓ DELS ESFORÇOS AXIALS I MOMENTS

### 1) Forces axials:

Les forces axials poden ser a tracció o compressió. Aquestes forces provoquen uns esforços que poden provocar vinclament (compressió) o ruptura (tracció) de l'element on estan exercint la força. Llavors han de complir uns criteris per tal de dir si o no l'estructura en qüestió aguanta o no les forces externes que se li estan aplicant.

Aquests criteris són inequacions i estan definides de la següent manera:

$$N_{ELU(+)} < A \cdot \frac{f_{ud}}{\gamma_0}$$

$$N_{ELU(-)} < A \cdot \frac{f_{ud}}{\gamma_0}$$

On

$$f_{ud} = 235 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_0 = 2 \text{ (Factor de seguretat)}$$

A= Àrea del perfil

2) Moments de força:

Els moments que actuen en els elements de l'estructura creen esforços a tracció i compressió. Aquests esforços a tracció i compressió es poden avaluar amb la llei de Navier.

La llei de Navier permet reflectir els moments com a esforços a tracció o compressió i aquests últims no poden superar el límit elàstic del material, en el nostre cas acer S235JR.

La inequació que han de complir perquè els moments no facin vinclar o trenquin el material és la següent:

$$\frac{\sigma}{n} > \frac{M \cdot y}{I}$$

On

$M =$  *Moment de forces*

$y =$  *Longitud màxima desde la línia neutre*

$I =$  *Moment d'inèrcia*

$n =$  *Coefficient de seguretat = 2*

Juan Carlos Caner García del Valle

Girona, Agost de 2014