

# **Escola Universitària Politécnica de Mataró**

Centre adscrit a:



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA**

**Grau en Enginyeria mecànica**

## **DISSENY D'UNA GRUA DE PISCINA PER A PERSONES AMB MOBILITAT REDUÏDA**

**Memòria**

**BERNAT MARTINEZ SANZ**

**PONENT: PEDRO CASARIEGO**

**TARDOR 2016**



**TecnoCampus  
Mataró-Maresme**



## Dedicatòria

Dedico aquest projecte a la meva família per tot el suport que m'han donat durant tots aquests anys i a les persones que m'han fet costat i han fet aquest camí més amè.



## Agraïments

Agrair el suport i les indicacions de les persones que han dedicat part del seu temps a millorar aquest projecte.



## **Resum**

La finalitat del present projecte és el disseny de detall dels elements mecànics que formen una grua per a persones amb discapacitat, amb l'objectiu de millorar la qualitat del servei que proporciona l'equip i solucionar els problemes actuals amb molts models de l'estil. El dimensionament dels elements ha estat realitzat per fer-los més òptims, resistents i segurs mitjançant l'anàlisi i càlculs pertinents, respectant en tot moment la normativa. Finalment s'han verificat els resultats a través del mètode d'elements finits.

## **Resumen**

La finalidad del presente proyecto es el diseño de detalle de los elementos mecánicos que conforman una grúa para personas con discapacidad, con el objetivo de mejorar la calidad del servicio que proporciona el equipo y solucionar los problemas actuales con muchos modelos de estilo. El dimensionamiento de los elementos ha sido realizado para hacerlos más óptimos, resistentes y seguros mediante el análisis y cálculos pertinentes, respetando en todo momento la normativa. Finalmente se han verificado los resultados a través del método de elementos finitos.

## **Abstract**

The purpose of this project is the detailed design of the mechanical elements that make up a crane for people with disabilities, with the aim of improving the quality of the service provided by the equipment and solve the current problems with many models of style. The dimensioning of the elements has been made to make them more optimal, resistant and safe through analysis and calculations, respecting at all times the regulations. Finally, the results were verified using the finite element method





## Índex

1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit.....	1
1.2. Finalitat.....	1
1.3. Objecte.....	1
1.4. Abast.....	1
2. Ajustament del producte final del projecte .....	3
2.1 Elements que conformen un equip d'elevació per a piscines .....	3
2.2 Anàlisis dels productes del mercat.....	4
2.3 Anàlisis de problemes .....	5
2.4 Generació i plantejament de possibles solucions alternatives .....	5
2.5 Anàlisis de viabilitats i selecció de l'alternativa mes adequada .....	6
2.6 Pressupost i planificació .....	7
3. Consideracions prèvies al desenvolupament del disseny estructural.....	9
3.1 Dimensionament del disseny estructural. Càlculs previs.....	10
3.2 Càrregues externes i reacció .....	14
3.3 Càlcul de velocitats .....	18
3.4 Materials i acabats de la grua.....	22
4. Disseny de detall .....	23
4.1 Càlcul i simulació de la secció del braç pivotant.....	23
4.2 Càlculs nus lliure del braç pivotant.....	29
4.3 Càlculs nus articulat del braç pivotant .....	31
4.4 Càlcul i simulació del passador .....	33
4.5 Càlculs i simulació peça d'unió .....	38

4.6 Càlculs i simulació eix central.....	46
4.7 Càlculs tub guia .....	52
4.8 Càlculs i simulació base .....	54
4.9 Càlculs casquet .....	57
4.10 Càlculs i simulació la barra de suspensió o perxa .....	58
4.11 Càlculs motor.....	66
4.12 Càlculs fixació motor.....	68
5. Requisits de funcionament i mètodes d'assaig .....	71
5.1 Termes i definicions .....	71
5.2 Informe d'assaig .....	72
5.2.1 Mètodes d'assaig per als requisits de seguretat .....	72
5.2.2 Requisits per a les unitats de suport corporal.....	76
5.2.3 Requisits per a la barra de separació.....	77
5.2.4 Requisits de Durabilitat.....	80
6. Informe del fabricant .....	81
6.1 Etiquetes .....	81
6.2 Instruccions d'ús.....	81
7. Planificació.....	85
7.1 Planificació prèvia .....	85
7.1.1 Diagrama de Gantt .....	86
7.2 Planificació d'execució.....	87
7.2.1 Explicació de les tasques a realitzar.....	88
7.3.2 Diagrama de Gantt .....	91
8. Impacte mediambiental .....	93

8.1 Impacte mediambiental en l'execució del projecte.....	93
8.2 Gestió de residus .....	95
9.Desviacions respecte a l'avantprojecte .....	97
9.1 Canvi de producte final.....	97
9.2 Desviacions del pressupost i la planificació .....	97
10.Referències .....	99



## Índex de figures.

Figura 3. 1 Explicació dimensionat .....	10
Figura 3. 2 Explicació dimensionat .....	11
Figura 3. 3 Explicació dimensionat .....	12
Figura 3. 4 Explicació dimensionat .....	13
Figura 3. 5 Explicació dimensionat .....	13
Figura 3. 6 Esquema estructura .....	14
Figura 3. 7 Esquema de barres.....	16
Figura 3. 8 Diagrama d'esforços interns .....	17
Figura 3. 9 Esquema perímetres .....	18
Figura 3. 10 Esquema perímetres.....	18
Figura 4. 1 Esquema de tensions .....	25
Figura 4. 2 Esquema de deformacions.....	26
Figura 4. 3 Col·locació de càrregues i suports .....	27
Figura 4. 4 Resultats amb tensions .....	27
Figura 4. 5 Resultats amb tensions .....	28
Figura 4. 6 Mostra de la baga .....	29
Figura 4. 7 Propietats de la baga.....	29
Figura 4. 8 Dimensions de la baga .....	30
Figura 4. 9 Diagrames d'esforços interns.....	31

Figura 4. 10 Dimensions del gralló .....	32
Figura 4. 11 Explicació de com actuen les forces en el passador .....	33
Figura 4. 12 Diagrama d'esforços interns .....	34
Figura 4. 13 Simulació de les deformacions i tensions .....	37
Figura 4. 14 Imatge visual de la peça .....	38
Figura 4. 15 Esquema explicatiu de les distàncies .....	39
Figura 4. 16 Esquema explicatiu 1 .....	40
Figura 4. 17 Esquema explicatiu 2 .....	40
Figura 4. 18 Esquema explicatiu 3 .....	41
Figura 4. 19 Imatge orientativa .....	42
Figura 4. 20 Esquema de la secció 1 .....	42
Figura 4. 21 Esquema de la secció 2 .....	42
Figura 4. 22 Resultats de la simulació tensió i deformació.....	44
Figura 4. 23 Resultats de la simulació tensió i deformació.....	45
Figura 4. 24 Esquema de forces .....	46
Figura 4. 25 Esquema d'esforços interns .....	47
Figura 4. 26 Resultats de la simulació per tensions .....	49
Figura 4. 27 Dimensions de l'esquadra .....	50
Figura 4. 28 Simulació de les tensions amb l'esquadra .....	50
Figura 4. 29 Resultats de deformacions per simulació per WinEva .....	51
Figura 4. 30 Esquema de forces sobre el tub guia.....	52

Figura 4. 31 Simulació tensions i deformacions SolidWorks .....	54
Figura 4. 32 Platines Peikko Grup.....	55
Figura 4. 33 Esquema visual de la ubicació del casquet .....	57
Figura 4. 34 Esquema de dimensions del casquet fet per Selfoil .....	57
Figura 4. 35 Esquema visual de la peça.....	58
Figura 4. 36 Diagrama d'esforços interns .....	59
Figura 4. 37 Dimensions gralló .....	60
Figura 4. 38 Diagrama d'esforços interns .....	60
Figura 4. 39 Simulacions de tensions i deformacions per SolidWorks.....	62
Figura 4. 40 Dimensions del ganxo .....	63
Figura 4. 41 Dimensions de la secció a calcular.....	64
Figura 4. 42 Simulacions de tensions i deformacions per SolidWorks.....	65
Figura 4. 43 Imatge i dimensions del motor.....	67
Figura 4. 44 Dimensions de la ubicació dels forats de subjecció del motor.....	68
Figura 7. 1 Diagrama de Gantt Prèvi.....	86
Figura 7. 2 Diagrama de Gantt Execució .....	91
Figura 8. 1 Etiqueta oficial CENELEC .....	93





## Índex de taules.

Taula 2.1 Pressupost Global .....	7
Taula 2.2 Planificació .....	8
Taula 3. 1 Relació força-massa.....	21
Taula 4.1 Taula de valors segons el seu diàmetre i gruix .....	24
Taula 4.2 Taula de valors segons el seu diàmetre i gruix .....	36
Taula 4. 3 Taula de valors segons el diàmetre i gruix .....	48
Taula 4. 4 Taula de valors segons el seu diàmetre i gruix.....	53
Taula 4. 5 Taula de valors segons diàmetre i gruix .....	61
Taula 5. 1 Requisits de seguretat segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	73
Taula 5. 2 Requisits de seguretat segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	75
Taula 5. 3 Requisits suport corporal segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	76
Taula 5. 4 Requisits de la barra de separació segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	77
Taula 5. 5 Requisits de funcionament segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	78
Taula 5. 6 Requisits de velocitats segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	79
Taula 5. 7 Requisits de durabilitat segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	80
Taula 6. 1 Manual d'instruccions segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	80
Taula 6. 2 Manual d'instruccions segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	82
Taula 6. 3 Manual d'instruccions segons Normativa UNE-ISO 10535 .....	84

Taula 7. 1 Planificació prèvia.....	85
Taula 7. 2 Planificació de l'execució .....	87
Taula 8. 1 Taules d'Accions.....	92
Taula 8. 2 Taules d'Accions.....	94
Taula 8. 3 Taula de residus amb els seus codigs .....	95

## Glossari de termes.

$\alpha$	Angle entre l'eix y i l'eix central
$\omega$	Velocitat de gir de l'eix giratori
A	Àrea
b	Distància de l'ànima
Bp	Braç Potència
Br	Braç Resistent
EUPMT	Escola Universitària Politècnica de Mataró
g	Gruix
Hz	Freqüència en hertz
IEAC	International Address Element Code
IP	Grau d'estanqueïtat
ISO	International Organization for Standardization
IVA	Impost de Valor Afegit
Iy	Moment d'Inèrcia
Kg	Kilograms
kW	Kilowatts
L <sub>85°</sub>	Longitud d'arc en 85°
m	massa
m/s	Metres partit segons
M8	Mètrica + número

mm	Mil·límetres
N	Newtons
$\varnothing$	Diàmetre
PCS	Punt Central de Suspensió
R	Radi exterior
r	Radi interior
TFC	Treball de fi de carrera
UNE	Una Norma Espanyola
v	Velocitat lineal
V	Voltatge
Wy	Mòdul Resistent
Ymax	Distància màxima respecte a el centre d'inèrcia
$\sigma$	Tensió normal
$\tau$	Tensió tangencial

# **1. Objectius.**

## **1.1. Propòsit.**

Dissenyar un sistema de transport adequat per a persones amb mobilitat reduïda, amb capacitat d'una persona, en qualsevol mena de piscines i què resolgui els problemes actuals exposats per l'empresa Tecnofísio.

## **1.2. Finalitat.**

Aplicar els coneixements adquirits durant el grau d'enginyeria mecànica fent ús de les matèries com Estructures i construccions industrials, Resistència de materials, Disseny de màquines i Gestió de projectes. També saber identificar i aplicar la normativa concreta per al projecte.

## **1.3. Objecte.**

Disseny de tots els elements mecànics de la grua, considerant les condicions d'entorn de les quals es veu sotmès cadascun dels elements.

L'objecte d'aquest treball està classificat com a una unitat de suport corporal destinada al trasllat de persones amb discapacitat, segon la classificació de la norma ISO 9999:2002, per tant haurà de complir els requisits de l'ISO 10535:2006, per a grues estacionàries fixades a la paret, sostre o terra. Els requisits d'aquesta norma, es formulen respecte a les necessitats tant de les persones que seran traslladades com del cuidador que la maneja.

## **1.4. Abast.**

Especificació, justificació i verificació dels càlculs aplicats pel dimensionament dels elements estructurals, sempre considerant les especificacions de la normativa de cada apartat. Generació de la documentació necessària segons la normativa ISO10535:2006.

En cas d'utilitzar elements ja fabricats, especificar la informació necessària per al desenvolupament del projecte. Resten fora de l'abast d'aquest projecte el disseny d'elements elèctrics i el prototip funcional.



## 2. Ajustament del producte final del projecte

Abans de començar amb el disseny de detall, cal remarcar que hi ha hagut un canvi del tipus de producte final del projecte. En l'avantprojecte, es va definir com a millor solució el desenvolupament d'una plataforma permanent fixada a terra. Finalment, després de començar amb el projecte de detall es va arribar a un punt mort, on el projecte no podia seguir per temes funcionals i de seguretat. També ens van realitzar un seguit més d'entrevistes mostrant la idea a l'empresa de Tecnofisio i es va descartar, per motius com l'ocupació d'espai útil i funcional dins la piscina. Per aquestes raons es va decidir refer i millorar l'avantprojecte per arribar a una solució alternativa.

S'ha volgut donar un nou punt de vista a diversos apartats de l'anterior avantprojecte, començant per definir millor a un els elements d'un equip d'elevació per a piscines, tenint en compte tots els models i tipologies existents en el mercat.

### 2.1 Elements que conformen un equip d'elevació per a piscines

S'han identificat diferents equips d'elevació, per a aquest motiu s'han classificat i nombrats de la següent forma:

**1. Sistema de transport.** Element que fa possible la incorporació de la persona dins la piscina. Els sistemes més utilitzats són les cadires de plàstic, amb o sense potes, ni elements de seguretat, els arnesos de malla, cadira i llitera i les plataformes elevadores. Aquest sistema conté elements com cadires de plàstic amb i sense elements de seguretat, arnesos de malla, cadira o llitera i plataformes elevadores.

**2. Sistema d'elevació.** Element que té com a funció generar un moviment vertical per a poder incorporar a la persona dins la piscina. Generalment són mecanismes amb diversos components que es poden agrupar, depenent de les seves característiques, en: pistons hidràulics, braços pivotants, grues, polispasts, corretges, plataformes i politges.

**3. Sistema de fixació.** Element que s'encarrega de subjectar tot el conjunt per garantir la seva estabilitat i seguretat. Existeixen dos tipus de fixacions: fixes (caragolades, encastades i cimentades) i mòbils (encastades, amb contrapès i amb guies).

**4. Sistema d'alimentació.** És el recurs que utilitza la màquina per realitzar el seu treball. Es poden utilitzar diversos sistemes segons la font d'alimentació: elèctrics (xarxa o bateria), hidràulics, manuals i pneumàtics.

## **2.2 Anàlisi dels productes del mercat**

S'ha fet un anàlisi dels productes ja existents en el mercat segons el seu sistema d'elevació i tenint en compte els següents valors:

**Seguretat**, engloba tots els sistemes de subjecció que pugui contenir el sistema de transport com cinturons, recolza-braços , recolza-peus etc..

**Espai útil**, ús de l'espai dins el perímetre de la piscina.

**Traspàs del pacient**, ha de permetre una correcta i fàcil transmissió de la persona des de la cadira de rodes fins al sistema de transport, que no suposi un obstacle o perill per a l'usuari.

**Adaptació als espais i manteniment**, el sistema ha de permetre una correcta instal·lació en les diferents espais i piscines a més a més, ha de tenir un fàcil manteniment tant preventiu com correctiu.

**Resistència a ambients humits**, ús de materials adients per a als ambients als quals estarà exposat el producte, també tenir en compte el grau de estanquitat IP54 en casos d'utilitzar elements elèctric i/o electrònics.

**Ergonomia**, disseny correcte sobre el sistema de transport de la persona, tenint en compte el sector al qual va dirigit.



## 2.3 Anàlisi de problemes

En el passat avantprojecte es varen fer un seguit d'entrevistes amb l'empresa TecnoFisio, aquesta va plantejar diversos problemes existents amb els equips actuals, s'ha analitzat de nou aquests problemes tenint en compte les noves entrevistes. A continuació es mencionen els punts tractats definits en l'apartat A1.3 de l'annex:

- ❖ Problemes amb el trasllat de la persona.
- ❖ Xoc dels peus de la persona amb la vorada de la piscina.
- ❖ Poca autonomia

## 2.4 Generació i plantejament de possibles solucions alternatives

En aquest apartat s'ha fet la selecció òptima de cadascun dels sistemes mencionats anteriorment. Tots els sistemes han estat avaluats per diferents criteris més específics per a dur a terme una millor elecció.

Ha estat realitzat mitjançant un estudi basat en taules multi criteri. L'objectiu d'aquest estudi es basa a seleccionar el tipus d'instal·lació més adequat considerant el grau d'assoliment de cada criteri.

S'avaluarà el grau d'assoliment de cada criteri amb una puntuació de l'1 al 10, on 1 equival a un grau d'assoliment molt baix, i 10 a un grau d'assoliment molt elevat. A cadascun dels criteris, se li aplicarà un factor de ponderació que ve determinat per la rellevància del criteri en qüestió.

En cada cas, s'exposarà el tipus de sistema, criteris amb els quals han estat avaluats i la millor solució, en l'annex és trobem les taules d'avaluació i les definicions dels diferents criteris:

- ❖ **Sistema d'elevació.** Precisió, Costos de materials, Espai útil i Manteniment.
  - Solució final: Combinació entre Grua, Politges/Cable i Polispast
- ❖ **Sistema de fixació:** Seguretat, Espai útil, Fàcil instal·lació, Manteniment
  - Solució final: Fixa caragolat, Fixa ancorat i Mòbil contrapès
- ❖ **Sistema de transport:** Seguretat, Adaptable, Estabilitat, Costos.
  - Solució final: Arnès malla i Plataforma

- ❖ **Sistema d'alimentació:** Seguretat, Usabilitat, Manteniment, Costos.
  - Solució final: Manual i Elèctric xarxa

## **2.5 Anàlisis de viabilitats i selecció de l'alternativa mes adequada**

També s'ha realitzat l'apropiat anàlisis de viabilitats tant tècnics, econòmics com mediambientals de cada un dels elements segons el seu sistema tal com es mostra en l'apartat A1.5 de l'annex.

**Selecció sistema d'elevació:** El sistema de grua, aporta més estabilitat en comparació amb el sistema d'unió amb l'arnès, consta d'un braç pivotant que fa el moviment vertical, cal observar que té uns costos més elevats, ja que fa ús d'un pistó elèctric. Per altra banda el sistema de politges + cable conté tota l'estructura fixa (sense tenir en compte el gir) i el moviment vertical bé donat per el cable, donant més sensació d'inestabilitat al tenir penjat l'arnès pel cable.

Un cop vist les diferències entre ambdós, s'arriba a la conclusió d'agafar un sistema en forma de grua, cal observar que substituint el pistó per un sistema de politges + cable. garantirem l'estabilitat de la grua i reduiríem els costos.

**Selecció sistema de transport:** Vist que els altres dos sistemes han estat descartats, la solució final per al sistema de transport és l'ús d'un arnès malla.

**Selecció sistema de subjecció:** Per al sistema de subjecció, és poden fer dues combinacions que milloren la seguretat del sistema, es pot fer un sistema encastat caragolat, o un sistema mòbil encastat i amb contrapès.

**Selecció sistema d'alimentació:** L'alimentació per bateries genera uns costos de materials i una menor vida útil del producte, també quan ja no és útil genera un residu contaminant difícil de tractar, per altra banda aporta comoditat al sistema i poc necessitat d'instal·lació. L'alimentació directament de xarxa, comporta una instal·lació necessària amb elements de IP64, observar allarga la vida del producte i els elements restants no són tant contaminants, també no depèn de cap càrrega, pel qual és pot utilitzar constantment (sempre que no hi hagi cap tall de llum). El tercer sistema és el manual, no requereix cap tipus d'instal·lació ni genera despeses, s'adapta als ambients humits i no suposa un perill per a l'usuari, cal observar que pot ser menys útil a l'hora de ser utilitzat ja que ha de disposar d'una persona

per generar el moviment, per altra banda no és afectat per cap tall de llum i redueix els costos correctius.

## 2.6 Pressupost i planificació

Per finalitzar, cal mencionar que s'ha ajustat un nou pressupost del projecte juntament amb la planificació.

El pressupost total és la suma dels tres capítols, més els costos de l'avantprojecte:

Pressupost global	€
Capítol I: Elaboració del projecte	11000
Capítol II: Material	0,00
Capítol III: Amortitzacions	2102
Capítol IV: Avantprojecte	2625
TOTAL	15726,67
IVA 21%	3302,60
<b>TOTAL PRESSUPOST</b>	<b>19029,27 €</b>

Taula 2.1 Pressupost Global

Font: Elaboració pròpia

Codi de referència	Nom de la tasca	Duració (h)	Precedència
In	Inici projecte	Inici projecte	-
A	Idees de dissenys previs (esbossos)	10	In
B	Selecció de la idea més adequada	5	A
C	Estructuració del disseny	10	B
D	Disseny i càlculs de la base	15	C
E	Disseny i càlculs de l'eix central	15	D
F	Disseny i càlculs peça unió U	15	E
G	Disseny i càlculs braç pivotant	15	F
H	Disseny i càlculs de la barra de suspensió	15	G
I	Càlculs i selecció del motor	5	H
J	Disseny 3D de cada peça	15	I
K	Realització de plànols	15	J
L	Planificació de l'execució	10	K
M	Estudi econòmic	5	L
N	Documentació i tancament del projecte	15	M
O	Final del projecte	Fi projecte	N

Taula 2.2 Planificació

Font: Elaboració pròpia

### **3. Consideracions prèvies al desenvolupament del disseny estructural**

Inicialment cal mencionar els elements que conformen la grua, que estan parcialment definits a l'Avantprojecte. Aquests elements són els següents:

- La base o sistema de subjecció que fixa la grua a terra.
- El sistema de gir que permet fer un gir de 360° respecte a l'eix.
- L'eix central que uneix la base amb el braç pivotant.
- La peça d'unió de l'eix amb el braç pivotant.
- El braç pivotant què permet el moviment vertical en un dels seus extrems i pivotar respecte a un punt de suport.
- El sistema de transmissió que te com a missió fer arribar el gir del motor al braç, mitjançant un cable d'acer inoxidable.
- El motor elèctric, encarregat d'alimentar el sistema de transmissió.
- La perxa que permet la unió entre el braç i el sistema de transport.
- El sistema de transport que possibilita la mobilització de la persona dins la piscina.

### 3.1 Dimensionament del disseny estructural. Càlculs previs

En aquest apartat s'analitzen totes les hipòtesis per al desenvolupament d'un esquema on s'obtinguin les mesures de la grua, des de l'altura al recorregut que aquesta farà, per tant, de forma geomètrica s'explicarà com trobar l'estructura.

Primer de tot, fer constar totes les distàncies que ha de complir l'estructura tal com es mostra a continuació:

- (1) Distància del PCS a la vorada de la piscina
- (2) Distància entre el terra i el punt més baix del sistema de transport
- (3) Distància total del sistema de transport
- (4) Distància entre la vorada i el centre de la base
- (5) Profunditat màxima del sistema de transport
- (6) Altura de punt de gir
- (7) Espai màxim horitzontal

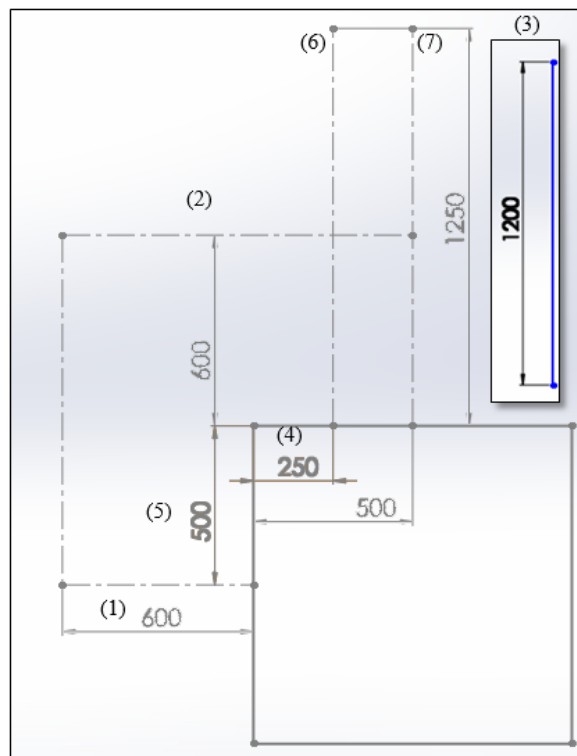


Figura 3. 1 Explicació dimensionat

Font: Elaboració pròpia

Seguidament és col·loca el sistema de transport en el seu punt més alt des del punt en referència a (2) i es troba l'altura màxima de la barra pivotant anomenat (a). Es repeteix el mateix procediment cal observar que amb referència a (5) i es troba la mínima altura de l'extrem de la barra pivotant anomenat (b).

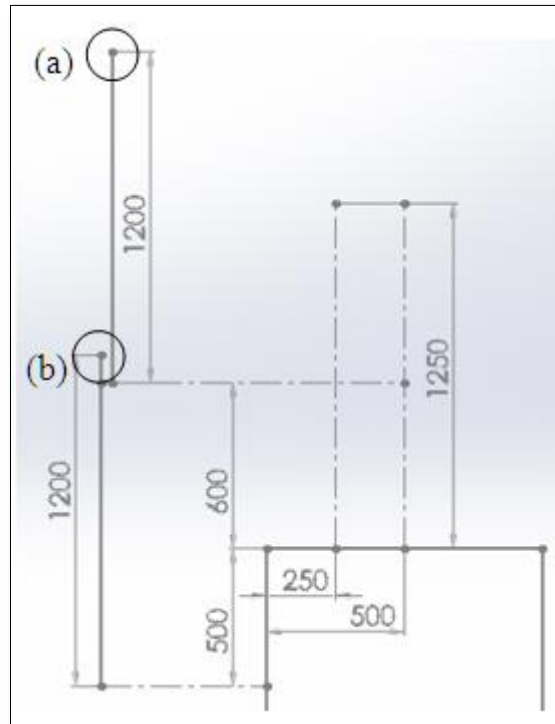


Figura 3. 2 Explicació dimensionat

Font: Elaboració pròpia

Des del punt (6) és col·loca una recta perpendicular a l'eix o paral·lel a terra, d'aquesta forma trobem la intersecció entre ambdues línies nomenada (8). A partir d'aquest punt (8) i sobre la recta perpendicular, es mesuren 250mm per trobar el centre de gir, ja que es vol compensar la Distància entre la vorada i el centre de la base, per així, guanyar Distància i tenir un millor joc de palanca, aquest punt l'anomenarem (9).

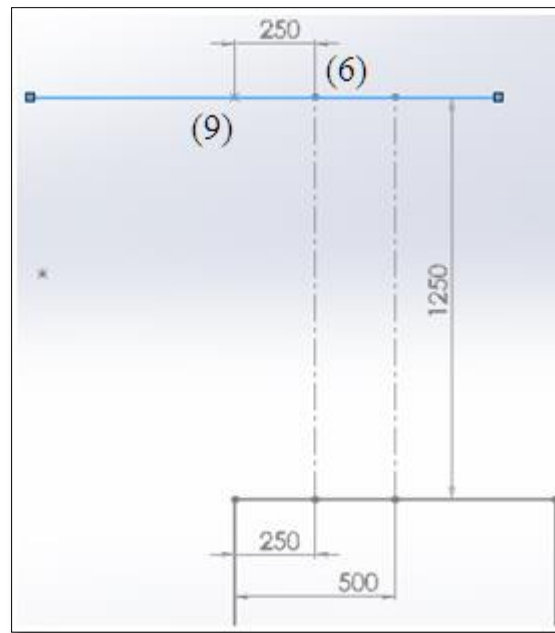


Figura 3. 3 Explicació dimensionat

Font: Elaboració pròpia

Des de (a) o (b) es traça una recta que passa per (9)

Per tant tenim un segment (a)→(9) de 800mm i un segment (9) → (7) surt un segment de 500mm ( definit per el punt (7) en la seva posició horitzontal), el qual ens defineix una llargada màxima del braç pivotant de 1300mm. També es troba els graus el qual esta la barra respecte a la recta perpendicular, tenir en compte, que s'ha fet un model simètric, per tant, el total de graus són de 86°.



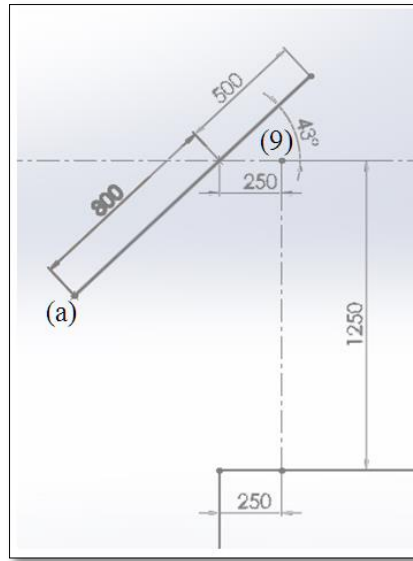


Figura 3. 4 Explicació dimensionat

Font: Elaboració pròpia

Per trobar la llargada de l'eix i l'angle d'aquest, s'afegiran noves dades sobre l'eix central, l'altura de la base més el coixinet, d'aquesta forma trobem el punt (10) el qual unint-lo amb (9) trobem la llargada i l'angle de l'eix central.

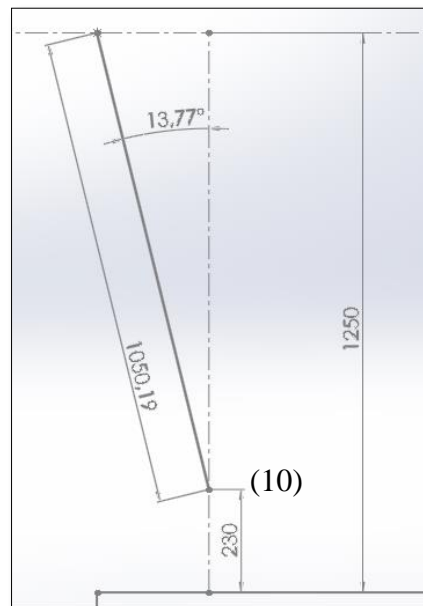


Figura 3. 5 Explicació dimensionat

Font: Elaboració pròpia

### 3.2 Càrregues externes i reacció

Primer de tot, simplificar l'estructura a un model de barres simples per així poder tractar-lo com a una estructura de pilar i biga, en aquest cas una grua amb dos elements principals l'eix central que faria la funció de pilar i el braç pivotant que faria la funció de biga.

Analitzant la biga, aquesta conté tres nusos dos dels quals són articulacions (només permeten un gir) i el restant un nus lliure (on anirà aplicada la força). Aquestes dues articulacions representen la unió entre el braç pivotant i l'eix central situat a 800 mm de l'extrem esquerre i a 500mm de l'extrem dret (tenint en compte la figura 3.6 com a referència), segons els càlculs geomètrics fets en l'anterior apartat .

L'altra articulació representa la unió entre la cinta o cingla, situada a l'extrem dret (tenint en compte la figura 3.6 com a referència), que haurà de fer una força equivalent a l'exercida en l'extrem oposat.

L'extrem esquerre on està situat el nus lliure, representa la unió entre el sistema de transport (més concret el dispositiu flexible) on s'aplicarà una força màxima de 1.5 cops 120kg segons ISO 10535 ("La grua ha de ser capaç d'evar a una persona de 120kg de massa sense incloure cap de les masses de les unitats de suport corporal" i "La grua ha d'estar dissenyada per tal de no evar més d'1,5 vegades la càrrega màxima").

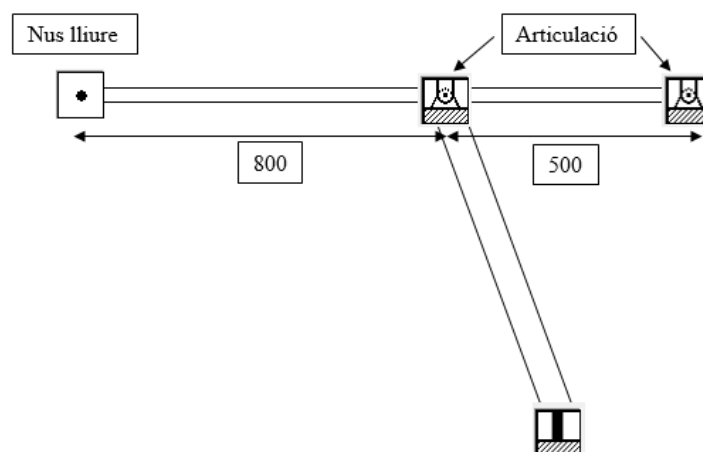


Figura 3. 6 Esquema estructura

Font: Elaboració pròpia

En aquest cas fixem una elevació màxima de 130kg considerant el pes propi, és a dir, una massa a elevar de 195kg ( $130 \cdot 1.5$ ) que s'arrodoneix a 200kg a l'hora de fer els càlculs.

Per tant, en els següents càlculs, haurem de trobar els següents incògnites:

- a) Resistència  $R$ . Força aplicada equivalent al pes  $P$  de 2000N
- b) Reaccions que haurà de suportar l'articulació central

Per a resoldre les anteriors incògnites, considerarem la biga amb un punt de suport i dues forces als extrems, de forma que es redueix a una simple palanca, per a poder utilitzar les lleis de la palanca:

La llei de la palanca es defineix com: "el producte de la potència  $P$  pel braç de la potència ( $Bp$ ) és igual al producte de la resistència  $R$  pel braç de la resistència ( $Br$ ). El guany mecànic d'una palanca és definit com el quocient entre la resistència i la potència.

En el nostre cas, la resistència ( $R$ ) és el pes de 2000N i la potència ( $P$ ) serà la força que haurem d'aportar al nostre sistema per tal d'elevat aquests 2000N.

S'ha de tenir en compte que en aquest cas que el guany mecànic serà inferior a 1 ( $P=R$  equilibri), és a dir, un guany negatiu, ja que  $P > R$ , a causa que la Distància entre  $R$  i el centre és més elevada que la Distància entre  $P$  i el centre  $Br > Bp$ .

Això és deu a com està estructurada la geometria de la peça i no es pot millorar aquesta situació, ja que bé fixada pels paràmetres principals.

Procedim als càlculs:

### Resistència $R$ . Força aplicada equivalent al pes $P$ de 2000N

Apliquem la llei de la palanca (3.1) que diu:

$$R * Br = P * Bp \quad (3.1)$$

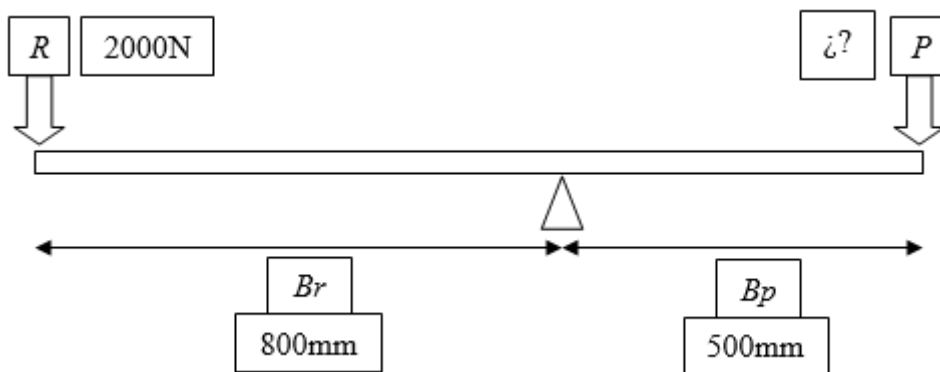


Figura 3. 7 Esquema de barres

Font: Elaboració pròpia

D'aquí podem aïllar  $P$  per saber la força que haurem d'aportar al sistema:

$$\frac{R * Br}{Bp} = P \rightarrow \frac{2000N * 800mm}{500mm} = 3200N$$

Per tant, haurem d'aplicar una força de 3200N uns 320kg per compensar la resistència o el pes de la persona. Tenir en compte que aquests 3200N és per mantenir en equilibri l'estructura, per tant haurem d'aplicar més força per poder elevar la càrrega de 200 kg.

### Reaccions que haurà de suportar l'articulació central

Per analitzar aquesta qüestió estudiarem l'estructura al complet mirat des del punt de vista de biga més pilar (analitzarem l'estructura com si el pilar no tingues cap angle d'inclinació tal com es mostra en l'apartat anterior de càlculs geomètrics) sotmesos a dues forces puntuals en els extrems de la biga. En aquest cas el nus d'unió amb l'eix central, és una articulació el qual implica que els moments no es transmeten al pilar, només es transmet forces axials, igualment s'analitzarà el cas més desfavorable, el pilar unit a la biga.

Anàlisis de forces externes i diagrames d'esforços interns (normals, tallants i flectors):

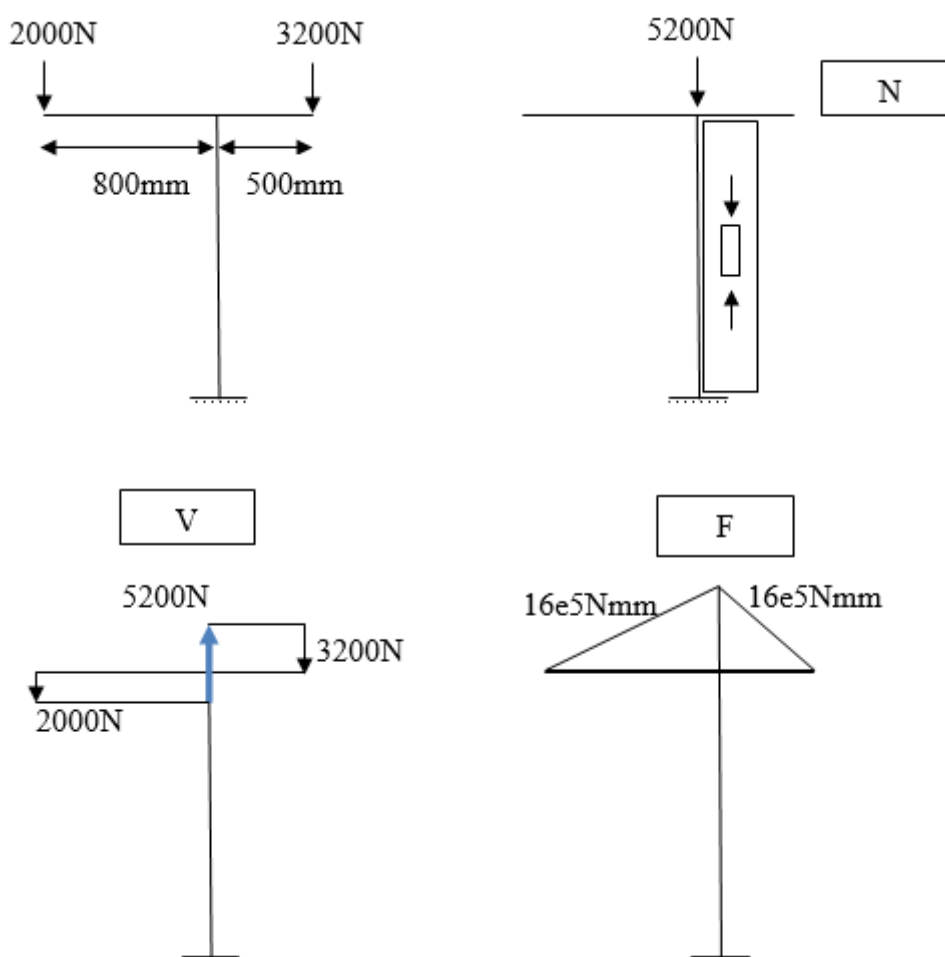


Figura 3. 8 Diagrama d'esforços interns

Font: Elaboració pròpia

Com podem observar en la figura anterior, el pilar només haurà de suportar la càrrega màxima de 5200N, no hi haurà moments flectors en el pilar, ja que s'anul·len l'un amb l'altra, això té explicació, ja que hem fet servir la regla de la cadena que busca la força equivalent.

Cal observar que en la pràctica si que hi haurà un moment flector al pilar, ja que la força que apliquem haurà de ser major de 3200N per poder elevar el cos, per tant l'equilibri es trencarà i tindrem un moment flector per part del braç més curt de 500mm multiplicat pels 3200N més la força restant per elevar.

### 3.3 Càlcul de velocitats

Aquesta força de més vindrà determinada segons la velocitat de pujada, ja que depenen quina força s'hi exerceixi pujarà més ràpidament o menys. Aquesta velocitat de pujada i baixada bé determinada per la normativa ISO 10535:

- La velocitat d'elevació o descens del PCS (com a punt de referència) no ha de ser superior als 0.15m/s quan la grua esta carregada.
- La velocitat d'elevació o descens del PCS (com a punt de referència) no ha de ser superior als 0.25m/s quan la grua esta descàrrega da.

Per tant fixem la velocitat d'elevació a 0.12m/s quan la grua esta càrrega da, ara hem de calcular quina força hem d'aplicar perquè l'extrem on hi ha el nus lliure s'elevi a aquesta velocitat. Aquí hem de tenir en compte que treballem amb arcs de circumferència de diferents radis, per tant les velocitats lineals seran diferents.

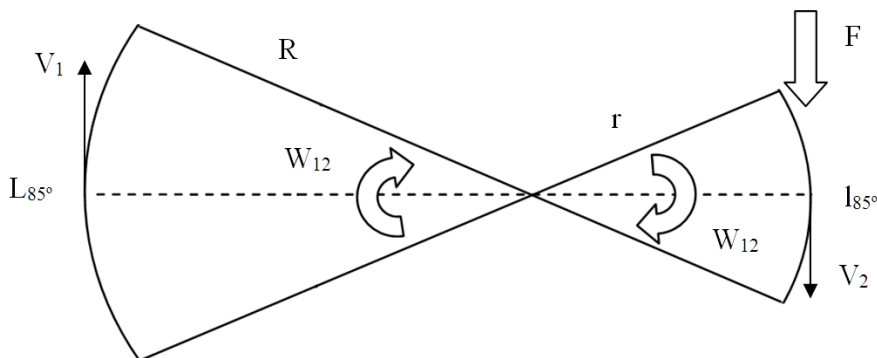


Figura 3. 9 Esquema perímetres

Font: Elaboració pròpia

Dades:

- $R$  és el radi gran de 0.8m
- $r$  és el radi petit de 0.5m
- $F$  és la incògnita (N)
- $V_1$  és la velocitat lineal de  $R=0.12\text{m/s}$
- $V_2$  és la velocitat lineal de  $r$  (m/s)
- $W_{12}$  és la velocitat angular de ambdues (rad/s)
- $L_{85^\circ}$  és la longitud de circumferència de radi  $R$  en  $85^\circ$ (m)
- $l_{85^\circ}$  és la longitud de circumferència de radi  $r$  en  $85^\circ$  (m)
- $m$  és la massa hipotètica que apliquem (kg)

Amb aquestes dades, es pot calcular la força necessària per a tenir una velocitat de 0.15m/s en l'extrem on es troba el nus lliure. Com s'ha comentat anteriorment, les velocitats lineals són diferents per als dos extrems, cal observar que la velocitat angular és la mateixa, per tant, un cop tinguem la velocitat lineal del radi petit i el temps podem calcular la força.

Per això ens falta calcular quin temps li correspon a la velocitat de 0.12m/s, per trobar aquest temps, calculem la longitud d'arc del radi  $R$  a  $360^\circ$  i després calculem quins metres li corresponen a  $85^\circ$ :

Sabem que la longitud d'arc (3.2) de  $360^\circ$  és:

$$L = 2 * \pi * R \quad (3.2)$$

$$L = 2 * \pi * R = 2 * \pi * 0.8 = 5,027\text{m}$$

La longitud de  $85^\circ$  és:

$$l = \frac{5,027}{360} * 85 = 1,19\text{m}$$

Per tant el temps és de:

$$t = \frac{1,19\text{m}}{0,12\text{m/s}} = 10\text{s}$$

Ara que hem calculat el temps, passem a calcular la velocitat lineal de  $r$ , aquesta l'obtidrem igualant les dues velocitats angulars i aïllant la velocitat lineal de  $r$ :

Sabem que:

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (3.3)$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{v_1}{R} = \frac{0.12}{0.8} = 0.15 \text{ rad/s}$$

Per tant podem igualar  $w_1$  a  $w_2$  i aïllar  $v_2$  ja que el radi  $r$  és conegut:

$$\omega = \frac{v_2}{r_2} \rightarrow v_2 = r_2 * \omega = 0.5 * 0.15 = 0.075 \text{ m/s}$$

Per tant la velocitat lineal de  $r$  ha de ser de 0.075m/s uns 7.5cm/s perquè la velocitat de pujada de la persona sigui de 0.12m/s d'uns 12cm/s.

Ara només fa falta calcular la força que és necessària per moure aquest extrem a 0.075m/s , per això fem ús de l'equació de la velocitat lineal(3.4):

$$V_f = v_0 + a * t \quad (3.4)$$

$$\text{on } v_0=0 ; a = \frac{F}{m} \text{ i } m = 320 \text{ kg}$$

$$V_f = \frac{F}{m} * t$$

$$F = \frac{v_f * m}{t} = \frac{0.075 \text{ m/s} * 320 \text{ kg}}{10 \text{ s}} = 2,5 \text{ N}$$



Per aconseguir una velocitat constant de 0.12m/s en l'extrem del nus lliure, és necessari augmentar la força uns 2,5N tot i tenir en compte que mai s'arribarà a una massa de 320kg, per tant, s'ha elaborat una taula amb la relació massa-força:

m (kg)	F (N)
30	0,3
40	0,4
50	0,4
60	0,5
70	0,6
80	0,7
90	0,7
100	0,8
110	0,9
120	1

Taula 3. 1 Relació força-massa

Font: Elaboració pròpia

Com es pot observar, segons els càlculs fets anteriorment, haurem d'aplicar com a màxim 1N més, pel que es pot concloure que si apliquem els 3202N de força ja estarem dins del rang de velocitats.

Amb tot això tornem a l'apartat de càrregues externes i diagrames de força per concloure que podem desestimar el moment causat per aquesta força, ja que seria de 1,250N/m, en comparació als 1600N/m. En els pitjors dels casos el moment màxim que podria causar és de  $4\text{N} \cdot 0,5\text{m} = 2\text{N/m}$  menys d'un 1kg de força.

### 3.4 Materials i acabats de la grua

L'entorn en el qual la grua romandrà serà en ambients humits i amb possibles esquitxades, per aquesta raó s'utilitzarà l'acer inoxidable AISI 316 com a material principal d'estructura. S'ha escollit aquest acer inoxidable, ja que té unes característiques mecàniques millors que les de l'acer inoxidable AISI 304 més comunament utilitzat. Les característiques d'aquest són les següents:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	195000.001	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.27	N/D
Límite de tracción	654.9999985	N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	275.0000009	N/mm <sup>2</sup>
Módulo tangente		N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	1.7e-005	/K
Densidad de masa	8000	kg/m <sup>3</sup>
Factor de endurecimiento	0.85	N/D

Figura 3. 20 Taula de propietats de l'acer

Font: Propietats del material SolidWorks

No obstant per millorar la qualitat del producte se li aplicarà una capa de pintura epòxid per a una major protecció contra la humitat i l'aigua de forma que s'allargarà al vida útil del producte. Cal remarcar que els casquets o rodaments utilitzats seran de plàstic per a millorar la fricció entre peces i evitar l'oxidació.

El sistema de transport és un arnés malla tal i com es va determinar en l'Avantprojecte, aquest element permet adaptar-se a la grua i rebaixa els costos ja que no cal desenvolupar cap disseny. El preu d'aquets es de 50€ i el material està fet amb un malla de PVC amb forma de U. El pacient queda còmodament assegut amb les cames separades i amb subjecció fins al coll, aquest suporta un pes màxim de 175kg.

## 4. Disseny de detall

L'objectiu d'aquest apartat és definir tots els paràmetres i càlculs per a poder dimensionar les diferents parts del sistema, per això es començarà plantejant la pitjor situació possible amb la qual el sistema es pot trobar i començar a construir tots els elements, per així assegurar-nos de què el sistema es segur i fiable, també tenir en compte que després haurà de passar tots els assajos respectant la normativa ISO 10535 sobre grues pel trasllat de persones amb discapacitat.

### 4.1 Càlcul i simulació de la secció del braç pivotant

Es tracte d'un perfil tubular d'acer inoxidable de secció circular, és l'element que aportarà el moviment vertical del sistema de transport, aquest girarà respecte a la peça d'unió, fent que l'extrem més allunyat del forat segueixi una trajectòria circular. En els dos extrems contindrà un element d'unió per a poder fixar tant el cable com el sistema de transport.

Amb les dades anteriors podem completar l'apartat calculant les tensions màximes que pot suportar la barra amb diferents diàmetres i gruixos. Fent ús de les següents fórmules i taules obtindrem els resultats i s'escollirà el més adequat:

Dades:

- $\sigma_{adm} = 275\text{N/mm}^2$
- $Y_{max}$  és el radi exterior  $R$
- $b$  és el diàmetre
- $M = 1600\text{kNmm}$
- $V = 5200\text{N}$

Fent servir la fórmula  $W_y$  (4.2) dividim la inèrcia  $I_y$  entre el radi  $R$  per trobar els mòduls resistents per cada un dels diàmetres amb el seu gruix, seguidament, dividim el moment entre el mòdul resistent i trobem les tensions normals a les quals hem de comparar amb la tensió normal admissible (4.1) de  $275\text{N/mm}^2$ , com podem observar el diàmetre de 50mm aguantaria a la tensió.

$$\sigma = \frac{M}{W_y} \quad (4.1)$$

$$W_y = \frac{I_y}{Y_{\max}} \quad (4.2)$$

Ara per comprovar calculem les tensions tangencials amb la fórmula de  $\tau$  (4.3) i la comparem amb la  $\tau_{adm}$  (4.4) de 158.77N/mm<sup>2</sup>:

$$\tau = \frac{V * M}{b * I_y} \quad (4.3)$$

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{\sqrt{3}} \quad (4.4)$$

Taula de resultats						
Diàmetre(mm)	Gruix (mm)	Inèrcia(mm <sup>4</sup> )	R(mm)	Wy(mm <sup>3</sup> )	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )
10	5	490,9	5	98,18	16296,60	169484,6
20	5	7363,1	10	736,31	2173,00	5649,8
30	5	31906,8	15	2127,1	752,19	869,2
40	5	85902,9	20	4295,1	372,51	242,1
50	5	181132,5	25	7245,3	220,83	91,9
60	5	329376,4	30	10979,2	145,73	42,1

Taula 4.1 Taula de valors segons el seu diàmetre i gruix

Font: Elaboració pròpia

Podem comprovar doncs que la biga de 50mm no sobrepassa el límit, per tant, s'arriba a la conclusió que s'haurà d'utilitzar una biga de 50mm de diàmetre amb un gruix de 5mm.

### Simulació braç pivotant

Tot i haver fet els càlculs anteriors cal fer el model 3D i simular-lo per veure amb més detall com actuaran les forces en aquesta peça.

Primer s'ha utilitzat el programa de simulació WinEva per corroborar que les deformacions i tensions no posen en perill l'estructura.

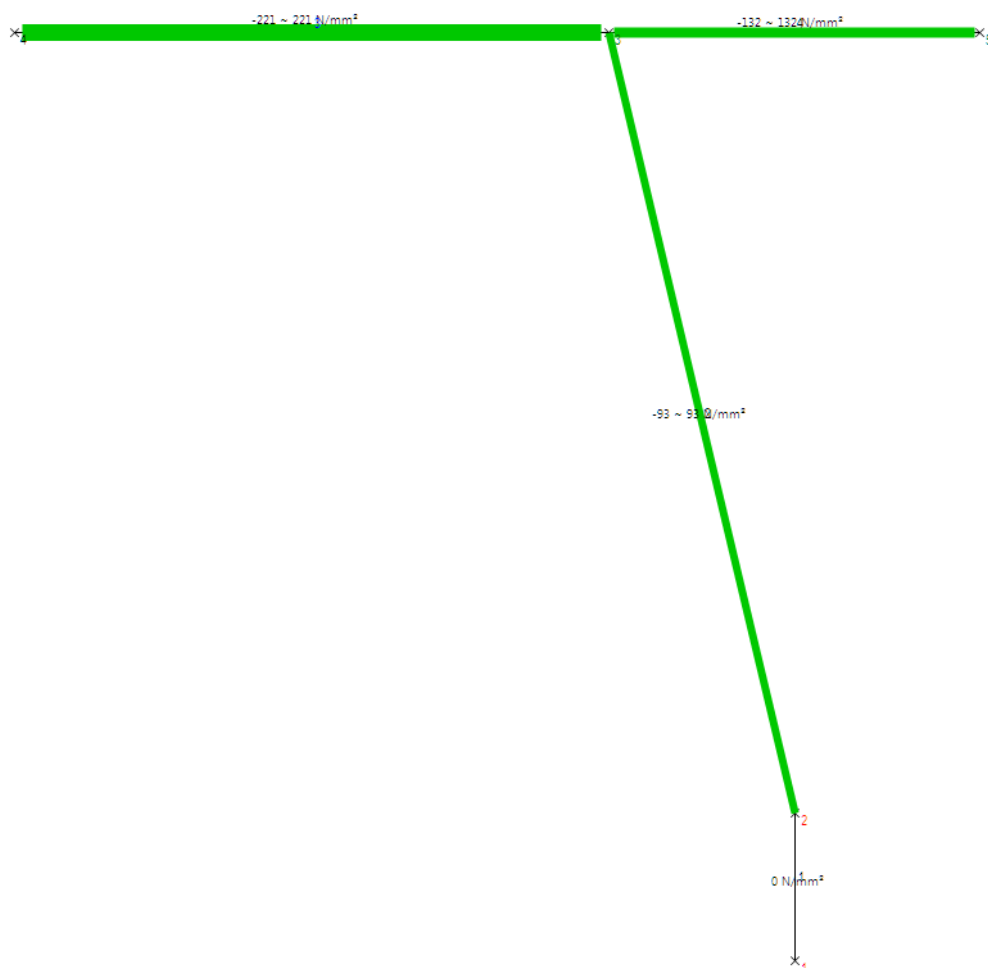


Figura 4. 1 Esquema de tensions

Font: Elaboració pròpia amb WinEva

Pel que fa a les tensions, cap supera el límit, no obstant podem veure que la part més afectada es tracte del costat llarg de 800mm del braç pivotant.

En deformació, igual que amb les tensions, l'extrem més llarg del braç pateix una deformació de 1.7mm.

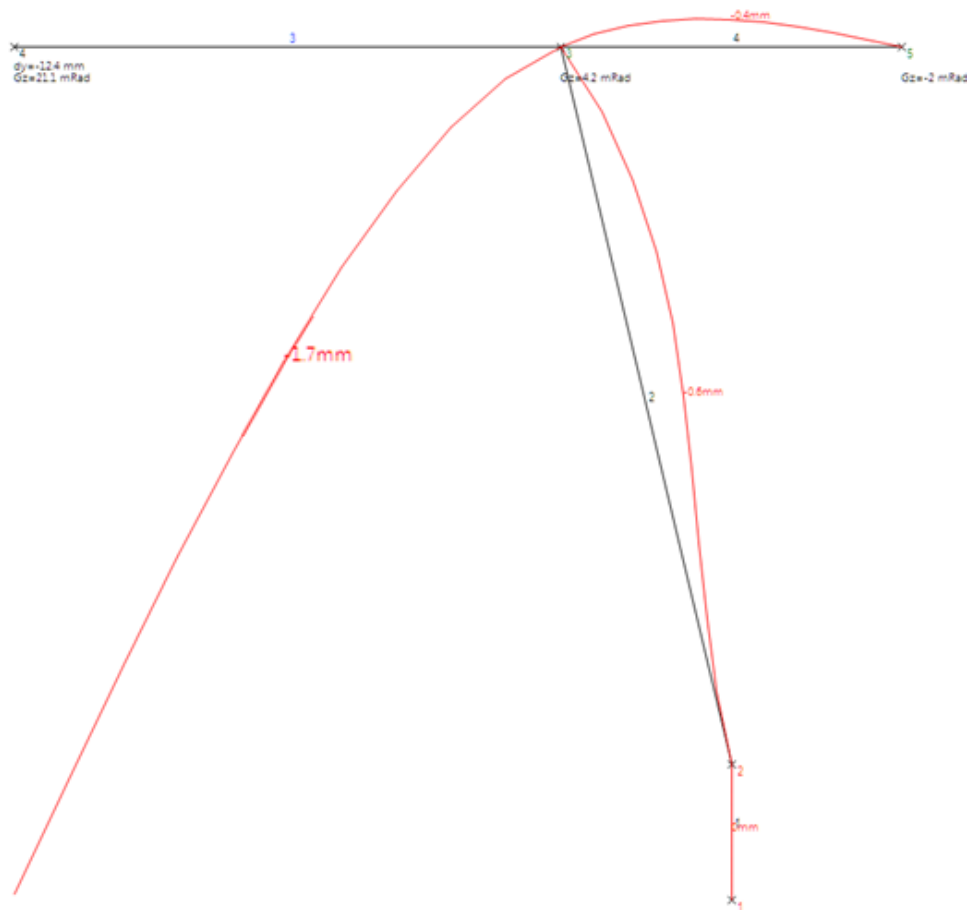


Figura 4. 2 Esquema de deformacions

Font: Elaboració pròpia amb WinEva

Per a tenir un altre punt de vista, s'ha fet ús del programa SolidWorks per dur a terme una altra simulació més acurada en les tensions. Les dues forces corresponents als extrems de la barra i hem fixat el centre de gir com a subjecció tal com es mostra en la següent figura:

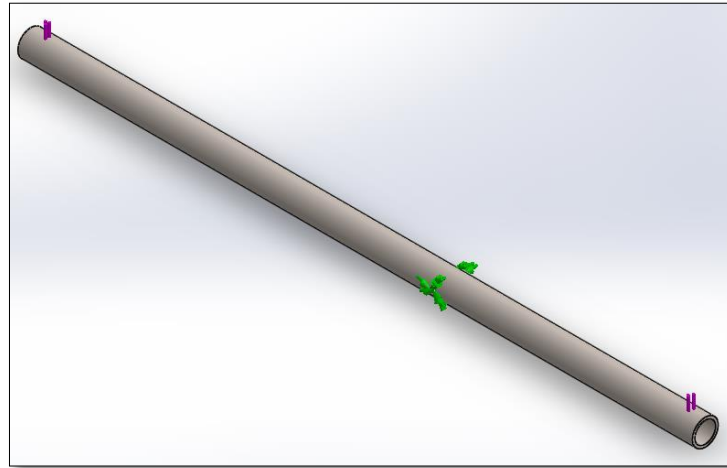


Figura 4. 3 Col·locació de càrregues i suports

Font: Elaboració pròpia

Primer de tot comprovem les tensions en la barra, com es pot observar en la figura següent, hi ha parts de la barra que superen el límit elàstic, per tant, s'haurà de variar el gruix de la barra, per aconseguir que cap part de barra superi els  $275\text{N/mm}^2$ .

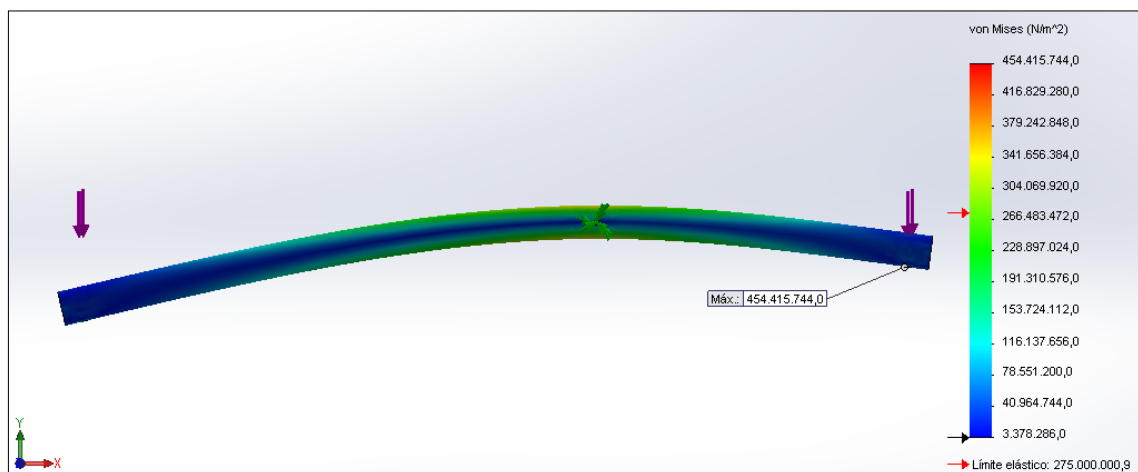


Figura 4. 4 Resultats amb tensions

Font: Elaboració pròpia

Augmentant el gruix a 10mm podem comprovar que solucionem el problema anterior i cap part de la barra supera els 275N/mm, és més, la part que més pateix és de 212N/mm<sup>2</sup>, per això podem concloure que amb un gruix de 10mm la barra suportarà a la perfecció el pes desitjat sense patir cap

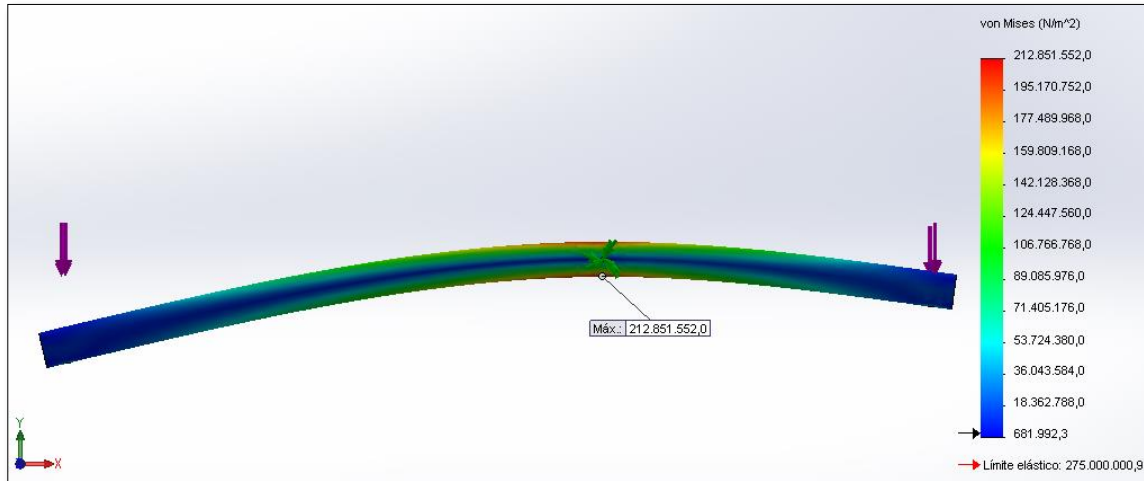


Figura 4. 5 Resultats amb tensions

Font: Elaboració pròpia

S'ha tornat a simular aquesta nova secció per comprovar les deformacions a partir del programa WinEva, els resultats indiquen una disminució de la deformació a 1.1mm.

### Solució final

Com a solució final s'ha arribat a la conclusió que la barra tindrà les següents mesures:

- Llargada: 1300mm
- Diàmetre: 50mm
- Gruix: 10mm
- Distància del forat del passador: 800mm
- Diàmetre del forat: 12mm



## 4.2 Càlculs nus lliure del braç pivotant

En aquest apartat és justificar l'ús de peces predissenyades per altres empreses o fabricants, ja que facilita la construcció de la grua. La peça escollida es tracte d'una baga d'acer inoxidable amb doble gir articulat i el qual van collats cargols directa amb el braç pivotant. En aquest cas s'haurà de tenir en compte quina mètrica es necessària segons la força i el gruix al qual es cargola, també tenir en compte si es necessari més d'un coma element de seguretat.



Figura 4. 6 Mostra de la baga

Font: [www.codipro.net](http://www.codipro.net)

Tipus de baga a escollir segons el nus:

Aquest és el lligam amb el sistema de transport, per tant, haurà d'aguantar el pes màxim de 200kg. Mirant la taula de valors segons el pes que suporta, trobem que les característiques adequades per a la baga obtingudes de la font de la figura:

Reference Référence Referenz Referencia	WLL CMU Höchstbelastung CMU	Safety factor Coef. sécurité Sicherheitsfaktor Coef. seguridad	Diameter Diamètre Durchmesser Diámetro	ø	P	standard L1		S1	S2	A	B	C	D	E	F	G	H	Weight Poids Gewicht Peso
SS.DSR M8	0,3 TO	5	M8 (x1.25)			16	6	6		32	30	30	39	28	13	53	9,5	0,3 Kg

Figura 4. 7 Propietats de la baga

Font: [www.codipro.net](http://www.codipro.net)

Com es pot veure en la figura anterior aguanta 0.3 T és a dir 300kg, el qual supera en 100kg el pes màxim establert. Tot i així com a mesura de seguretat es disposaran dues bagues de referència SS.DSR M8.

### Característiques a tenir en compte:

En aquest cas el gruix del tub de 5mm no és suficient per tant s'afegirà un massís cilíndric de gruix 100mm i radi 40mm, que també farà la funció de tap.

Tenir en compte que aquest producte compleix les normatives ISO 9001 i ISO14001.

Les característiques de les figures anteriors fan referència a la següent figura:

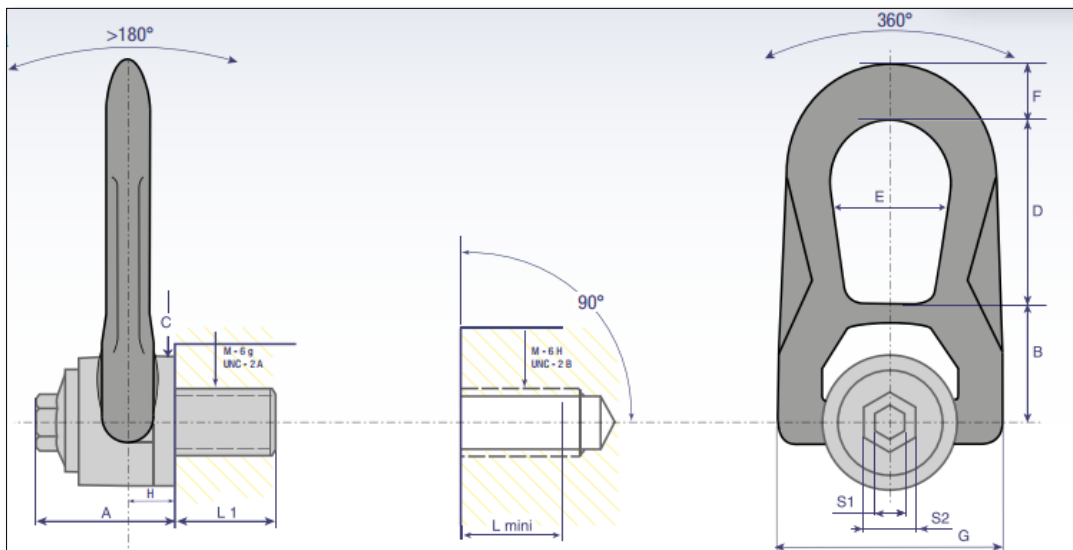


Figura 4. 8 Dimensions de la boga

Font: codipro.net

### 4.3 Càlculs nus articulat del braç pivotant

Té la funció d'unir el braç pivotant amb el cable el qual farà la força necessària per a elevar l'extrem contrari del braç, en aquest cas s'ha establert que la força màxima es de 3200N, és a dir, 320kg. Primer de tot calcular el tipus de grilló necessari per aguantar la càrrega, per això, estudiem el grilló com a una biga amb dos punts de suport als extrems i amb una força de 3200N al mig d'aquesta i fem l'estudi d'esforços interns:

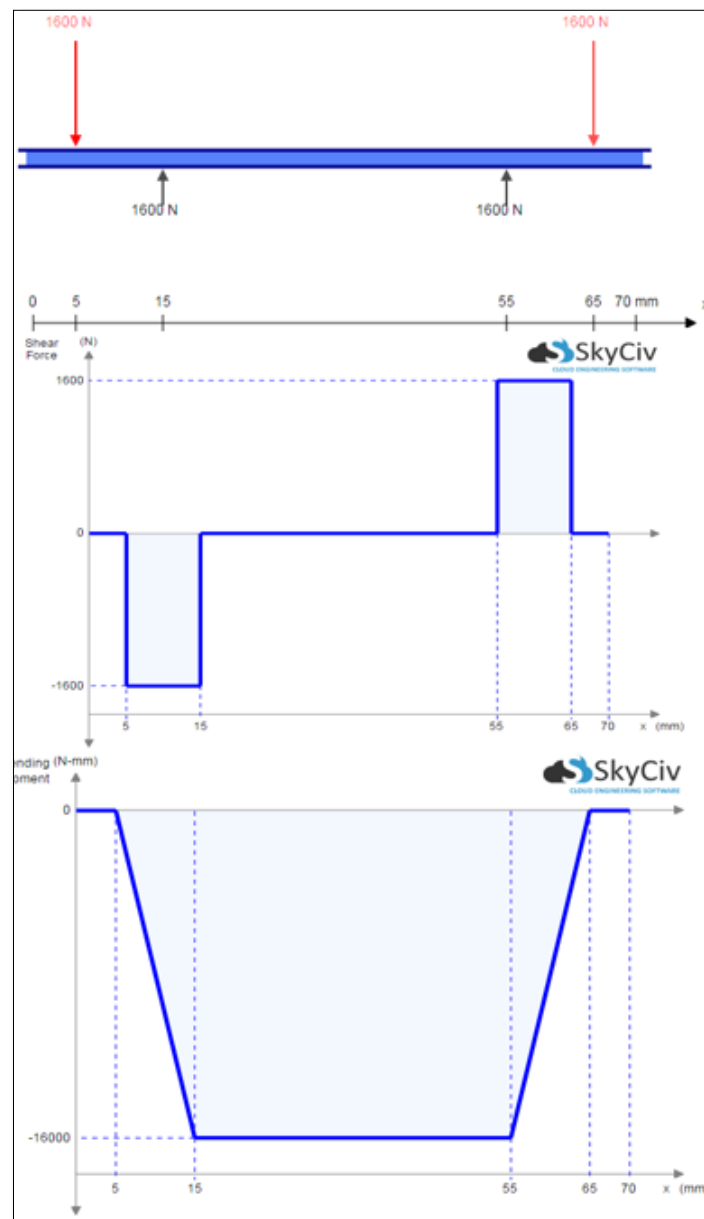


Figura 4. 9 Diagrames d'esforços interns

Font: [bendingmomentdiagram.com](http://bendingmomentdiagram.com)

Com podem observar en les figures anteriors, tindrem reaccions de 1600N en cada suport i un moment de 16kN/mm. Utilitzant la fórmula de l'apartat anterior per a calcular el radi del passador, ara pot ser utilitzada per a calcular el radi del grilló.

$$r = \sqrt[3]{\frac{4 * Md}{\sigma_{adm} * \pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 * 16000}{275 * \pi}} = 1.94mm$$

Surt un radi de 1.94mm que el podem arrodonir a 2mm és a dir un diàmetre de 4mm

Ara que tenim el diàmetre busquem aquesta mesura en una empresa d'elements d'acer inoxidable com Soloinox i trobem la següent peça:

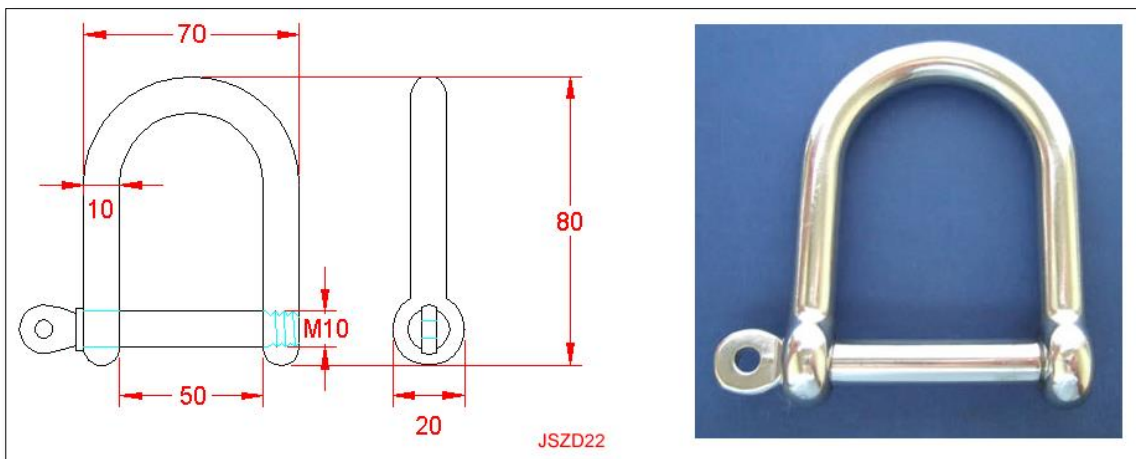


Figura 4. 10 Dimensions del grilló

Font: soloinox.es

Cal comentar que el gruix es de 10mm per tant els 2 mm calculats estan assegurats.

## 4.4 Càlcul i simulació del passador

Amb les dades anteriors sabem que la biga transmet una càrrega de 5200N en el nus més cèntric, el qual connecta amb l'eix central a partir d'un passador i una peça en forma de U. Per això els següents càlculs aniran relacionats amb l'anàlisi de forces en aquestes dues peces, començant per al passador.

En aquest cas el passador ha de suportar la càrrega de 5200 N, per això s'analitzarà com si fos una biga amb dos punts de suport:

Primer de tot generar un esquema on s'analitzin els diagrames d'esforços interns, per saber quin gruix o diàmetre fer servir perquè suporti la càrrega i no pateixi cap deformació que pugui suposar un risc per a la persona. Tenir en compte que aquest passador haurà d'anar equipat amb un dispositiu de bloqueig que previngui el desplaçament accidental segons la normativa UNE-ISO 10535. També es contempla l'apartat on s'exposa que qualsevol element de la grua ha de suportar 1,5 cops la càrrega màxima, ja que s'ha tingut en compte en l'apartat anterior i bé donat pels 5200N del braç pivotant.

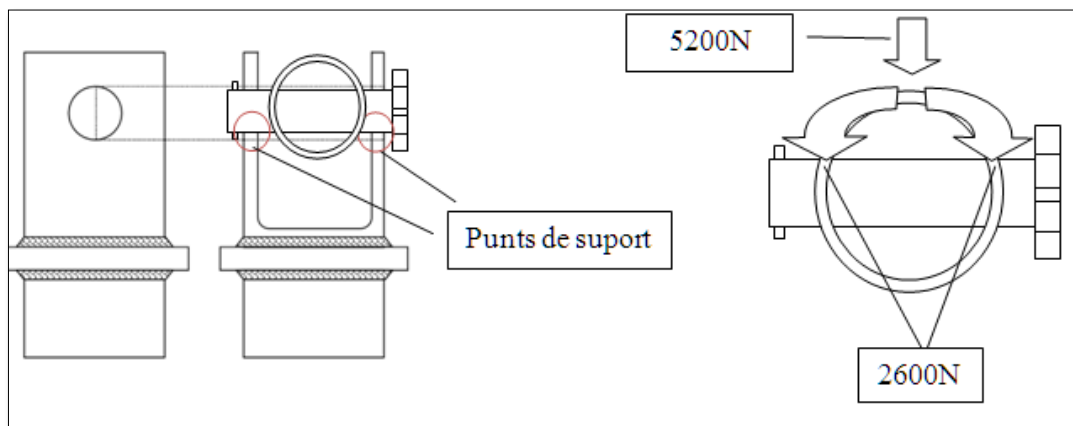


Figura 4. 11 Explicació de com actuen les forces en el passador

Font: Elaboració pròpia

Analitzant les figures anteriors podem considerar el passador com una biga de secció circular o tub massís que es mostra en la següent figura, amb dos punts de suport i dues càrregues puntuals de 2600N resultants dels 5200N que es reparteixen per igual al ser una secció

simètrica, a partir d'aquí es poden analitzar els esforços interns i definir un gruix o un diàmetre a la barra perquè suporti les càrregues a les quals està sotmesa.

Dades:

- $d_1$  és  $d_2$  més un 10% del diàmetre  $d_2$  en cada extrem per tant  $d_1=60\text{mm}$
- $d_2$  és el diàmetre del braç pivotant 50mm menys el gruix 10mm
- $d_3$  és un 30% del diàmetre  $d_2=15\text{mm}$
- $\sigma_{adm}=275\text{N/mm}^2$
- $V=2600\text{N}$
- $A_{ànima}$  és l'àrea de l'ànima del perfil d'acer en aquest cas  $\text{PI}*(r^2)$

Diagrama d'esforços interns (tallants i moments flectors):

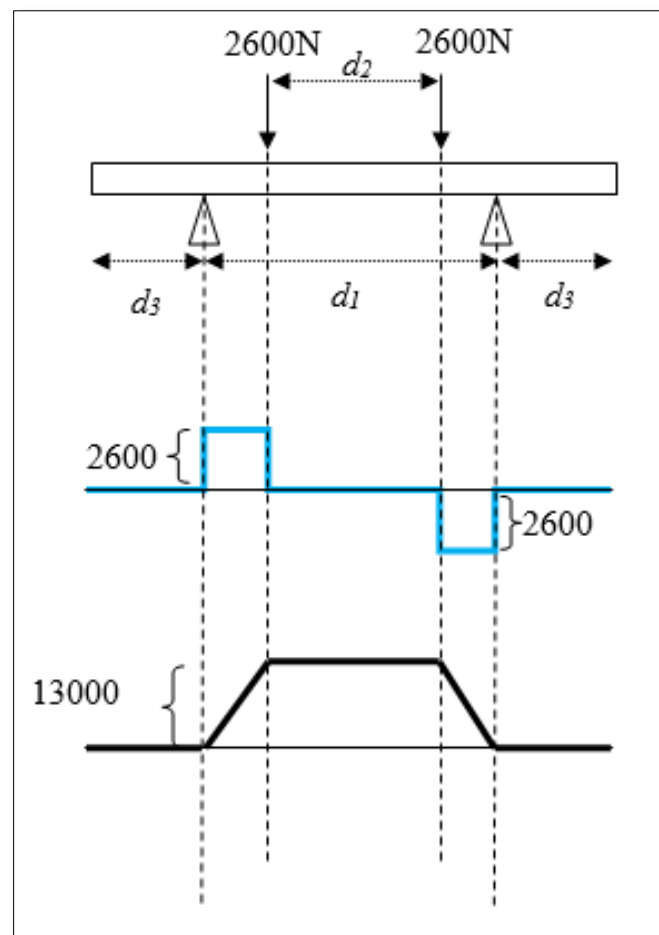


Figura 4. 12 Diagrama d'esforços interns

Font: Elaboració pròpia

**Càlcul del radi del passador:**

Coneixent les fórmules següents i les dades anteriors podem calcular el radi del cilindre per tal que aguanti la tensió normal i tangencial a la qual està sotmesa, per tant, ajuntant les fórmules de  $W_y$ ,  $I_y$  (4.5) i  $\sigma$ , podem aïllar el radi  $r$  del cilindre

$$W_y = \frac{I_y}{Y_{max}} = \frac{I_y}{r} = \frac{\frac{\pi * r^4}{4}}{r} = \frac{\pi * r^3}{4}$$

on :

$$I_y = \frac{\pi * r^4}{4} \quad (4.5)$$

$$Y_{max} = r$$

$$\sigma = \frac{Md}{W_y} = \frac{Md}{\frac{\pi * r^3}{4}} = \frac{Md * 4}{\pi * r^3} = \sqrt[3]{\frac{4 * Md}{\sigma * \pi}}$$

On:

$$Md = V * \frac{d1 - d2}{2}$$

Ara que tenim el radi aïllat i fixant la  $\sigma$  com la  $\sigma_{adm}$  trobem què el radi haurà de ser de:

$$r = \sqrt[3]{\frac{V * (d1 - d2) * 2}{\pi * \sigma_{adm}}} = \sqrt[3]{\frac{52000}{\pi * 275}} = 3.91 \text{ mm}$$

Per tant el passador haurà de ser 4mm de radi uns 8mm de diàmetre.

Comprovem que resisteixi a les tensions tangencials (4.6) utilitzant la fórmula següent:

$$\tau = \frac{V * S_y}{l_y * b} \quad (4.6)$$

On  $V=2600\text{N}$ ;

$$S_y = \frac{\pi * D^3}{8} = \frac{\pi * 8^3}{8} = 64\pi \text{ mm}^3$$

$$I_y = \frac{\pi * r^4}{4} = \frac{\pi * 4^4}{4} = 64\pi \text{ mm}^3$$

$$b = D = 8\text{mm}$$

$$\tau = \frac{V * S_y}{I_y * b} = \frac{2600 * 64\pi}{64\pi * 8} = \frac{2600}{8} = 325\text{N/mm}^2$$

Per tant podem comprovar no supera els valors de la tensió tangencial admissible de 158.77N/mm<sup>2</sup>, per tant el radi de 8mm no és correcte i s'ha de canviar.

Per a això s'ha elaborat aquesta taula seguint les fórmules anteriors:

Dades						
Diàmetre mm	Inèrcia mm <sup>4</sup>	Wy mm <sup>3</sup>	T.Normal N/mm <sup>2</sup>	Moment Estàtic mm <sup>3</sup>	Base mm	Tangencial N/mm <sup>2</sup>
D	Iy	Wy	σ	Sy	b	τ
9	322,07	71,58	181,62	286,3	9	256,79
10	490,88	98,18	132,41	392,7	10	208
11	718,69	130,68	99,48	522,7	11	171,91
12	1017,88	169,65	76,63	678,6	12	144,45
13	1401,99	215,7	60,27	862,8	13	123,08
14	1885,75	269,4	48,26	1077,6	14	106,13
15	2485,05	331,34	39,24	1325,4	15	92,45

Taula 5.2 Taula de valors segons el seu diàmetre i gruix

Font: Elaboració pròpia



Amb aquesta taula podem veure el límit dels  $158.77\text{N/mm}^2$  que abans no hem aconseguit amb els 8mm, per tant, el nou diàmetre haurà de ser de 12mm.

### Simulació del passador

Per a comprovar les dades anteriors, es farà una simulació del passador de 12mm de diàmetre calculat anteriorment. Com podem comprovar en les següents figures cap part de la peça arriba al límit elàstic dels  $275\text{N/mm}^2$ , la càrrega màxima es de  $130\text{N/mm}^2$ , això indica que podríem inclús fer el passador amb menys diàmetre. Per al que fa la deformació aquesta és de l'orde de 0.004 mm.

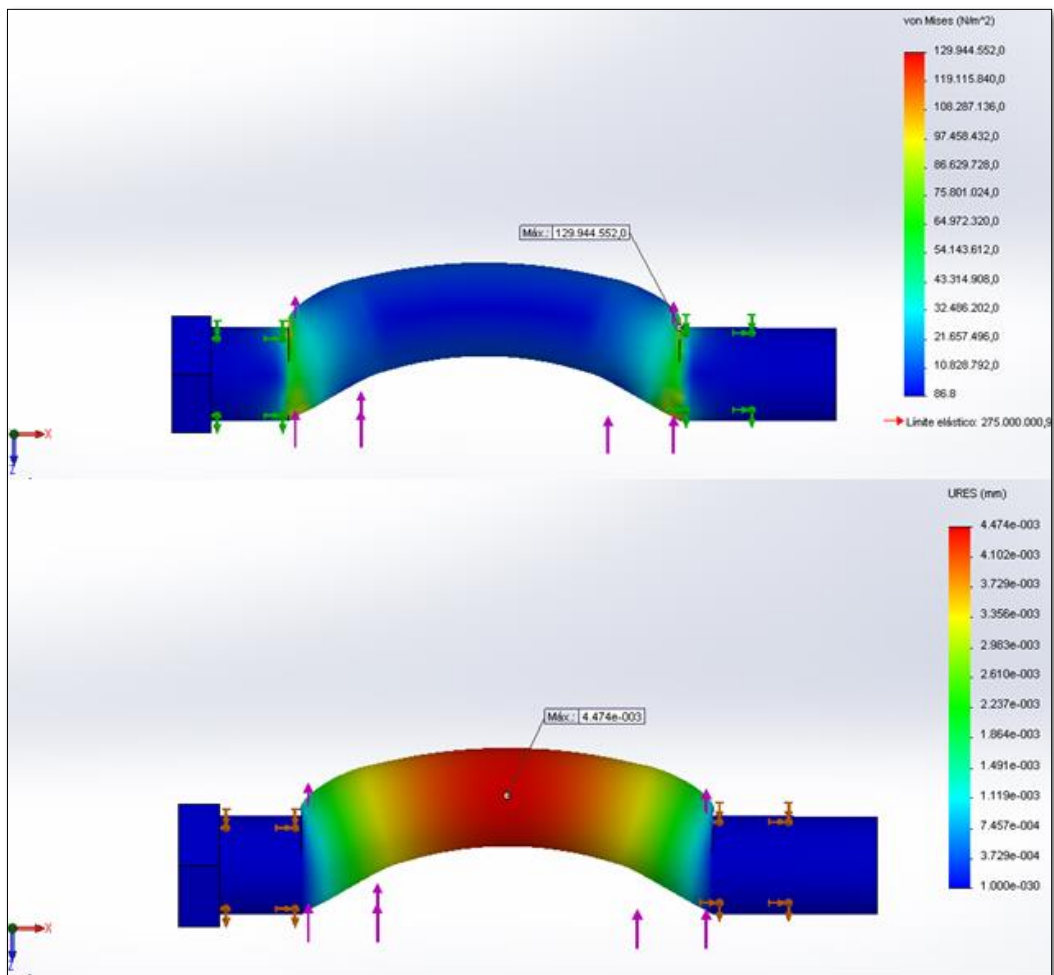


Figura 4. 13 Simulació de les deformacions i tensions

Font: Elaboració pròpia

Per tant podem concloure que les mesures donades pels càlculs anteriors com correctes i podrem fer-ne ús d'elles.

### **Solució final**

Com a solució final s'ha arribat a la conclusió que la barra tindrà les següents mesures:

- Llargada: 80mm
- Diàmetre: 12mm

## **4.5 Càlculs i simulació peça d'unió**

Es tracte d'una peça que va soldada per la part inferior a l'eix central i conté a les dues extremitats un forat que juntament amb un passador, permetran col·locar el braç pivotant. Aquest farà d'eix de gir o centre de gir del braç pivotant. El passador haurà d'anar equipat amb un dispositiu de bloqueig que previngui qualsevol desplaçament accidental.

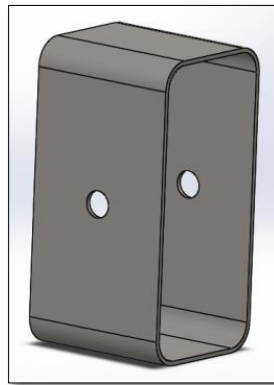


Figura 4. 14 Imatge visual de la peça

Font: Elaboració pròpia

Ara que sabem el diàmetre del passador, podem continuar amb la següent part, la peça d'unió, aquesta peça té la funció d'unir el braç pivotant amb l'eix central a més a més de servir com a centre de gir del braç pivotant. També se li incorpora una mesura de seguretat que farà de límit de gir per la barra pivotant. Les incògnites que es presenten en aquest apartat són:

- a) Altura de la peça
- b) El gruix de la peça per poder suportar els 5200N (2600 per banda)
- c) Secció de la peça

Dades:

- $d_1$  és la longitud del costat extern
- $d_2$  és la longitud del costat intern 60mm
- $h_1$  és l'altura de la peça
- $h_2$  és la meitat de  $h_1$  i és l'altura del forat (respecte al seu centre)
- $g$  és el gruix, resta entre  $d_1$  i  $d_2$

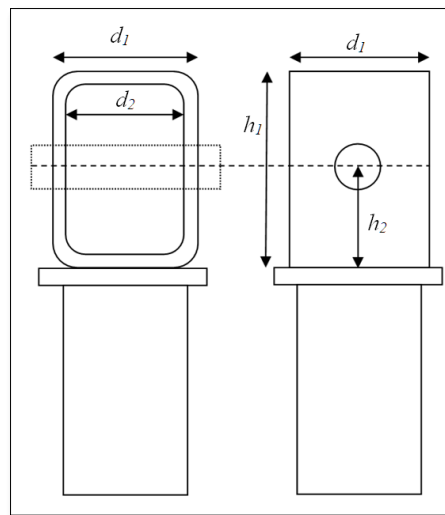


Figura 4. 15 Esquema explicatiu de les distàncies

Font: Elaboració pròpia

- a) Altura de la peça

Com s'ha comentat anteriorment, aquesta servirà com a un límit mecànic de seguretat, per calcular l'altura  $h_1$  és necessari saber que aquesta està definida per l'angle màxim que pren la barra més el gruix d'aquesta. Per a resoldre això s'utilitzarà un mètode geomètric, col·locant totes les mesures adjacents i extraient les dades del mateix gràfic:

Primer de tot s'ha de fer el triangle rectangle amb  $45^\circ$  i 500mm d'hipotenusa tal com es mostra en la següent figura:

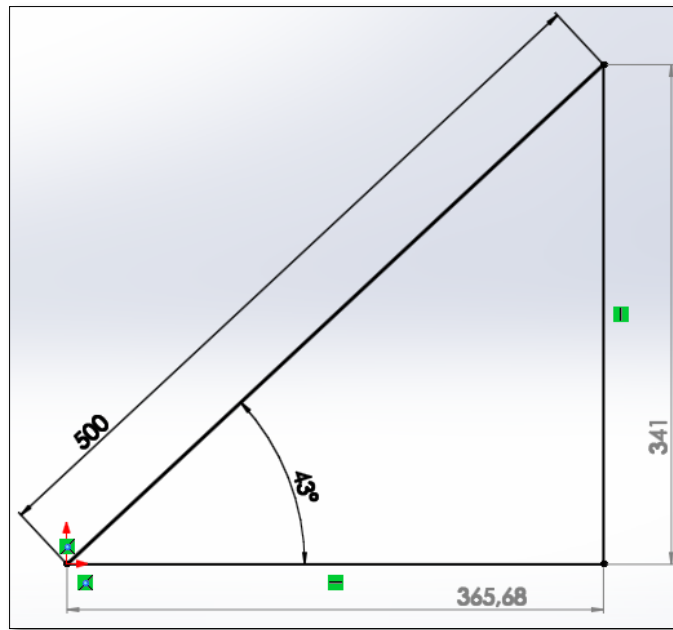


Figura 4. 16 Esquema explicatiu 1

Font: Elaboració pròpia

Se l'hi afegeix el gruix del braç pivotant calculat anteriorment amb un diàmetre de 50mm per tant un radi de 25 mm:

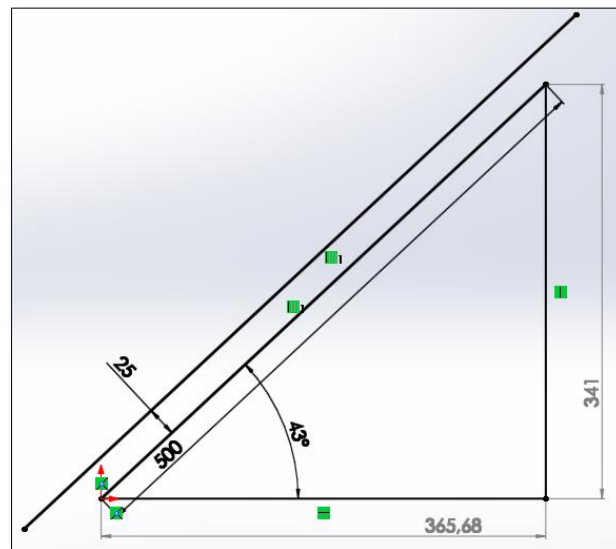


Figura 4. 17 Esquema explicatiu 2

Font: Elaboració pròpia

S'afegeix un rectangle amb centre el vèrtex del triangle on l'angle és de  $43^\circ$  amb una amplada de 60mm i extraiem l'altura:

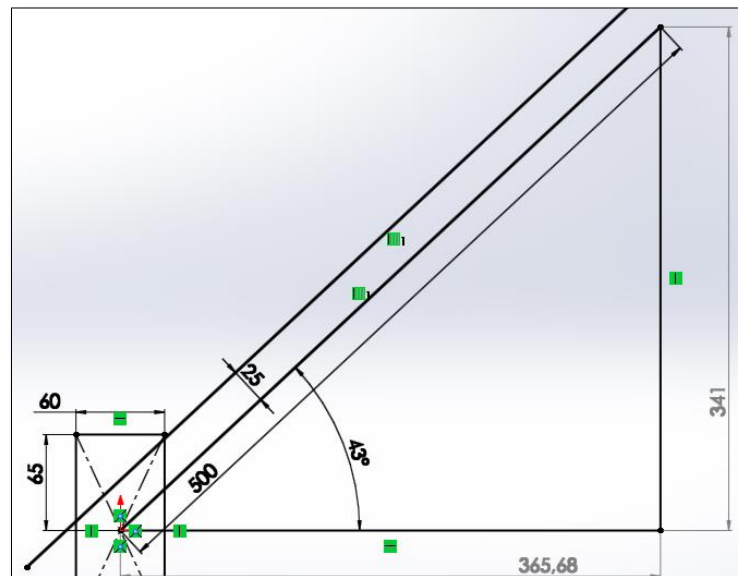


Figura 4. 18 Esquema explicatiu 3

Font: Elaboració pròpia

Com podem observar trobem que la meitat de l'altura es de 65mm, per tant l'altura total es de 130mm.

b) Càlcul del gruix de la peça

Per a realitzar aquests càlculs, ens fixarem en el perfil de la peça, com sabem la força esta repartida en 2600N per cada forat. Aquest forat és un cilindre de 12mm de diàmetre cal observar que és de gruix desconegut.

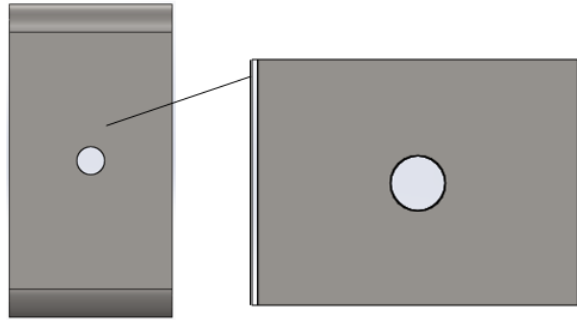


Figura 4. 19 Imatge orientativa

Font: Elaboració pròpia

Si agafem aquest cilindre i el despleguem ens queda un rectangle d'altura desconeguda (gruix) i un costat igual que el perímetre del cilindre.

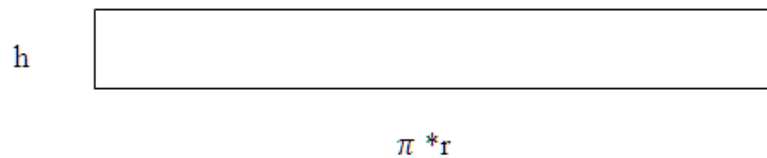


Figura 4. 20 Esquema de la secció 1

Font: Elaboració pròpia

Cal observar que podem suposar que la força s'aplica a un quart d'aquesta superfície, per tant, quedarà de la següent forma:

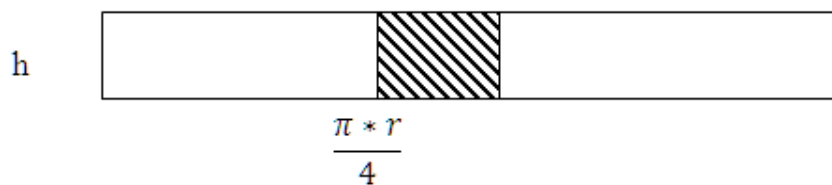


Figura 4. 21 Esquema de la secció 2

Font: Elaboració pròpia

Ara amb la fórmula de la tensió (4.7) de valor 275N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (4.7)$$

On l'àrea és la mateixa que l'àrea del rectangle anterior i N la tensió sobre l'àrea

$$A = h * \frac{\pi * r}{4}$$

$$N = 2600N$$

Per tant amb aquesta combinació d'equacions, podem aïllar l'altura h i per tant saber el gruix que haurà de tenir la peça.

$$h = \frac{4 * N}{\pi * r * \sigma} = \frac{4 * 2600}{\pi * 6 * 275} = 2 \text{ mm}$$

Surt un gruix de 2mm, el qual s'haurà de comprovar amb les simulacions corresponents.

### Simulació peça d'unió braç-eix

Per corroborar si els càlculs anteriors són correctes es procedeix a fer la simulació de la peça amb el gruix de 2mm. La simulació és realitzada a partir del programa SolidWorks 2013, amb l'eina d'estudis d'anàlisi estàtics partint de les següents hipòtesis i obtenint els següents resultats:

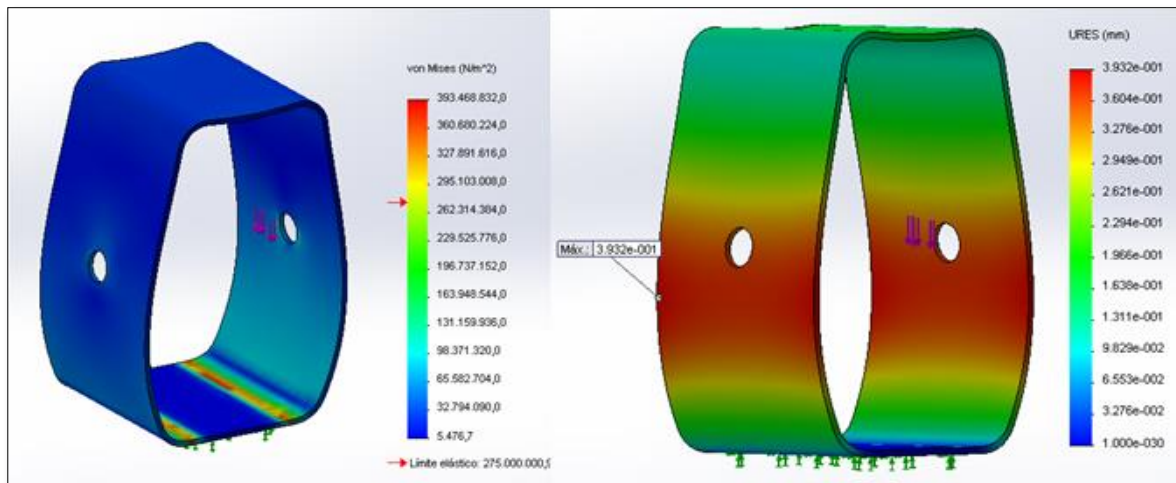


Figura 4. 22 Resultats de la simulació tensió i deformació

Font: Elaboració pròpia

Com es pot observar, les deformacions són mínimes de l'orde de 0.4mm, però en les tensions, trobem parts on supera el límit elàstic, per tant haurem d'augmentar el gruix de la peça.



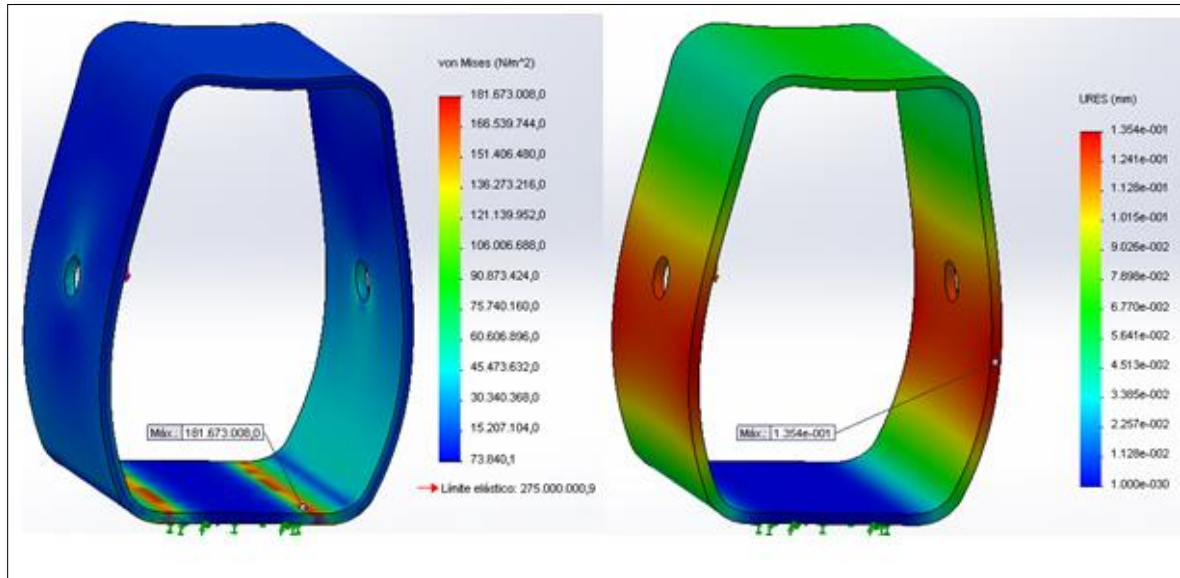


Figura 4. 23 Resultats de la simulació tensió i deformació

Font: Elaboració pròpia

S'ha augmentat el gruix a 3mm, com es pot observar en cap punt de la peça s'arriba al límit elàstic i les deformacions són de l'orde de 0.14 mm, per tant, podem concloure que aquest gruix és correcte per la nostra peça.

### Solució final

Com a solució final s'ha arribat a la conclusió que la barra tindrà les següents mesures:

- Amplada: 70mm
- Altura: 140mm
- Gruix: 5mm
- Distància del forat del passador: 70mm
- Diàmetre del forat: 12mm

## 4.6 Càlculs i simulació eix central

L'eix central, de secció tubular dóna altura a l'estructura, suporta les carregues axials resultants del braç pivotant, uneix la base amb el braç pivotant i genera un punt de rotació donat per la peça en forma de U.

Tal com s'ha vist en l'apartat anterior de càlculs geomètrics, l'eix central serà un tub de secció circular d'acer inoxidable amb una longitud de 1016mm que donarà l'altura adequada i una inclinació de  $17^\circ$  respecte a l'eix y que permetrà una disminució de les forces que s'hauran d'aplicar en els extrems gràcies a l'efecte de la palanca. Com s'ha calculat anteriorment, és transmet només la força vertical provenint del braç pivotant de 5200N, cal observar que a l'estar amb una inclinació, produirà un moment el qual haurem de tenir en compte, per això, s'han de desglossar les forces per triangles i veure quin és el seu efecte en l'eix. En la següent figura es pot veure un esquema de quina és la situació:

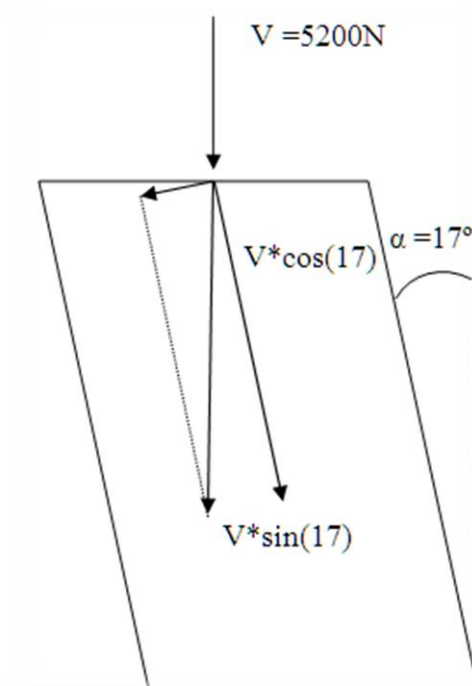


Figura 4. 24 Esquema de forces

Font: Elaboració pròpia

Per tant podem observar que es generen dues forces una generarà un moment ( $V_m$ ) i l'altra actuarà com una força axial ( $V$ )

La força que generarà un moment és:

$$V_m = V * \sin(\alpha) = 5200 * \sin(17) = 1430.85 \text{ N} \rightarrow 1431 \text{ N}$$

La força que generarà una axial és:

$$V = V * \cos(\alpha) = 5200 * \cos(17) = 4998.56 \text{ N} \rightarrow 5000 \text{ N}$$

Una vegada calculades aquestes càrregues podem generar la situació d'un pilar horitzontal amb una força tallant i una axial i poder fer els càlculs necessaris per a calcular la secció de la peça. Per això estudiarem el digrama d'esforços interns generats en un pilar, amb les càrregues externes i les reaccions en la base:

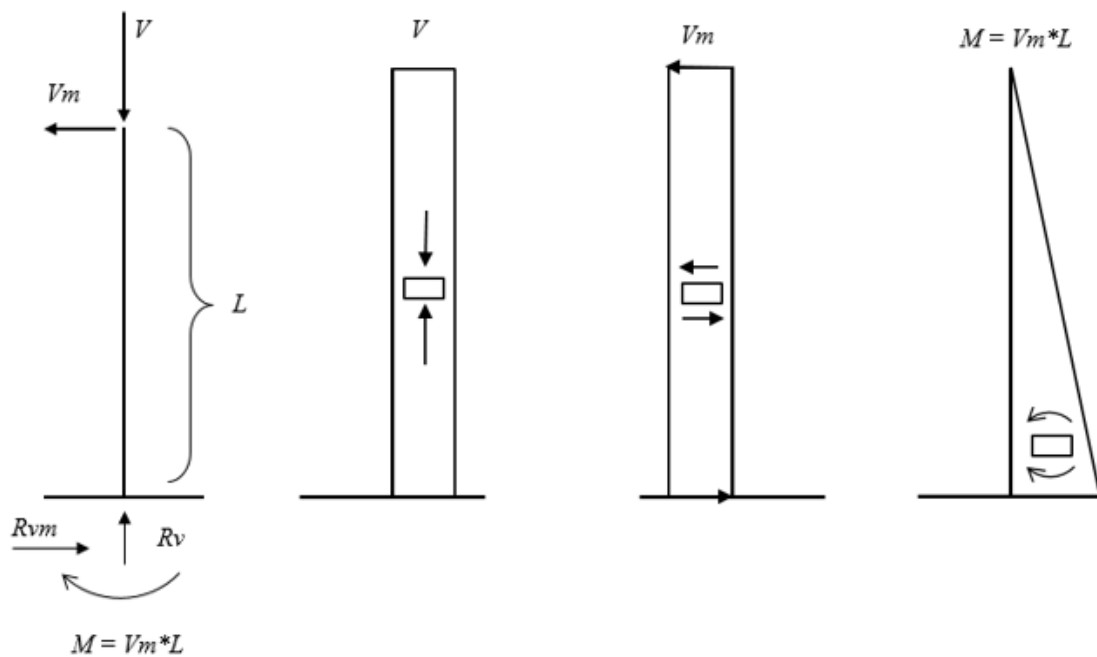


Figura 4. 25 Esquema d'esforços interns

Font: Elaboració pròpia

Per calcular el gruix, s'ha elaborat una taula on s'ha tingut en compte la següent fórmula:

$$\sigma = \frac{V}{A} + \frac{M}{W_y} \quad (4.8)$$

Juntament amb les taules Cirsoc de tubs d'acer de secció tubular, s'han analitzat una variant de diàmetres i gruixos i s'ha extret aquesta la següent taula on es pot observar les tensions totals sobre l'eix:

<b>Diàmetre</b>	<b>Gruix</b>	<b>Wy</b>	<b>R</b>	<b>r</b>	<b>A</b>	<b>V/A</b>	<b>M/Wy</b>	<b><math>\sigma</math></b>
57,15	0,9	2200	28,57	27,67	159,04	31,43	692,12	723,5
57,15	1,25	3000	28,57	27,32	219,51	22,77	507,55	530,3
57,15	1,6	3770	28,57	26,97	279,22	17,90	403,89	421,80
57,15	2	4620	28,57	26,57	346,51	14,42	329,58	344,01
57,15	2,5	5620	28,57	26,07	429,22	11,64	270,93	282,58
57,15	3,2	6930	28,57	25,37	542,36	9,21	219,72	228,94

Taula 6. 1 Taula de valors segons el diàmetre i gruix

Font: Elaboració pròpia

Els moments i les tensions utilitzades en la taula anterior són:

$$M_{vm} = 1435 \text{ N} * 998.8\text{mm} = 1429132.5 \text{ N} * \text{mm}$$

$$V = 5000 \text{ N}$$

Com es pot comprovar el diàmetre correcte és de 57.15mm amb un gruix de 3.2mm, ja que la  $\sigma_{adm}$  és de 235 N/mm<sup>2</sup>

A continuació s'efectuarà la simulació amb SolidWorks per corroborar els càlculs fets anteriorment:

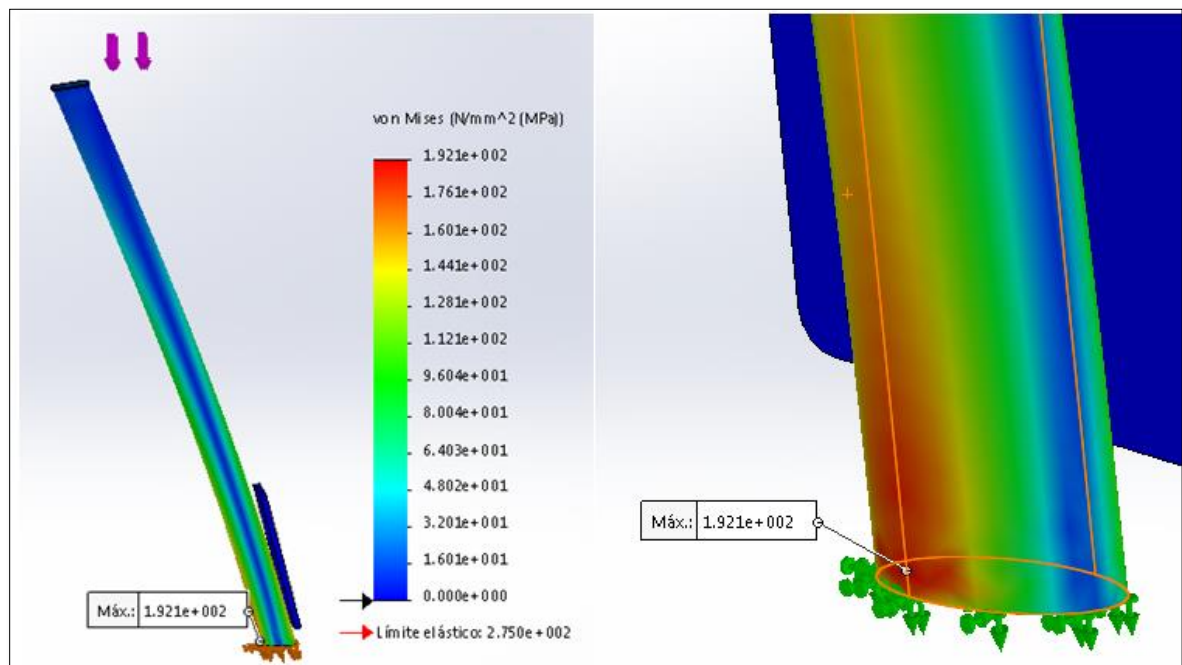


Figura 4. 26 Resultats de la simulació per tensions

Font: Elaboració pròpia

Com es pot veure en l'anterior imatge no s'arriba al límit elàstic, per tant, es corrobora que la secció calculada aguanta les tensions. Tot i així, es pot observar que la part inferior de l'estructura és la més castigada de 192N/mm<sup>2</sup>, per això s'ha decidit posar una esquadra per reduir les tensions i millorar la subjecció, d'aquesta manera també la soldadura haurà de resistir menys.

Les mesures de l'esquadra són les següents:

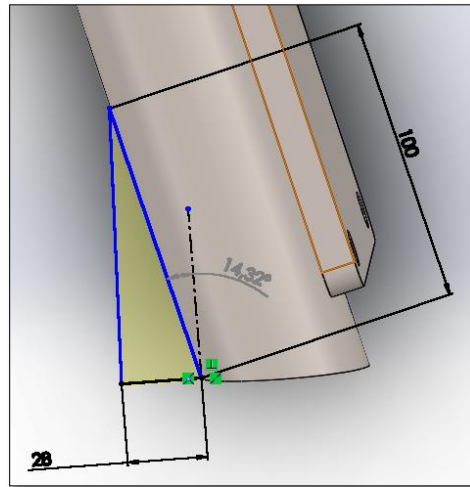


Figura 4. 27 Dimensions de l'esquadra

Font: Elaboració pròpia

S'ha fet la simulació per corroborar la tensió resultant, amb l'esquadra s'aconsegueix una tensió de  $146 \text{ N/mm}^2$ . Com es pot observar la tensió s'ha reduït un 24% el que significa que la soldadura patirà menys.

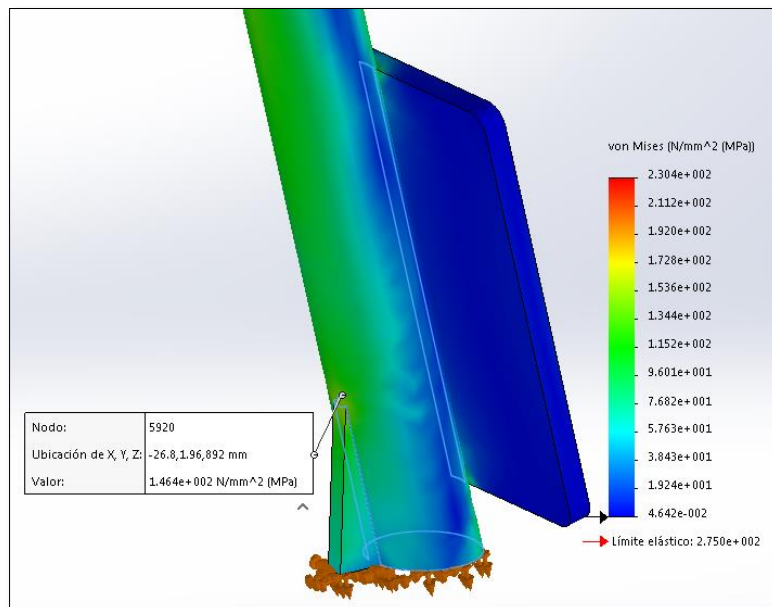


Figura 4. 28 Simulació de les tensions amb l'esquadra

Font: Elaboració pròpia

Respecte a les deformacions la simulació es farà via WinEva, ja que dóna uns resultats més acurats:

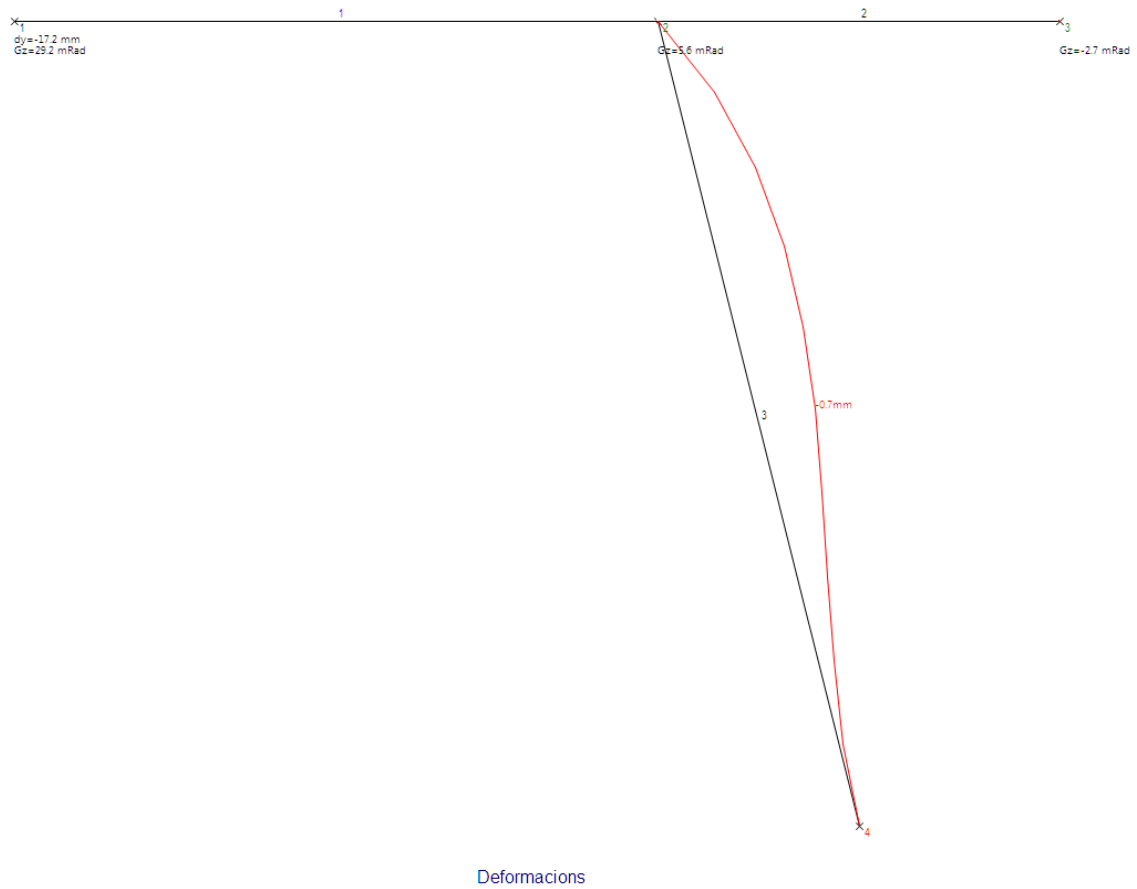


Figura 4. 29 Resultats de deformacions per simulació per WinEva

Font: Elaboració pròpia

Com es pot comprovar la deformació que pateix l'eix de 0.7mm, per tant, es pot concloure que aquesta secció és la correcta.

### Solució final

- ❖ Llargada: 998.78mm
- ❖ Diàmetre: 57.15mm
- ❖ Gruix: 3.2mm
- ❖ Angle de tall:  $17^\circ$

## 4.7 Càlculs tub guia

En aquest apartat es realitzaran els càlculs adients perquè la part superior de la grua pugui fer un gir de 360° respecte a l'eix Z i ha d'evitar el moment de bolcada del conjunt, les dimensions d'aquesta peça aniran relacionades amb les dimensions de la base o del suport.

Es tracte d'un conjunt d'una placa de 10mm de gruix i de diàmetre dependent del diàmetre del tub que uneix l'eix vertical a partir de soldadura i un tub circular d'acer inoxidable d'altura 200mm.

Com s'ha calculat en l'apartat anterior les forces de reacció es generen en aquesta peça, per tant, tenim les següents càrregues que actuen:

$$M = 5200 \text{ N} * 250\text{mm} = 1300000 \text{ Nmm}$$

$$V = 5000 \text{ N}$$

S'ha de tenir en compte que en aquest cas, la força normal de 5000N es transmet en el casquet i aquesta al tub exterior de la base ja que el tub de gir es recolza sobre el casquet, per tant, només es transmet el moment de  $M_{vm}$ .

El moment el qual ha de suportar el tub de gir és de 130000Nmm més un moment addicional com a element de seguretat de 1250000Nmm, la incògnita que es genera és; amb una altura de 200mm quin gruix és el correcte perquè pugui aguantar a les càrregues externes.

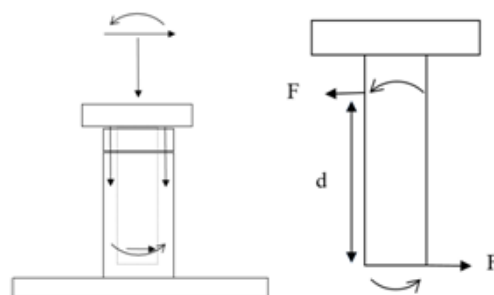


Figura 4. 30 Esquema de forces sobre el tub guia

Font: Elaboració pròpia



El cas es semblant a l'anterior apartat de l'eix, observar en aquest cas només actua el moment, per tant:

$$\sigma = \frac{V}{A} + \frac{M}{W_y} = \frac{M}{W_y} \quad (4.11)$$

D'aquí podem aïllar  $W_y$  i amb aquest valor buscar en les taules de l'annex el diàmetre adient per a aquest mòdul resistent, recordar que el moment  $M$  ha de ser la suma de dos moments.

$$M = 130000 + 1250000 = 2550000 \text{ Nmm}$$

$$W_y = \frac{M}{\sigma} = \frac{2550000 \text{ Nmm}}{235 \text{ N/mm}^2} = 10851 \text{ mm}^3$$

Fent ús de les taules, relacionem els  $11.4 \text{ cm}^3$  amb la columna de  $S$  ( recordar que s'ha dividit entre 1000 per tenir-ho en  $\text{cm}^3$ )

D	t	p	Ag	g	I	S
[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> ]	[Kg/m]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]
76.2	1.60	0.24	3.75	2.94	26.10	6.85
	2.00	0.24	4.66	3.66	32.11	8.43
	2.50	0.24	5.79	4.54	39.35	10.33
	3.20	0.24	7.34	5.76	48.98	12.86
	4.00	0.24	9.07	7.12	59.30	15.56
	4.76	0.24	10.68	8.39	68.46	17.97

Taula 7. 2 Taula de valors segons el seu diàmetre i gruix

Font: Taules de perfils tubulars CIRSOC

Per tant el la secció de peça serà de 76.2mm de diàmetre i 3.20mm de gruix.

## 4.8 Càlculs i simulació base

Aquest és l'element que aguanta tota l'estructura i la fixa a terra a partir d'una estructura o platina calculada per a poder suportar les càrregues i evitar que la grua tombi a causa del pes.

Com s'ha comentat en l'apartat anterior, la base està directament relacionada amb el tub guia, aquesta està formada per a una placa circular juntament amb un tub el qual se li introdueix el tub de gir. Recordem que aquest te unes dimensions de 76.2mm de diàmetre i 3.2mm de gruix, per tant el diàmetre interior del tub exterior de la base ha de ser de 73mm.

En aquest cas es pot fer un pre-dimensionament casi sense càlculs, ja que sabem que el tub de 76.2mm de diàmetre es capaç de suportar el moment donat per el resta del conjunt, per tant, podem definir el gruix del tub exterior de 2mm per tant un tub de diàmetre 80.2mm, donant 2 mm de marge per al casquet.

Tot i així s'han fet les simulacions amb SolidWorks per comprovar els resultats:

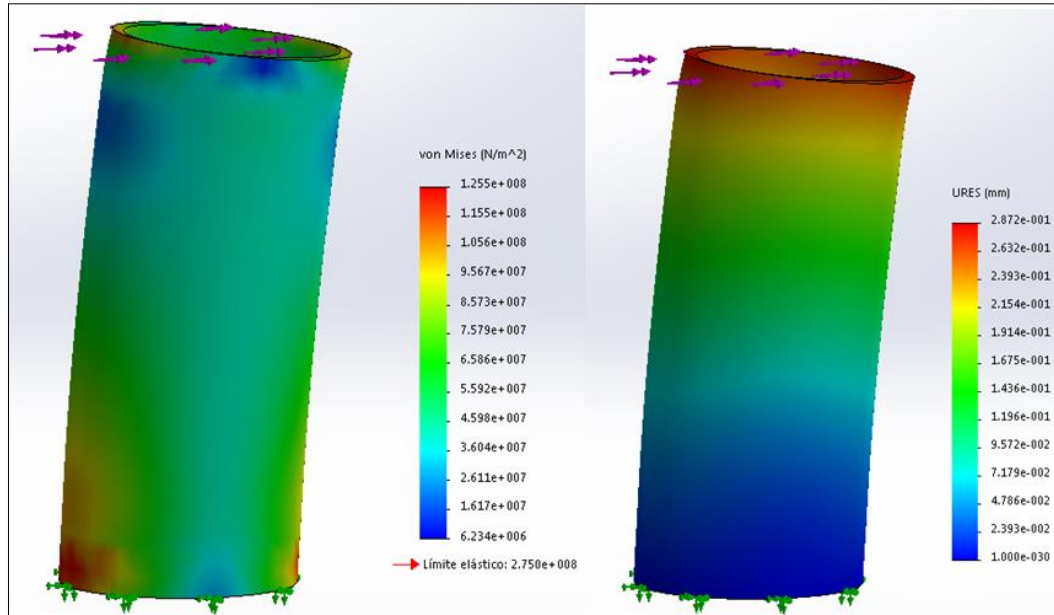


Figura 4. 31 Simulació tensions i deformacions SolidWorks

Font: Elaboració pròpia

Com es pot observar, la peça no supera el límit ni en deformacions ni en tensions, per tant, podem confirmar que la secció calculada es correcta.

Per al càlcul de la placa, s'ha de tenir en compte el moment que ha de suportar de tota l'estructura, calculat anteriorment de 2550000Nmm. Per a això farem ús de les taules proporcionades per l'empresa Peikko on es mostren platines prefabricades amb les càrregues que aguanten. Per tant només caldrà comparar a les taules el moment que actua sobre la base i trobar quines dimensions seran les adequades per a la grua. S'han resumit les taules ja amb els valors seleccionats, com es pot veure en la primera taula, el moment que aguanta aquesta platina és de 2570000Nmm, per tant, aguantarà el moment produït per l'estructura.

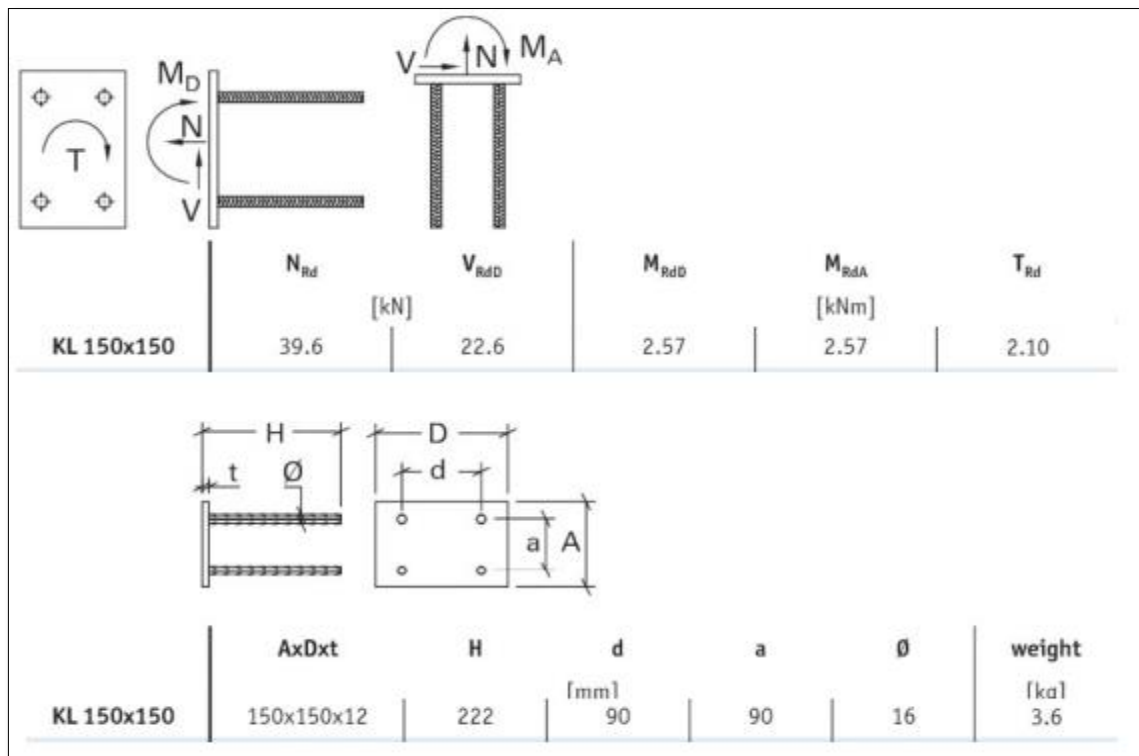


Figura 4. 32 Platines Peikko Grup

Font: Peikko Grup

Ara queda calcular la soldadura d'unió del tub amb la platina, sabem que ha d'aguantar una tensió de  $125.5\text{N/mm}^2$  calculada anteriorment amb el simulador. Les soldadures que pateixin tracció o compressió seran verificades per la següent expressió:

$$\frac{N}{\sum(a \cdot L)} \leq \frac{0,565 \cdot f_u}{\beta_w} \quad (4.12)$$

Sent:

- ❖  $N$ : Valor de l'axial
- ❖  $a$ : gola del cordó
- ❖  $L$ : longitud de la soldadura
- ❖  $f_u$ : tensió de ruptura a tracció de l'element a unir
- ❖  $\beta_w$ : coeficient de correlació

Cal calcular el valor axial de la següent forma:

$$N = A \cdot \sigma = \pi((R^2) - (r^2)) \cdot \sigma = \pi(38.1^2 - 34.9^2) \cdot 125.5 = 92100\text{N}$$

Dades:

$$N = 92100\text{N}$$

$$a = 2.1\text{mm}$$

$$L = 2\pi r = 2\pi \cdot 38.1 = 239.4\text{mm}$$

$$f_u = 275\text{N/mm}^2$$

$$\beta_w = 0.85$$

Resolució:

$$\frac{N}{\sum(a \cdot L)} \leq \frac{0,565 \cdot f_u}{\beta_w} \rightarrow \frac{92100\text{N}}{2.1\text{mm} \cdot 239.4\text{mm}} \leq \frac{0,565 \cdot 275\text{N/mm}^2}{0,85}$$

$$183.20/\text{mm}^2 \leq 176.02\text{N/mm}^2$$

Com el valor és menor, podem constatar que la soldadura aguantarà.

## 4.9 Càlculs casquet

Aquesta peça generalment d'acer, bronze o plàstic, de forma tubular, està mecanitzada de forma que tingui una tolerància ajustada per ser inserida en el tub guia. Actua a forma de coixinet i preveu la fricció entre peces, al ser col·locada tal com es mostra en la figura, permet el gir de 360° respecte a l'eix z de la part superior de l'estructura.

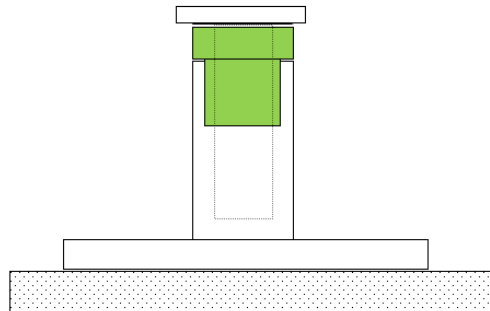


Figura 4. 33 Esquema visual de la ubicació del casquet

Font: Elaboració pròpia

Bé definida per les dimensions de l'apartat anterior i la geometria de la grua. L'altura d'aquesta es de 20mm i el seu gruix ha de ser de 2mm amb un diàmetre exterior de 78.2mm per estar ajustat amb el radi de gir i el tub exterior. Aquesta peça no caldrà fabricar-la ja que es pot demanar a empreses dedicades en coixinets.

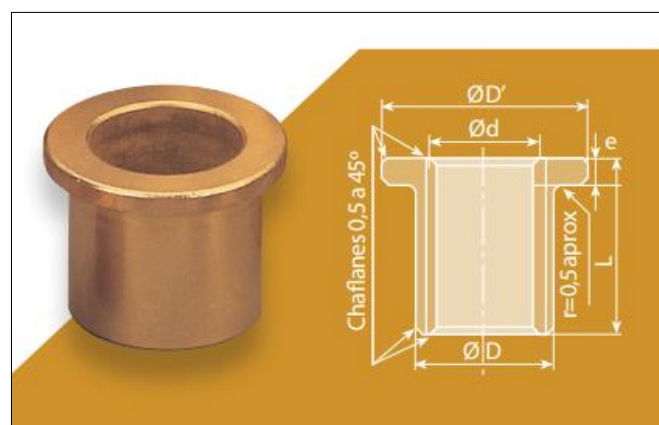


Figura 4. 34 Esquema de dimensions del casquet fet per Selfoil

Font: Selfoil

## 4.10 Càlculs i simulació la barra de suspensió o perxa

Construcció rígida amb més d'un punt de subjecció en la qual es fixa a la unitat de suport corporal no rígida. Serveix d'element d'unió entre el braç pivotant i l'arnès. La barra de suspensió ha de suportar almenys 1,5 vegades la càrrega màxim del la grua en la qual s'instal·la segons la UNE 10535.

Aquest element proporciona una obertura perquè l'arnès pengi de dos punts en lloc d'un, proporcionant una separació en els punts de suport de la barra millorant la comoditat de la persona. Consta de tres elements els quals formen la barra, un grilló i dues barres, formant una T tal com és mostra en la següent figura:

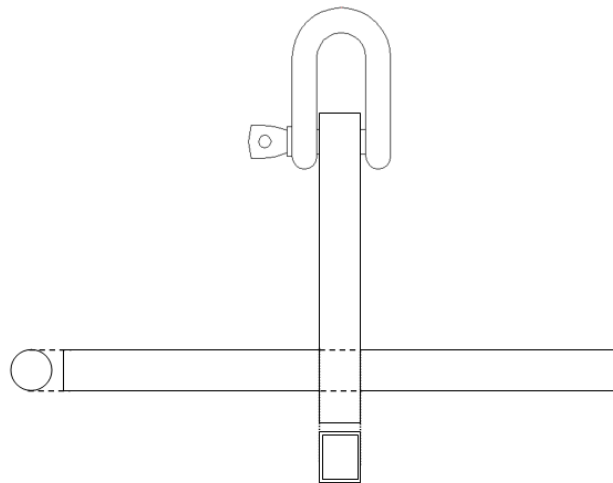


Figura 4. 35 Esquema visual de la peça

Font: Elaboració pròpia

Primer de tot calcular el tipus de grilló que també servirà com a punt central de suspensió (PCS), necessari per aguantar 200kg. Per això, estudiem el grilló com a una biga amb dos punts de suport als extrems i amb una força de 2000N al mig d'aquesta i fem l'estudi d'esforços interns:

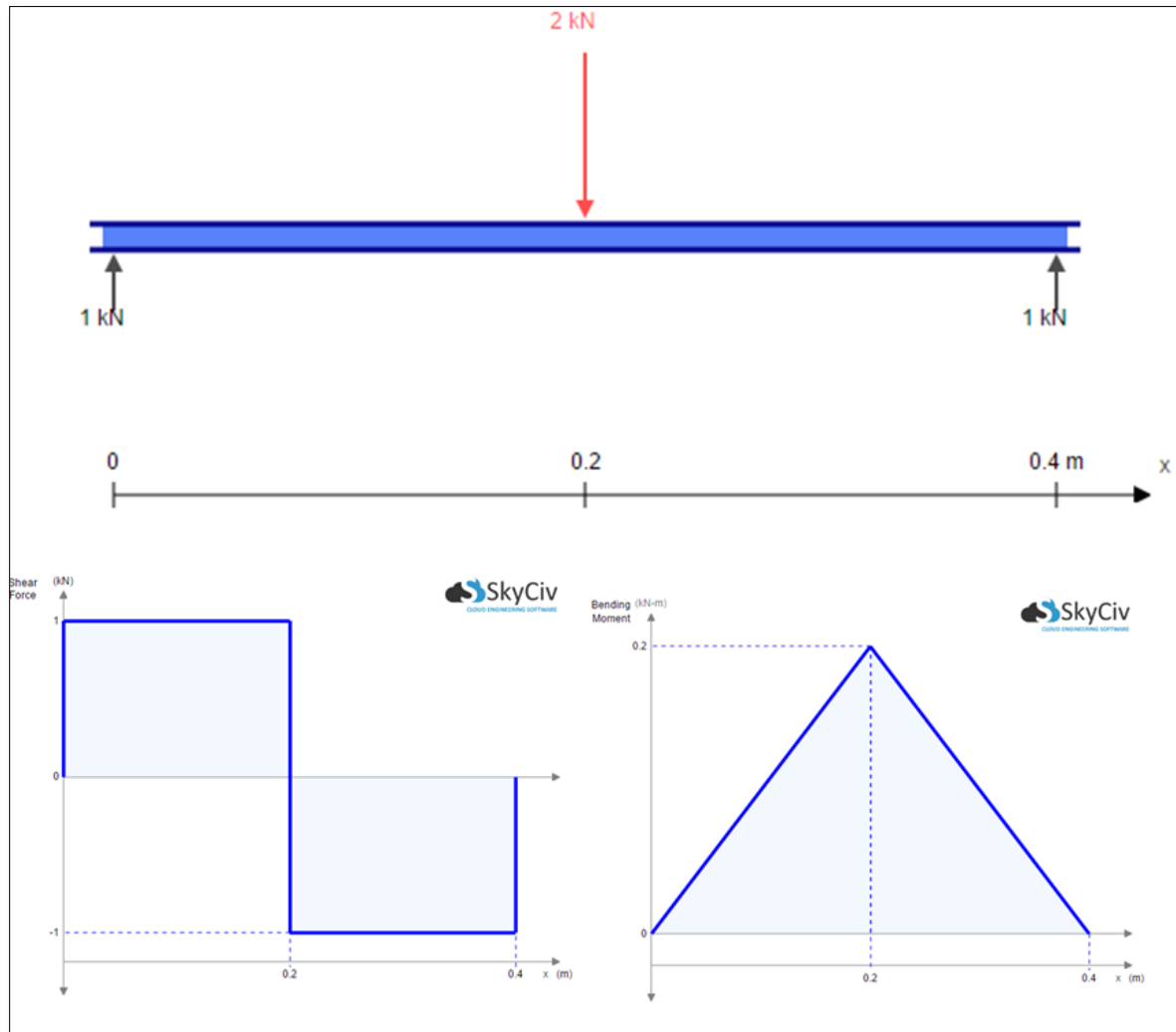


Figura 4. 36 Diagrama d'esforços interns

Font: SkyCiv

Com podem observar en les figures anteriors, tindrem reaccions de 1000N en cada suport i un moment de 20kN/mm. Utilitzant la fórmula de l'apartat anterior per a calcular el radi del passador, ara pot ser utilitzada per a calcular el radi del grilló.

$$r = \sqrt[3]{\frac{4 * Md}{\sigma_{adm} * \pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 * 20000}{275 * \pi}} = 4.5mm$$

El resultat és un radi de 4.5mm que el podem arrodonir a 5mm és a dir un diàmetre de 10mm

Una vegada obtingut el diàmetre busquem aquesta mesura en una empresa d'elements d'acer inoxidable com Soloinox i trobem la següent peça:

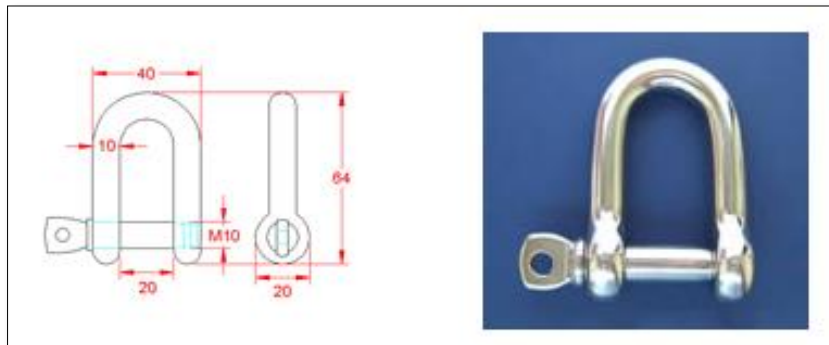


Figura 4. 37 Dimensions gralló

Font: Soloinox

La següent peça a calcular és la barra horitzontal, també mencionada com a barra de separació, la qual ha de seguir certs requisits segons la normativa ISO 10535:2006. La peça ha d'aguantar 1.5 cops la càrrega màxima (200kg). Seguidament és calcularan els diagrames d'esforços interns i el radi de la barra utilitzant la fórmula anterior.

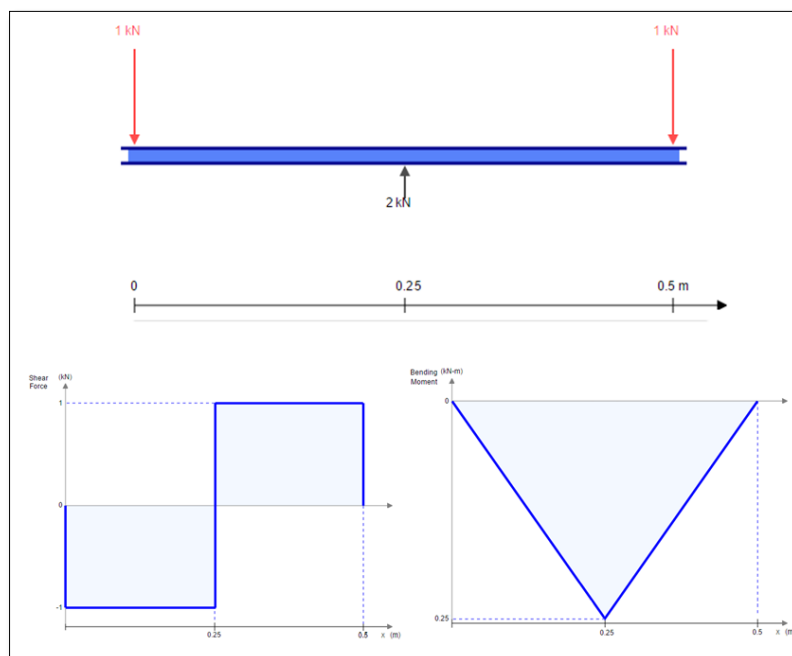


Figura 4. 38 Diagrama d'esforços interns

Font: SkyCiv



Com podem observar en les figures anteriors, tindrem reaccions de 2000N el suport i un moment de 250kN/mm. La barra serà de perfil tubular circular, per això utilitzarem les taules de tubs d'acer de secció circular Cirsoc i la fórmula de la tensió:

Aïllarem el mòdul resistent  $W_y$  de la fórmula utilitzant  $Md$  com els 250kN/mm i la  $\sigma=275\text{N/mm}^2$ .

$$\sigma = \frac{Md}{W_y} \rightarrow W_y = \frac{Md}{\sigma} = \frac{250000}{275} = 909.09\text{mm}^3$$

Per poder comparar el valor del mòdul resistent amb la taula, s'ha de passar a  $\text{cm}^3$  i comprovar quina secció ens dóna per a aquests valors:

$$\frac{909.09\text{mm}^3}{1000\text{mm}^3} * 1\text{cm}^3 = 0.9090\text{cm}^3$$

Cal recordar que el valor del mòdul resistent a la taula es considerat com a S:

D [mm]	t [mm]	p [m <sup>2</sup> /m]	Ag [cm <sup>2</sup> ]	g [Kg/m]	I [cm <sup>4</sup> ]	S [cm <sup>3</sup> ]	r [cm]	Z [cm <sup>3</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]	C [cm <sup>3</sup> ]
22.22	1.60	0.07	1.04	0.81	0.55	0.50	0.73	0.68	1.11	1.00
	2.00	0.07	1.27	1.00	0.66	0.59	0.72	0.82	1.31	1.18
25.4	0.70	0.08	0.54	0.43	0.41	0.33	0.87	0.43	0.83	0.67
	0.90	0.08	0.69	0.54	0.52	0.41	0.87	0.54	1.04	0.85
	1.25	0.08	0.95	0.74	0.69	0.55	0.85	0.73	1.39	1.14
	1.60	0.08	1.20	0.94	0.85	0.67	0.84	0.91	1.70	1.34
	2.00	0.08	1.47	1.15	1.01	0.80	0.83	1.10	2.03	1.60
	2.50	0.08	1.80	1.41	1.19	0.94	0.81	1.32	2.39	1.88

Taula 8. 3 Taula de valors segons diàmetre i gruix

Font: Taules de tubs estructurals CIRSOC

Com podem comprovar el diàmetre ha de ser de 25.4mm amb un gruix de 2.5mm, ja que aguanta un mòdul resistent de 0.94cm<sup>3</sup> superior als 0.90cm<sup>3</sup> calculats.

També contindrà un forat situat a 250mm, en el centre de barra on anirà col·locat un passador a mode de límit, per evitar el gir de la barra, aquest serà de 10mm de diàmetre.

Per comprovar els càlculs anteriors es farà la simulació amb SolidWorks de la barra de 25.4mm de diàmetre i 2.5mm de gruix:

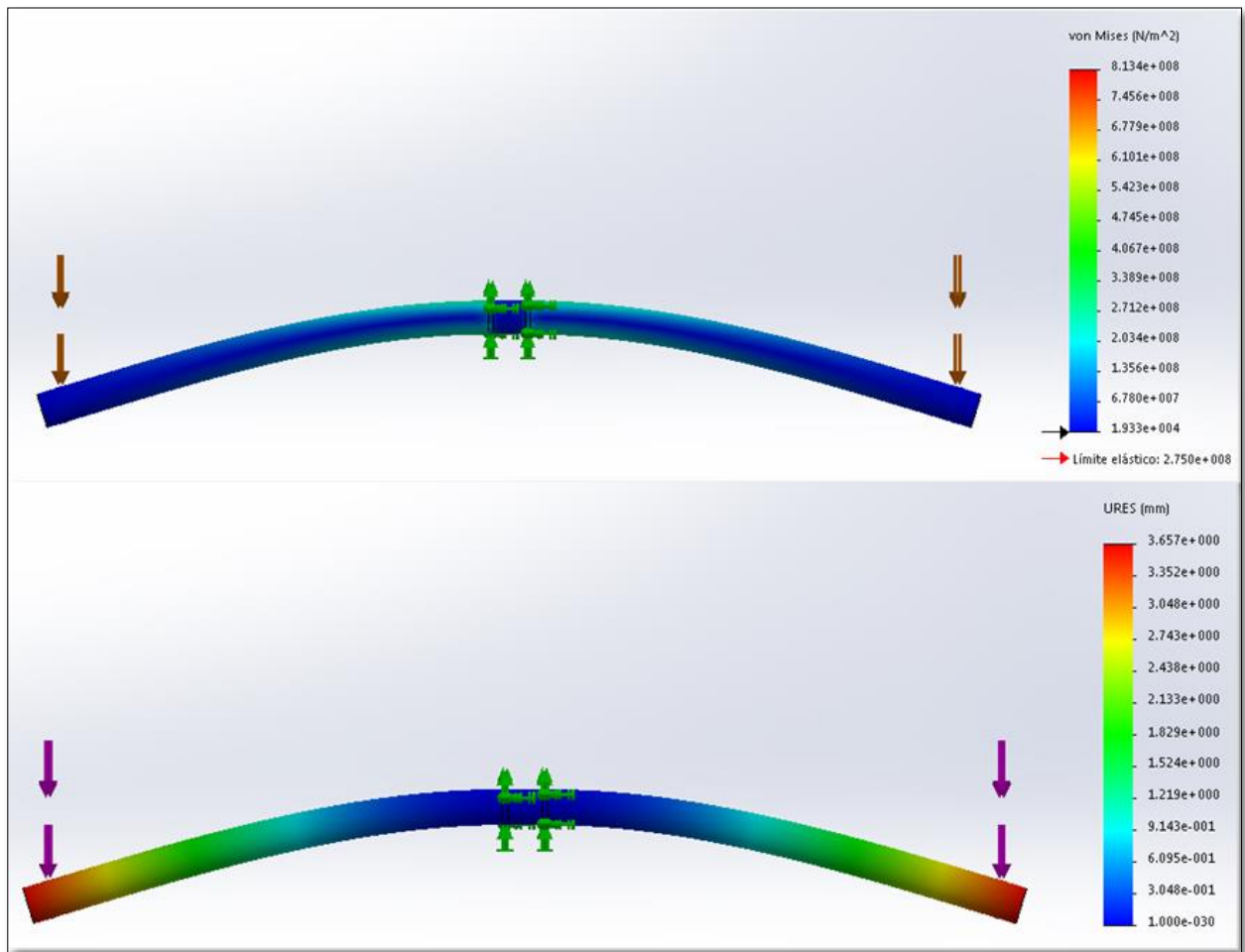


Figura 4. 39 Simulacions de tensions i deformacions per SolidWorks

Font: Elaboració pròpia

Com es pot observar les deformacions i tensions no superen els límits per tant podem assegurar que la barra aguantarà.

Cal remarcar que la barra necessita d'elements de seguretat que no permeti el lliscament de l'arnès durant el seu ús, per això en els extrems conté ganxos model JSHH01 com els que es mostren en la següent figura, aquests tindran la funció de límit de l'arnès i aniran collats amb dos cargols de mètrica 5.

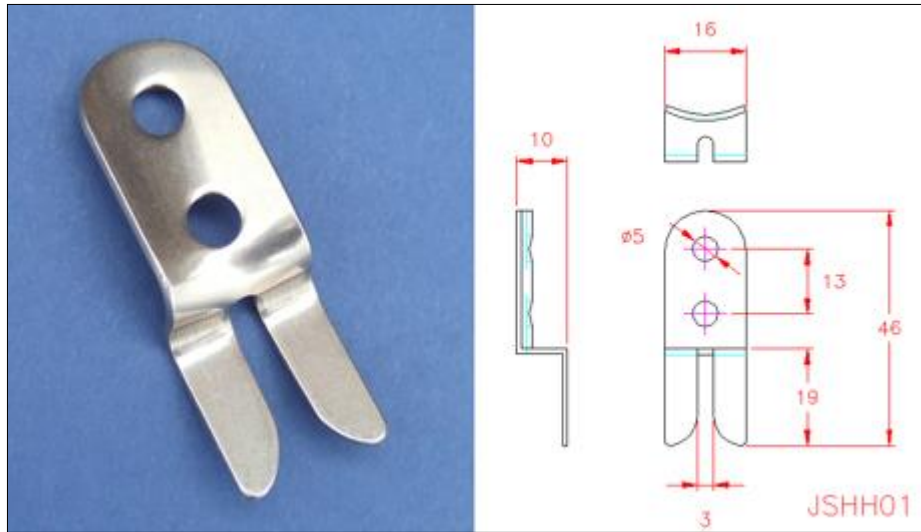


Figura 4. 40 Dimensions del ganxo

Font: Soloinox

Per acabar cal calcular el gruix de la barra vertical, aquesta té unes dimensions de 20x35x180mm (el 20mm definit per el grilló, els 30mm són variables segons el gruix, i els 180mm per complir amb els 1200mm totals del sistema de transport tinguts en compte en l'apartat de càlculs geomètrics), caldrà calcular el gruix de la peça sotmesa a tracció des dels dos orificis on es col·locaran la barra horitzontal i el grilló.

Analitzant la situació més desfavorable es troba en el perímetre del forat de 25.4mm de gruix, l'àrea on la reacció és de 1000N es la que més patirà en aquesta peça, per tant hem de calcular el gruix d'aquesta segons aquest rectangle:

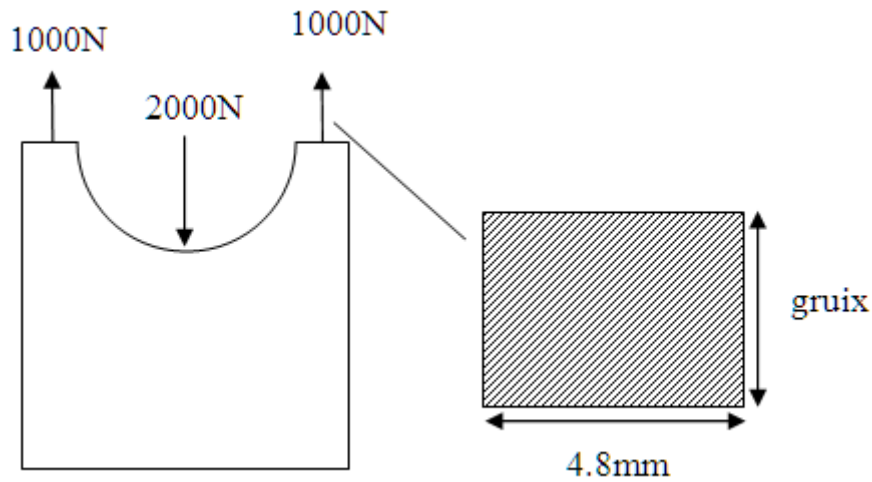


Figura 4. 41 Dimensions de la secció a calcular

Font: Elaboració pròpia

Fent ús de la fórmula de la tensió:

$$\sigma = \frac{V}{A}$$

I sabent que:

$$A = b * h = 4.8 * g$$

Podem substituir l'àrea en la tensió i aïllar el gruix del rectangle de forma que queda:

$$\sigma = \frac{V}{b * g} \rightarrow g = \frac{V}{b * \sigma} = \frac{1000N}{4.8 * 275} = 0.75mm$$

Per tant, podem concloure que el gruix haurà de ser de 0.75mm que per seguretat s'arrodoneix a 1mm.

També contindrà un forat situat a 10mm, en el centre de barra on anirà col·locat un passador a mode de límit, per evitar el gir de la barra, aquest serà de 10mm de diàmetre.

Per a comprovar els resultats anteriors es farà la simulació de la peça fent servir el programa de SolidWorks .

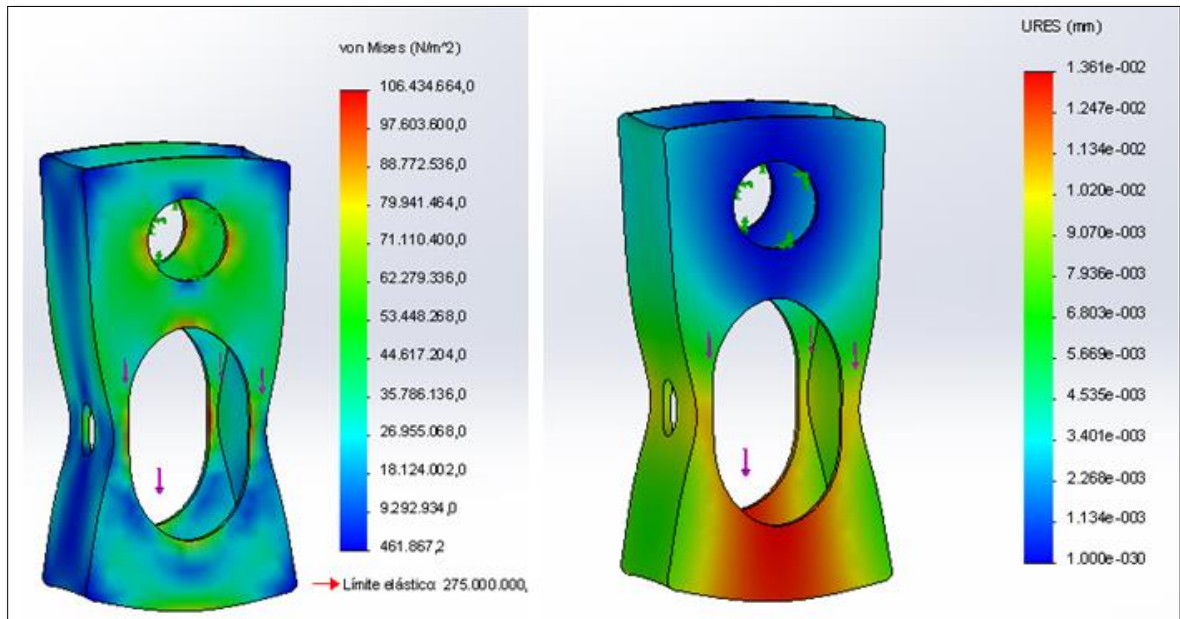


Figura 4. 42 Simulacions de tensions i deformacions per SolidWorks

Font: Elaboració pròpia

Com es pot comprovar, la peça no supera el seu límit elàstic ni pateix deformacions que puguin suposar un problema de seguretat per l'estructura. Es pot concloure que les dimensions són correctes.

## **4.11 Càlculs motor**

El motor, alimentat per l'electricitat de xarxa, genera un moviment rotatori amb un par capaç de transmetre el moviment de l'eix al sistema de cremallera, aquest bé incorporat amb una reductora que facilita aquesta transmissió. Tot component elèctric haurà d'anar adequadament protegit amb el seu grau IPx4 coma mínim i complir la normativa.

Per a dur a terme aquesta funció s'ha seleccionat aquest model Electric Winches Motorbox, què permet una càrrega entre 150, 300 o 500 kg, en aquest cas s'escollirà el de 300kg, ja que per normativa no ha d'aixecar més 1.5 vegades el pes màxim.

Donat què s'han calculat totes les estructures tenint en compte què pot elevar fins a un màxim de 200kg i la càrrega equivalent a aplicar és de 320 kg, quedarà limitada la pujada per aquesta capacitat de càrrega del motor, per tant, podem complir aquest requeriment de la normativa.

No obstant recordar què, a les instruccions d'ús només és permetrà un pes màxim de 120kg. El motor es pot connectar directament a la xarxa d'electricitat ja que aquest va a 230V i treballa a 50hz. Respecte a seguretat contra ambients, aquest motor te un grau de seguretat IP54 complint amb la Norma IEAC 606001-1 relativa a la seguretat elèctrica.

Conté un comandament a Distància amb un botó de pujada i baixada més un d'emergència tal com la norma ISO ho demana.

També disposa d'un cable de 2m de longitud de 5mm de gruix

Seguidament es mostra una figura amb les dimensions del motor:



Figura 4. 43 Imatge i dimensions del motor

Font: DirectIndustry

## 4.12 Càlculs fixació motor

Per a la fixació del motor, aquest va col·locat en la part inferior de l'eix central, de forma que s'ha d'afegir una placa soldada a la barra per tal de poder proporcionar un espai de fixació per al motor, aquesta soldadura haurà d'aguantar la tensió causada per al cable a l'hora d'aguantar el pes de la persona.

Aquesta tensió serà de 3200N causada com a reacció del pes de la persona a l'altra extrem de la barra, que és transmès per al cable fins la placa.

La placa haurà de contenir les següents dimensions donades per al motor, les quals indiquen la ubicació dels cargols que fixaran el motor a la placa.

- $F=144\text{mm}$
- $G=200\text{mm}$
- $\varnothing E=13\text{mm}$

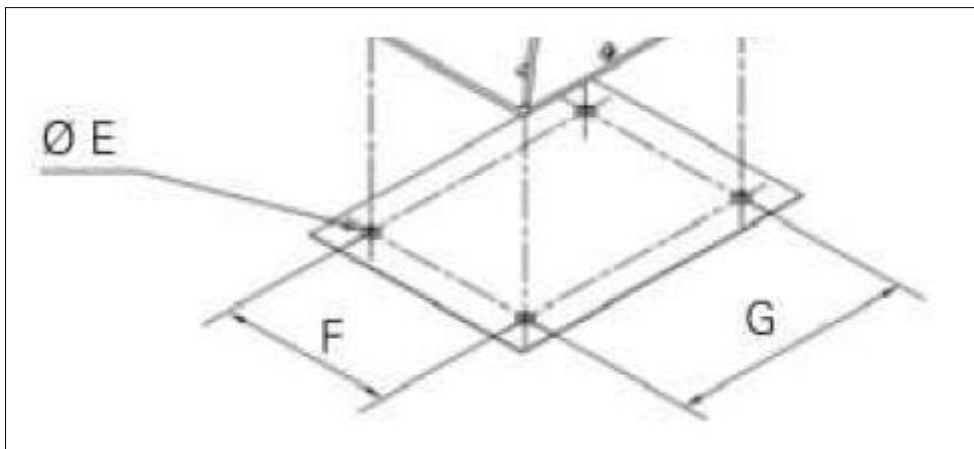


Figura 4. 44 Dimensions de la ubicació dels forats de subjecció del motor

Font: DirectIndustry



Ara resta calcular la soldadura d'unió del tub amb la placa, sabem que ha d'aguantar una tensió de 4000N (Augmentant la càrrega un 1.25). Les soldadures que pateixin tracció o compressió seran verificades per la següent expressió:

$$\frac{N}{\sum(a \cdot L)} \leq \frac{0,565 \cdot f_u}{\beta_w} \quad (4.12)$$

Sent:

- ❖  $N$ : Valor de l'axial
- ❖  $a$ : gola del cordó
- ❖  $L$ : longitud de la soldadura
- ❖  $f_u$ : tensió de ruptura a tracció de l'element a unir
- ❖  $\beta_w$ : coeficient de correlació

Dades:

$$N = 4000N$$

$$a = 2.1mm$$

$$L = 100mm$$

$$f_u = 665N/mm^2$$

$$\beta_w = 0,85$$

Resolució:

$$\frac{N}{\sum(a \cdot L)} \leq \frac{0,565 \cdot f_u}{\beta_w} \rightarrow \frac{4000N}{2.1mm \cdot 100mm} \leq \frac{0,565 \cdot 665N/mm^2}{0,85}$$

$$20/mm^2 \leq 442.02N/mm^2$$

Com el valor és menor, podem constatar que la soldadura aguantarà.



## 5. Requisits de funcionament i mètodes d'assaig

En aquest apartat s'expliquen tots els requisits i mètodes d'assaig pels quals el producte ha de complir per tal d'esta en concordança amb la Normativa UNE-ISO 10535.

### 5.1 Termes i definicions

**Unitat de suport corporal.** Part de la grua que suporta la persona elevada junt amb l'estructura associada.

**Punt central de suspensió PCS.** Punt de referència en la grua que s'utilitza per a dur a terme mesures, com el punt de subjecció.

**Punt de subjecció.** Punt o parts on es subjecte la unitat de suport corporal.

**Dispositius de control.** Parts de la grua amb els quals es manegen mecanismes de pujada i baixada del PCS.

**Dispositiu flexible.** Component que acompanya als elements d'unió associats i que funcionen com dispositius d'elevació. Com bé una cadena o una cinta.

**Rang de la grua.** Diferència vertical entre l'altura màxima i mínima del PCS.

**Abast de la grua.** Distància horitzontal sense obstacles entre l'estructura i la línia vertical que passa per el PCS a una altura determinada dins el rang d'elevació.

**Actuador no enclavable.** Dispositiu de control amb el qual s'inicia i es manté en funcionament els elements de la grua sempre i quant es mantingui accionat el control manual, i en els que el control manual torna automàticament a la posició de "parada" o "desconnexió" quan es deixa de pitjar.

**Dispositiu d'elevació.** Instrument que aixeca i baixa la unitat de suport corporal.

**Cicle d'elevació.** Elevació i descens de la maquinària d'elevació.

**Maquinària d'elevació.** Dispositiu que efectua la funció d'elevació. En aquest cas un sistema mecànic.

**Càrrega màxima.** Càrrega màxima permesa, sense incloure el pes propi, que es pot aplicar a la grua.

**Unitat de suport corporal no rígida.** Dispositiu fabricat amb materials flexibles que s'adapten al contorn del cos, amb els mitjans de connexió associats per fixar-los al dispositiu d'elevació de la grua.

**Barra de suspensió (o perxa).** Construcció rígida amb més d'un punt de subjecció en la qual es fixa a la unitat de suport corporal no rígida.

**Radi de gir.** Diàmetre del cercle menor que tracen els extrems de la grua quan gira 360° sense invertir la marxa.

## **5.2 Informe d'assaig**

### **5.2.1 Mètodes d'assaig per als requisits de seguretat**

A continuació es fan referència a les condicions que ha de complir la grua per estar en normativa, en cada apartat s'analitzarà si les compleix. Segons la Normativa ISO 10535:2006 les següents condicions han de ser verificades mitjançant assajos pràctics, verificacions e inspeccions depenen dels requisits.

Cal tenir en compte que aquests requisits només són possibles mitjançant assajos pràctics, els quals no poden ser possibles fins després de la fabricació, per tant, es justificaran tots els requeriments a partir dels càlculs i els dissenys fets en l'apartat 4. Tot i així en l'informe del fabricant s'indica que abans del seu ús cal passar les inspeccions sota normativa.

Totes aquestes condicions han estat extretes de la Normativa ISO 10535:2006 referent a les grues per a persones amb discapacitat.

Requeriments	
La grua ha de ser capaç d'eleva a una persona de 120kg de massa sense incloure cap de les masses de les unitats de suport corporal.	
Justificació	Tots els càlculs han estat sobre 200kg, un 1.5 cops 120kg més un pes addicional de 10kg per tenir en compte aquest factor.
Les grues accionades per electricitat han de complir la Norma IEC 60601-1 relativa a la seguretat elèctrica, a no ser que aquests requisits estiguin coberts per la pròpia norma.	
Justificació	Tots els elements elèctrics són prefabricats i compleixen de normativa IEC60601-1
Tot component elèctric que pugui patir esquitxades durant el funcionament , hauran de tenir mínim, un grau de protecció IPx4.	
Justificació	Tots els elements tenen una protecció IP 46 per major seguretat
El fabricant ha d'assegurar que l'elecció dels materials utilitzats en la construcció de la grua siguin els més adequats.	
Justificació	Els materials utilitzats per aquest projecte estan a prova d'ambients humits i a prova d'aigua contra la oxidació, com l'acer inoxidable.
Tots els tancaments de seguretat que suportin càrregues, han de ser auto-bloquejables o anar equipats amb un dispositiu de bloqueig que previngui el desplaçament accidental.	
Justificació	Tant passadors, bagues i grallons contenté un dispositiu de fixació dins de normativa segons el fabricant.
Totes les cantonades, arestes i superfícies accessibles han de ser llises, sense rebaves ni cantonades afilades. S'han d'evitar sortints o aquests estar equipats amb una protecció adequada per evitar mals o lesions.	
Justificació	S'ha disposat de taps amb superfícies llises per tapar les rebaves dels tubs, per altra banda tota superfície amb cantonades seran modificades per evitar mals.

Taula 5. 1 Requisits de seguretat segons Normativa UNE-ISO 10535

Requeriments	
S'ha de proporcionar protecció contra talls, aixafaments, retencions i cremades i ha de complir els requisits establerts en la Norma IEC 60601-1.	
Justificació	S'ha disposat d'elements de seguretat per evitar tots aquests problemes, com cobrir el cable per evitar el contacte o un sistema de parada mecànica en cas que el cable no funcionés.
La grua ha d'incloure dins el seu disseny, mitjans adequats que garantissin que, si el braç d'elevació entra en contacte amb la persona elevada durant el descens, la càrrega total aplicada sobre la persona no ha de ser major que la massa d'aquestes parts i no ha d'augmentar en més de 50N.	
Justificació	Com s'ha comentat anteriorment la grua conté un dispositiu de seguretat mecànic que límit el moviment del braç en cas de perill.
Tots els controls per elevar o baixar la persona han de ser fàcilment accessibles i manejables per la persona a càrrec de la grua.	
Justificació	La grua constarà d'un comandament a Distància per cable accessible des de qualsevol punt de la grua amb una Distància màxima de 2m.
Les grues amb accionadors elèctrics han d'estar equipats amb un dispositiu d'emergència fàcilment accessible, amb la finalitat de tallar el subministra elèctric i para qualsevol moviment mecànic produït elèctricament que podria provocar una situació de perill. El dispositiu de seguretat només s'ha de reactivar per a una acció manual, l'acció reactivar ha de ser diferent la d'activació. El dispositiu d'emergència ha de ser vermell.	
Justificació	La grua consta d'un botó d'emergència(xampinyó) en el mateix comandament a Distància per poder ser activat en qualsevol moment en cas d'emergència. Aquesta mena de dispositius ja incorporen tant el color vermell com la reactivació manual.
Tots els controls han de comptar amb un mecanisme d'accionament manual que l'usuari haurà de mantenir pitjat per a la seva posada en marxa.	
Justificació	Per a l'activació del braç pivotant s'haurà de fer ús del comandament a Distància.

La grua ha d'estar dissenyada per tal de no elevar més d'1,5 vegades la càrrega màxima.	
Justificació	Els càlculs s'han fet a partir d'aquesta dada com a màxim pes, si es càrregues la grua amb una càrrega màxima aquesta no l'aixecarà.
S'han d'adoptar totes les precaucions oportunes sempre que sigui necessari per a protegir la persona elevada contra qualsevol caiguda accidental de la unitat de suport corporal.	
Justificació	La grua conté un sistema de limitació mecànica que preveu caigudes aquesta s'ha de determinar mitjançant verificació i inspecció.

Taula 5. 2 Requisits de seguretat segons Normativa UNE-ISO 10535

Font: Elaboració pròpia

### 5.2.2 Requisits per a les unitats de suport corporal

Requeriments	
El fabricant de les unitats de suport corporal ha d'indicar amb quina grua o grues y amb quina barra o barres de separació és compatible, per assegurar una combinació segura.	
Justificació	En aquest projecte no es fabrica cap mena de suport corporal, sinó que és comprat.
El mètode pel qual es pot instal·lar i treure la unitat de suport corporal ha d'estar clarament especificat en les instruccions de ús.	
Justificació	La grua conté un informe de fabricant on s'indica com fer-ho .S'ha de determinar mitjançant verificació i inspecció.
El punt central de suspensió (PCS) ha d'estar construït de tal forma que s'eviti el desenganxament accidental de la barra de separació durant el seu ús.	
Justificació	El PCS està unit amb un gralló què no permet el desenganxament accidental de la barra de separació.
Els punts de connexió han d'estar dissenyats de forma que la unitat de suport corporal no es desprengui de forma accidental.	
Justificació	La barra de separació va equipada amb dos ganxos col·locats de forma la qual no permet el lliscament de la unitat de suport corporal.

Taula 5. 3 Requisits suport corporal segons Normativa UNE-ISO 10535

Font: Elaboració pròpia



### 5.2.3 Requisits per a la barra de separació

Requeriment	
La barra de separació ha de suportar almenys 1,5 vegades la càrrega màxima de la grua en la qual s'instal·la.	
Justificació	La barra ha estat calculada a partir de 2000N de càrrega màxima tenint en compte un factor d'augment de la càrrega. Aquest element s'ha de confirmar després de l'assaig de resistència estàtica tal com s'ha fet en les simulacions.
En les instruccions d'ús s'ha d'informar sobre els tipus de dissenys de les unitats de suport corporal, per exemple, la quantitat de punts de connexió, dimensions, i materials dels mitjans de connexió.	
Justificació	El producte consta d'un informe d'ús on s'especifiquen les característiques anteriors. Aquesta càrrega s'ha de comprovar mitjançant inspecció.
Les barres separadores mòbils han d'anar marcades amb la càrrega màxima de la grua.	
Justificació	La barra consta d'una etiqueta amb la càrrega màxima de la grua. Aquesta s'ha de confirmar mitjançant inspecció
Si l'amplada de la barra de separació ha estat dissenyada per ser ajustable durant el seu ús, ha d'incorporar un dispositiu de seguretat que garanteixi en despreniment de forma accidental.	
Justificació	La grua no consta d'una barra de separació ajustable.

Taula 5. 4 Requisits de la barra de separació segons Normativa UNE-ISO 10535

Font: Elaboració pròpia

**Funcionament**

Requeriment de funcionament	
La grua ha d'estar dissenyada amb l'objecte de traslladar a una persona amb discapacitat d'acord amb el camp de l'aplicació i segons l'indicat per al fabricant, i una sola persona ha de poder accionar-la.	
Justificació	La grua permet la col·locació de la persona de mode que es minimitza la necessitat de què el cuidador corregeixi la posició. Aquest requeriment s'ha de determinar mitjançant inspecció i valoració.
La grua no ha de contenir cavitats on es pugui emmagatzemar o acumular líquids	
Justificació	Tots els orificis els quals es pugui acumular líquid estan degudament tapats per evitar aquesta acció. Aquests requeriments s'han de determinar mitjançant inspecció i assaig funcional.
<p>Quan es carregui amb la càrrega màxima el PCS ha de tenir una Distància de parada no superior a 50mm. Es determina de la següent forma:</p> <p>Es càrrega la grua amb la càrrega màxima</p> <p>Es col·loca el PCS a la posició més alta</p> <p>Es baixa el PCS a màxima velocitat</p> <p>En una posició aproximament en el centre del rang d'elevació es talla l'alimentació de la grua</p> <p>Es mesura la Distància vertical des del punt en què es para el descens</p>	
Justificació	Aquesta comprovació s'ha de fer un cop es tingui el producte físic.

Taula 5. 5 Requisits de funcionament segons Normativa UNE-ISO 10535

Font: Elaboració pròpia

**Velocitat d'elevació i descens**

Requeriment de velocitats d'elevació i descens	
La velocitat d'elevació o descens del PCS(com a punt de referència) no ha de ser superior als 0.15m/s quan la grua esta carregada.	
Justificació	En l'assaig físic la velocitat d'elevació o descens no ha de superar els 0.15m/s, tot i així la velocitat s'ha limitat a 0.1m/s per termes de seguretat.
La velocitat d'elevació o descens del PCS(com a punt de referència) no ha de ser superior als 0.25m/s quan la grua esta descàrrega da.	
Justificació	En l'assaig físic la velocitat d'elevació o descens no ha de superar els 0.25m/s, tot i així la velocitat s'ha limitat a 0.20m/s per termes de seguretat.

Taula 5. 6 Requisits de velocitats segons Normativa UNE-ISO 10535

Font: Elaboració pròpia

### 5.2.4 Requisits de durabilitat

Requeriment	
Després de realitzar els següents requisits, la grua ha de funcionar tal com s'espera tant amb la càrrega màxima com sense ella i no ha de mostrar signes de deformació permanents o desgast que puguin afectar a la seva funció	
Justificació	Aquest requeriment s'ha de comprovar un cop es tingui el producte fabricat.
Requeriment	
<p>El cicle d'elevació de la grua es repeteix un total de 11000 cops segons el següent procediment:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El PCS de la grua s'eleva i es baixa a la seva màxima velocitat sense càrrega durant 1000 cicles, assegurant-se que els dispositius limitadors superiors estan actius.</li> <li>Es realitzen 1000 cicles amb la càrrega màxima en el punt inferior i s'activa el dispositiu limitador inferior durant aproximadament 1 s en cada cicle d'elevació.</li> <li>Es realitzen 1000 cicles d'elevació amb la càrrega màxima en el punt superior i s'activa el dispositiu limitador superior durant 1s en cada cicle d'elevació.</li> <li>Es realitzen 8000 cicles amb la càrrega màxima en el punt mig del rang d'elevació.</li> </ol>	
Justificació	Aquests requeriments s'hauran de verificar mitjançant assajos pràctics i inspecció un cop instal·lada la grua.

Taula 5. 7 Requisits de durabilitat segons Normativa UNE-ISO 10535

Font: Elaboració pròpia

## 6. Informe del fabricant

En aquest informe s'apliquen els requisits establerts per les Normes EN 980 y EN12182

### 6.1 Etiquetes

Tots els controls de maneig han d'estar marcats amb la seva funció.

La grua ha de contenir la següent informació:

- a) Nom i direcció de fabricant: Ernest Lluc 3, Mataró
- b) Definició del model. AJK1
- c) Número de lot o número de sèrie XXXX-XX
- d) Any de fabricació: dd/mm/aa
- e) Dades elèctriques amb la Norma 60601-1: 230V 50Hz 0.37kW
- f) Dades de la font d'energia: xarxa 230V
- g) Càrrega màxima: 120kg
- h) Categoria IP de protecció: IP54

### 6.2 Instruccions d'ús

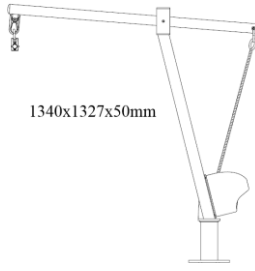
El comprador de la grua ha de rebre un manual d'instruccions amb les següents dades:

- a) Nom i direcció del fabricant, proveïdor o distribució
- b) Llistat de punts a verificar abans del seu ús
- c) Quin ús té la grua
- d) Vida útil del producte: 10 anys
- e) Suficients dibuixos i il·lustracions per mostrar les principals dimensions
- f) Nom, direcció y número del servei tècnic
- g) Informació de manteniment:
- h) Especificacions tècniques
- i) Informació elèctrica
- j) Límits de precisió del qualsevol sistema de mesura, així com les marques d'avertència.
- k) Qualsevol advertència sobre la valoració de riscos.

Informació del Fabricant	
Nom del fabricant	SuBC
Direcció	Ernest Lluç, 3
Servei tècnic	BMS Business
Tel. Servei tècnic	000-000-000
Llistat de punts a verificar abans del seu ús	
Comprovació de la fixació de la base	
Comprovació de què els sistemes de seguretat dels passadors estiguin col·locats.	
Comprovació que tots els cargols estiguin ben fixats	
Comprovació del cable un cop instal·lat	
Prova de funcionament del motor abans del seu ús	
Comprovació de què no falti cap peça per muntar	
Comprovació dels requisits estipulats per normativa	

Taula 6. 1 Manual d'instruccions segons Normativa UNE-ISO 10535

Font: Elaboració pròpia

Ús de la grua	
<p>La grua és una unitat de suport corporal destinada al trasllat de persones amb discapacitat de l'exterior d'una piscina a l'interior d'aquesta mateixa.</p> <p>L'empresa en qüestió no es fa càrrec de qualsevol conseqüència a causa d'un mal ús d'aquesta.</p>	
Informació de manteniment	
Preventiu	
Comprovar el correcte funcionament dels elements de seguretat i d'unió com grallons o bagues.	
Comprovació de l'estat del cable tractor, en vista de qualsevol imperfecció visual avisar al servei tècnic per al recanvi d'aquest.	
Després del seu ús, per una major vida del producte es recomana netejar-lo i assecar-lo adequadament per evitar possibles agents agressors.	
Especificacions tècniques	
Dimensions	 <p>1340x1327x50mm</p>
Càrrega màxima	120kg
Massa total de la grua	36kg
Vida útil	10 anys
Inf. Elèctrica	230V 50hz 0.37kW

Taula 6. 2 Manual d'instruccions segons Normativa UNE-ISO 10535

Font: Elaboració pròpia

Marques d'advertència
<p>A l'hora de fer ús de la grua, cal tenir en compte el límit mecànic proporcionat per la peça d'unió.</p> <p>No es recomana forçar el límit mecànic</p> <p>Es deixa a càrrec de l'usuari ajustar l'altura ( dins del rang) per a una millor seguretat del pacient.</p> <p>La barra de separació conté dos ganxos, per a poder col·locar les tires del sistema corporal no rígid.</p> <p>No es permet l'ús de sistemes corporals que no siguin del model arnès (sistema de suport corporal no rígid).</p>
Valoració de riscos
<p>En cap cas cap persona ha d'intentar accionar la grua de manera mecànica sense ús del comandament a Distància.</p> <p>En cas de parada d'emergència es troba incorporat un botó d'aturada d'emergència de color vermell, aquest aturarà el moviment de la grua.</p> <p>Per reactivar-lo s'haurà de necessitar d'actuació manual.</p>

Taula 6. 3 Manual d'instruccions segons Normativa UNE-ISO 10535

Font: Elaboració pròpia



## 7. Planificació

### 7.1 Planificació prèvia

Codi de referència	Nom de la tasca	Duració (h)	Precedència
In	Inici projecte	Inici projecte	-
A	Idees de dissenys previs (esbossos)	Duració	In
B	Selecció de la idea més adequada	30 hrs	A
C	Estructuració del disseny	30 hrs	B
D	Disseny i càlculs de la base	20 hrs	C
E	Disseny i càlculs de l'eix central	30 hrs	D
F	Disseny i càlculs peça unió U	30 hrs	E
G	Disseny i càlculs braç pivotant	30 hrs	F
H	Disseny i càlculs de la barra de suspensió	30 hrs	G
I	Càlculs i selecció del motor	30 hrs	H
J	Disseny 3D de cada peça	30 hrs	I
K	Realització de plànols	15 hrs	J
L	Planificació de l'execució	15 hrs	K
M	Estudi econòmic	15 hrs	L
N	Documentació i tancament del projecte	10 mins	M
O	Final del projecte	Fi projecte	N

Taula 7. 1 Planificació prèvia

Font: Elaboració pròpia

### 7.1.1 Diagrama de Gantt

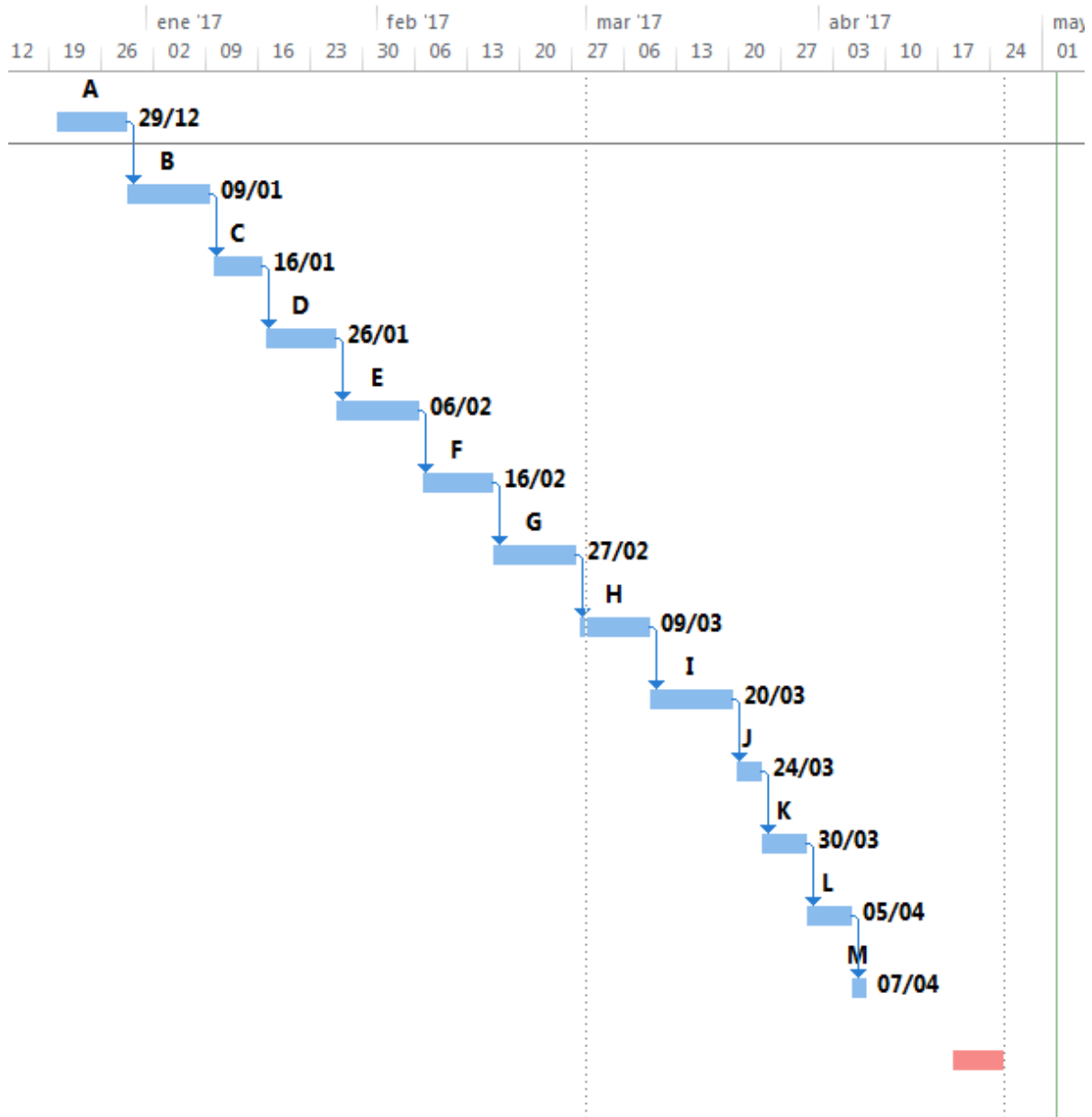


Figura 7.2 Diagrama de Gantt Execució

Font: MsProject

Cal remarcar que l'inici és diferent en comparació a l'avantprojecte, ja que s'ha indicat amb més anterioritat per el problema explicat en l'apartat 2

## 7.2 Planificació d'execució

Codi referència	Nom de la tasca	Duració	Precedència
In	Inici projecte	In	-
A	Anàlisi de viabilitats	40 hores	In
B	Desenvolupament del projecte de detall	40 hores	A
C	Petició de permisos pertinents	20 dies	B
D	Realització de comandes pels materials	20 dies	C
E	Realització per a la fabricació de tots els components	15 dies	D
F	Preparació de la comanda per al client	5 dies	E
G	Preparació de l'entorn on s'instal·larà del producte	2h	F
H	Muntatge de l'estructura	2h	G
I	Muntatge del motor	30min	H
J	Muntatge del sistema d'alimentació	2h	I
K	Verificació del muntatge	30min	J
L	Assajos de verificació del funcionament i sistemes de seguretat en situacions extremes	2h	K
M	Gestió de residus	30min	L

Taula 7. 2 Planificació de l'execució

Font: Elaboració pròpia

### **7.2.1 Explicació de les tasques a realitzar**

En el present apartat, s'especifiquen les operacions que es realitzaran en el projecte de detall, mostrades en l'anterior taula 7.1. Tot explicant de desenvolupament a seguir en cadascuna de les tasques referenciades amb el seu respectiu codi.

#### **A. Anàlisi de viabilitats**

Aquesta tasca serà realitzada per l'enginyer tècnic al càrrec. La seva funció serà la d'analitzar la instal·lació o l'entorn el qual es vol instal·lar la grua. Aquest anàlisi consisteix en determinar les següents característiques:

Tipus d'instal·lació. S'ha d'analitzar el tipus de piscina (desbordant o no) el 'hi haurà d'instal·lar l'aparell per constatar si s'ha de fer un canvi en el disseny de la base.

Espai disponible. Generalment les piscines tenen espai suficient per a la instal·lació d'aquest tipus de sistemes, no obstant, s'haurà d'analitzar i escollir la millor situació per a la grua, ja des del seu ús funcional com l'impacta que tindrà dins les instal·lacions. També s'haurà de tenir en compte que l'article ha d'anar col·locat en la part on la fondària de la piscina oscil·la entre 1m i 1.6m.

#### **B. Desenvolupament del projecte de detall**

Aquesta tasca serà realitzada per l'enginyer tècnic. En cas que sigui necessari es realitzaran les modificacions pertinents per adaptar el producte al client.

#### **C. Petició de permisos pertinents**

Aquesta tasca serà realitzada per l'enginyer tècnic. S'hauran de presentar tot els permisos necessaris per a la realització del projecte un cop hagi finalitzat el projecte de detall.

#### **D. Realització de comandes pels materials**

Un cop es tinguin tots els permisos, es procedirà a la petició de material necessari per a la construcció de totes les peces per a poder subministrar-lo al fabricant. Aquesta pas serà necessari sempre i quan el fabricant no tingui el material necessari.

### **E. Realització de la comanda a l'empresa subcontractada per a la fabricació de tots els components**

Es realitzarà la comanda de construcció de tots les elements estructurals de la grua, perquè aquests un cop finalitzats puguin ser muntats de forma que faciliti d'instal·lació de la grua en la piscina tal com s'ha dissenyat.

### **F. Preparació de la comanda per al client**

Un cop es rebi tot el material necessari per a la construcció d'una unitat, es procedirà a completar la comanda i es prepararà tota l'equipació necessària per a la instal·lació.

### **G. Preparació de l'entorn on s'instal·larà del producte**

Aquest apartat contempla tota modificació que s'hagi d'efectuar abans de la instal·lació de l'equip, tals com neteja de les superfícies a treballar, o qualsevol modificació del sol de d'instal·lació tals com els forats on anirà collada la base.

### **H. Muntatge de l'estructura**

En aquesta fase, es dedicarà al muntatge de tot elements estructural de la següent forma:

- Fixació de la base
- Casquet
- Eix central
- Muntatge de tots els elements del braç pivotant
- Braç pivotant
- Muntatge de la barra separadora

### **I. Muntatge del motor**

Un cop finalitzat el muntatge de l'estructura, es procedirà a la col·locació del motor en l'eix central i realitzant les comunicacions del cable amb el braç pivotant.

### **J. Muntatge del sistema d'alimentació**

Per finalitzar el muntatge, es realitzaran les modificacions necessàries per a fer arribar l'alimentació al motor.

### **K Verificació del muntatge**

Abans de la posada en marxa, s'hauran de comprovar de què tots els elements estan ben col·locats amb les seus respectius sistemes de seguretat i que no hi ha cap error en el muntatge de la grua.

### **L. Assajos de verificació del funcionament i sistemes de seguretat en situacions extremes**

Aquesta tasca la realitzarà el tècnic encarregat, aquest haurà de realitzar les inspeccions, verificacions i assajos tal com la Normativa ISO 10535:2006 ho especifica.

### **M. Gestió de residus**

La gestió de residus serà realitzada per al tècnic tal com es mostra en l'apartat 8.2

### 7.3.2 Diagrama de Gantt

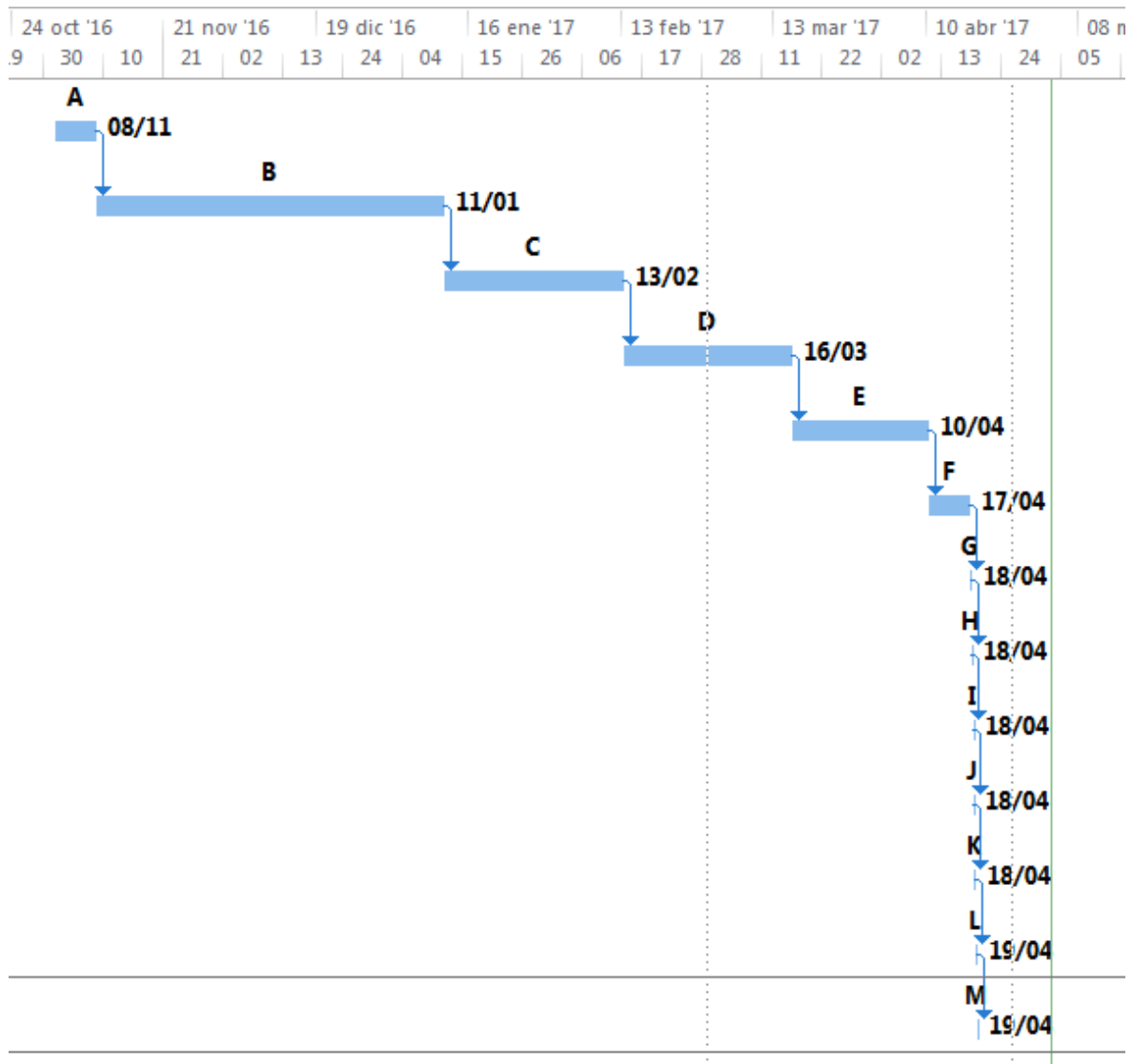


Figura 7.2 Diagrama de Gantt Execució

Font: MsProject

Analitzant el diagrama de Gantt, s'hi pot observar que les tasques més prolongades són les tasques; B, C, D, E, . Per tant, en cas d'estar fora de termini durant el transcurs del projecte, seria ideal poder reduir el temps en alguna d'aquestes tasques, essent les més influenciades. No obstant, la tasca C depenen del temps de resposta en les pertinents sol·licituds per part de l'estat, per tant, es descartarà la possibilitat de reducció del temps. Pel que fa les tasques D i E, depèn del temps d'entrega del proveïdor de material i el temps d'entrega del fabricant . Respecte a les tasques de la F a la M poden ser completades en un dia laboral





## 8. Impacte mediambiental

### 8.1 Impacte mediambiental en l'execució del projecte

En l'Estudi d'Impacte Ambiental s'hauran de considerar diferents aspectes que tenen a veure amb els factors ambientals impactats i les accions impactants pròpies, en el nostre cas, com a productors tenim l'obligació d'establir i finançar la recollida, tractament, reciclatge i eliminació respectuosa amb el medi ambient, tal com queda establert en la Directiva RAEE.

S'haurà de registrar davant l'autoritat administrativa competent i proporcionar dades de venda per pes per al qual es pagarà una taxa.

Afegirem etiquetes als productes - L'etiqueta oficial CENELEC amb el contenidor d'escombraries tatxat i una data de fabricació, definit per la norma CENELEC en 50419:2005



Figura 8. 1 Etiqueta oficial CENELEC

Font: CENELEC

Afegir informació del productor als productes, hem d'assegurar que el nostre nom, marca o identificació única aparegui en cada producte.

Proporcionar dades a les autoritats que mostrin que els objectius s'estan complint i les quantitats que s'estan recollint.

Assegurar els costos de recollida, el tractament, la valorització i l'eliminació respectuosa amb el medi ambient.

Accions impactants		Observacions
<b>Fase de Construcció o Execució</b>	Acústiques	Sorolls de maquinàries
	Generació de residus	
		Generació de residus,
		com restes d'acers o plàstics
<b>Fase de Funcionament o Explotació</b>	Visual	A l'hora del transport pot
	Sonora	destorbar els veïns
		La fabricació és tota subcontractada per tant en el local no es tindrà maquinària.
<b>Fase d'Ús</b>	Visual	Suposa un impacte visual
		dintre del centre, ja que el
		sistema és fixa i no es pot
		guardar fora de l'espai visual

Taula 8. 1 Taules d'Accions

Font: Elaboració pròpia

Factor Ambiental	Impacte sobre	
<b>Medi Natural</b>	Atmosfera	No suposa cap impacte en el medi natural, que les piscines de rehabilitació són totes cobertes en espais ja construïts
	Sòl	
	Aquàtic	
	Flora	
	Fauna	
	Medi percentual	
<b>Medi Socioeconòmic</b>	Usos del territori	No suposa cap impacte en el territori, cultura.
	Culturals	
	Infraestructura	La instal·lació que s'ha de fer és mínima en l'edifici. Pot generar un lleu augment de la factura d'aigua
	Humans	
	Economia i població	

Taula 8. 2 Taules d'Accions

Font: Elaboració pròpia

## 8.2 Gestió de residus

En la instal·lació de la grua en piscines, es generà un conjunt de residus els quals haurem de gestionar correctament. Els residus són els següents:

- Pols o runes de les perforacions
- Restes de químics utilitzats en la fixació dels cargols
- Restes de cables
- Plàstics d'emalatges
- Cartó

Tot seguit es mostra cadascun dels residus amb els seus respectiu codi, classificació i tipus de valoració i tractament, segons el catàleg de residus de Catalunya obtingut de l'Agència de Residus de Catalunya.

Residu generat	Codi CJR	Classificació CLA	Valorització VAL	Tractament TDR
Pols o runes	200121	IN	V71	T11 T15
Restes de químics	10020	IN	V72	T11
Restes de cables	160106	IN	V45	T11
Plàstics d'embalatges	200103	IN	V12	T11
Cartó	200101	NE	V11 V61	T21 T12

Taula 8. 3 Taula de residus amb els seus codigs

Font: Elaboració pròpia

De la taula anterior, se'n poden trobar les següents classificacions, valoritzacions i tractaments:

- ❖ IN, material inert
- ❖ NE, no especial
- ❖ V71, utilització en la construcció
- ❖ V72, utilització en bases cimentades
- ❖ V42, Regeneració d'altres materials inorgànics
- ❖ V45, recuperació de calbes
- ❖ V12, reciclatge de plàstics
- ❖ V11, reciclatge de paper i Cartó
- ❖ V61, utilització com a combustible
- ❖ T11, deposició de residus inerts
- ❖ T12, deposició de residus no especials
- ❖ T15, Deposició en dipòsit de terres i runes
- ❖ T21, incineració de residus no halogenats

## **9.Desviacions respecte a l'avantprojecte**

### **9.1 Canvi de producte final**

En el present projecte les desviacions han estat a causa del canvi del producte a causa de problemes funcionals. En l'avantprojecte es va definir que el producte seria una plataforma fixa on el cuidador podia portar la persona amb la mateixa cadira de bany i poder fer la immersió sense necessitat de traspàs.

### **9.2 Desviacions del pressupost i la planificació**

Els canvis esmentats anteriorment han provocat desviacions en la planificació i el pressupost. La planificació s'ha hagut d'ajustar i ampliar el temps de finalització, ja que s'ha donat un nou punt de vista i s'han modificat els punts explicats en l'apartat 2 del projecte de detall. Pel que fa a al pressupost aquest ha variat per les mateixes causes anteriors i s'ha hagut d'ajustar els preus de les hores per refer aquest canvi.



## 10.Referencies

[1] AENOR; *Normativa UNE-ISO 10535*. Disponible a:

<http://www.aenor.es/aenor/normas/iso/resultadoiso.asp#.WQZsDdLy9I> (Març 2017)

[2] INTI; *Reglaments CIRSOC 301/2005 i CIRSOC 302/2005 Setembre 2005 Taules de perfils laminats i tubs estructurals*. Disponible a:

<http://www.inti.gob.ar/cirsoc/> (Març 2017)

[3] Generalitat de Catalunya. Agència de residus de Catalunya; *Catàleg de residus de Catalunya*. Disponible a:

<http://www.arc.cat/ca/publicacions/pdf/agencia/cataleg.pdf>

[4] Generalitat de Catalunya XTEC; *Codi d'accessibilitat de Catalunya segons decret 135/1995*. Disponible a:

<http://www.xtec.cat/~jjordan/lleida/unitats/docs/accescat.pdf>

[5] CEAPAT; *Classificació Internacional d'Ajudes Tècniques ISO 9999:2002*. Disponible a:

<https://www.observatoriodelaaccessibilidad.es/fotos/files/clasificacion-productos-apoyo.pdf>

[6] CFC. Col·legi de Fisioterapeutes de Catalunya; *Centres de fisioteràpia de Catalunya*. Disponible a:

<http://www.fisioterapeutes.com/centres/index.asp?id=0>

[7] ITEC. *Base de dades de productes i documents d'avaluació europeus DEE*; Disponible a:

<https://itec.es/>

[8] SOLOINOX. “Especialista en diseño y producción, con una gran amplia variedad de materiales”. Disponible a:

<http://soloinox.es/productos.asp>

[9] DirectIndustry ; “El Salón Online de la Industria”. Disponible a:

<http://www.directindustry.es/>

[10] CODIPRO; “Cáncamo doble giratorio articulado inoxidable”. Disponible a:

<http://www.codipro.net/es/catalogo/cancamos-de-acero-inoxidable/ss-dsr.html>

[11] BEAM CALCULATOR; “The free bending moment and shear force”. Disponible a:

<https://bendingmomentdiagram.com/es/free-calculator/>

[12] UEN. Unitat d'estimulació neurològica; Centre de neurorehabilitació. Disponible a:

<http://www.uen.cat/es/home.html>

[13] UPCCOMMONS, “Unions soldadas”. Disponible a:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6080/06.pdf?sequence=7>

[14] UPV. Universidad Publica de Valencia. “Criterios para el dimensionado de las uniones soldadas en estructuras de acero en edificación”. Disponible a:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7816/calculo-uniones-soldadas.pdf>

[15] JOSEPH, Joan et al. “Tecnología industrial I”. Madrid. Editorial McGRAW-HILL.

[16] JOSEPH, Joan et al. “Mecánica”. Madrid. Editorial McGRAW-HILL.

[17] SASTRE, R. “Propietats dels materials i elements de cosntrucció”. Barcelona. Ediciones UPC.