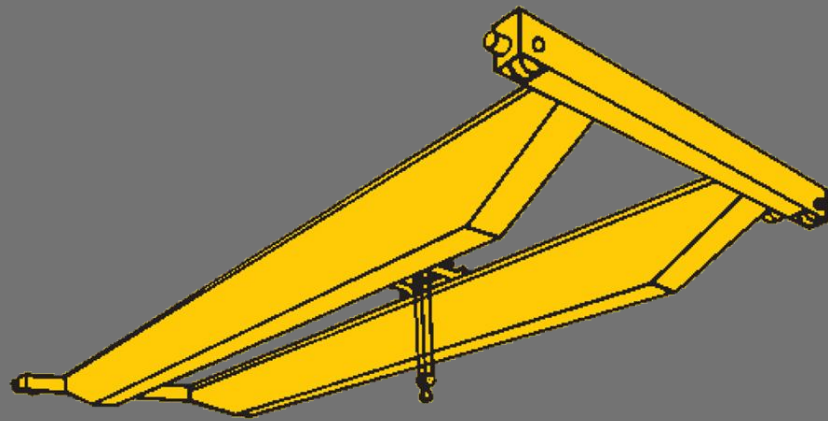


Tecnologia aplicada a un pont grua



Quan més savi sóc només sé que no sé res

Sòcrates, gran pensador

Índex

Índex	3
1. Introducció	5
2. Objectius.....	6
Objectius conceptuals	6
Objectius procedimentals	6
Objectius humans	7
3. Pont grua	8
- Elements estructurals.....	8
- Elements encarregats d'elevat la càrrega	18
4. Entrevistes	29
Entrevista a Derbi	29
Entrevista a Adif.....	35
5. Lleis i decrets PRL	48
Riscos i factors de risc	48
Tipus de Riscos	48
Mesures de prevenció; equipament de les grues	51
Dispositius de seguretat	51
Disposicions i instal·lacions bàsiques per a un pont grua	53
Elements de seguretat bàsics per a un pont grua.....	53
Normes constructives relacionades amb la seguretat	54
Accessoris d'elevació i eslingat	54
Instal·lació i muntatge.....	55
Manteniment	55
6. Construcció teòrica de pont grua.....	56
Centres de gravetat	56
Moments d'inèrcia.....	57
Càlcul del centre de gravetat	59
7. Formació operaris.....	63
Formació de l'operador	63
• Aptituds i coneixements previs	63
• Condicions físiques.....	63
• Condicions psicològiques	63

• Contingut de la formació.....	64
• Duració del curs de formació	65
• Avaluació de la formació	65
Formació de l'ajudant de l'operador	65
• Avaluació de la formació	66
Formació del personal de l'àrea de treball de la grua.....	66
8. Càlculs i esquemes	67
Càlculs i esquemes part electrònica i mecànica.....	67
• Esquema.....	67
• Descripció esquema:	68
• Càlculs.....	68
Càlculs i esquemes part electrònica i mecànica d'un motor.....	70
• Esquema.....	70
• Càlculs.....	70
Càlculs i esquemes part pneumàtica	74
• Esquema.....	74
• Descripció esquema:	75
• Càlculs.....	75
Esquema amb PLC OMROM.....	79
Esquema d'automatismes	80
• Descripció esquema:	81
9. Plànols	82
10. Conclusió.....	89
11. Bibliografia.....	91
12. Agraïments	93

1.Introducció

Durant el curs 2010-2011 hem estat realitzant el treball de recerca que consisteix en el pont grua. En concret ens hem centrat en l'explicació de la seva estructura, les lleis i drets que afecten la construcció i manteniment reals del pont grua i la creació d'una maqueta. Aquesta s'ha realitzat sota diferents càlculs aplicats a la realitat a partir dels fonaments de la teoria de la pneumàtica, l'electrònica i la mecànica tot just pensant en els temaris que ens seran d'utilitat de cara als nostres futurs estudis.

Des de els inicis del treball havíem pensat en realitzar un treball pràctic que ens permetés realitzar càlculs que englobaren els temaris anteriorment esmentats tot incloent l'aplicació real d'aquests. És per això que vam decidir realitzar la creació d'una maqueta de pont grua ja que ens vam adonar que seria factible unificar tots els càlculs desitjats per a la realització d'aquesta.

Gràcies a les diferents visites realitzades a empreses, relacionades amb la construcció i/o transport de ponts grua, vam aconseguir a mesura que avançàvem en la nostra recerca assolir coneixements més detallats del pont grua.

La creació de la maqueta i l'aplicació teòrica i real dels càlculs anteriorment esmentats van resultar ser força més senzills i assequibles del que en un principi ens vam imaginar. És per això que vam decidir (conjuntament amb la iniciativa del tutor) a realitzar el treball mantenint la maqueta i tot el que aquesta engloba però enfocant el treball cap a la documentació i lleis que els enginyers han de consultar a l'hora de realitzar la construcció de ponts grua.

D'aquesta manera, vam plantejar finalment el treball tal i com es defineix a continuació: Primerament ens informariem mitjançant visites i la recerca d'informació de tots els requisits mínims a tenir en comte a l'hora de realitzar la construcció de un pont grua. Per tant, crearíem (a petita escala) un manual que servís de recolzament per a tot aquell individu interessat en conèixer tot el que engloba el pont grua i amb un interès a nivell d'usuari de construcció d'aquest tipus de grua.

A més, la construcció de la maqueta es realitzaria mitjançant l'aplicació de tot tipus de càlculs de caire mecànic, pneumàtic i elèctric, tenint en compte els requisits mínims per la construcció d'aquesta. Ens ajudariem de la informació legislativa i teòrica obtinguda prèviament.

2.Objectius

Els nostres objectius de cara a aquest treball es centren en aprofundir els nostres coneixements en els àmbits pneumàtics, elèctrics i mecànics aplicats en un pont grua i conèixer la legislació, construcció i formació d'aquest. La majoria de coneixements que estem interessats en assolir consisteixen en aprofundir àmbits i/o camps de la tecnologia prèviament ja coneguts.

Podem dividir els nostres objectius en dos grans blocs; entre els quals trobem els objectius conceptuals i els objectius procedimentals.

Objectius conceptuals

- Ampliar els nostres coneixements en l'àmbit tecnològic en relació amb la mecànica, pneumàtica i electrònica.
- Endinsar-nos al món del pont grua tenint en comte els càlculs teòrics per aplicar-los a la realitat i també centrar-nos en els àmbits legislatius i teòrics del pont grua com a concepte.

Objectius procedimentals

- Recercar a tot tipus de fonts d'informació; és a dir, utilitzar llibres, pàgines web i qualsevol altra mena de recurs informatiu.
- Ser capaços de sintetitzar conceptes de difícil intel·lecció tal que aquests quedin plasmatats al treball de manera clara i entenedora per a lectors amb una base mínima tecnològica però no gaire especialitzada.
- Conèixer el funcionament dels processos tant industrials com teòrics del pont grua.
- Aprendre a interactuar de manera apropiada amb individus que participen activament al món laboral del tema tractat.

Objectius humans

- Ser capaços d'organitzar-nos les tasques de forma adient i equilibrada per tal de consolidar un projecte de qualitat.
- Aprendre a treballar en equip i cooperar per tal de ser capaços de superar diferències conceptuals sense perdre mai el benestar del projecte com a referent a l'hora de discutir i debatre.
- Adquirir un major coneixement en la realització de projectes d'aquest tipus.

3. Pont grua

El pont grua esta format per diverses parts que es podrien agrupar en els següents grups:

- Elements estructurals.
- Elements encarregats d'elevat la càrrega.

Aquests elements poden ser molt variats entre ells; fet que caracteritza el pont grua amb diversos trets estructurals, de rapidesa, de precisió.

- Elements estructurals

Els elements estructurals són tots els elements que tenen una certa relació amb la estructura principal del pont grua, ja sigui la pròpia estructura o elements d'unió. Es poden distingir bàsicament quatre tipus on els elements varien en nombre o característiques entre ells.

▪ **Les bigues**

Les bigues són la part estructural més important del pont grua, ja que constitueix pràcticament tota la estructura. La seva forma bàsica solen ser xapes d'acer soldades entre elles en forma de calaix. Reforçat amb diaframes verticals i horitzontals per aportar-l'hi molta més rigidesa. (Veure imatge 3.1) Les seves dimensions determinen les característiques d'altres elements estructurals del pont grua. Com poden ser la col·locació dels testers ja que poden estar situats per sobre o per sota de la biga, o poden tenir pocs punts d'unió o molts punts d'unió. També determina la manera de la situació respecte el rail i els marges del rail amb els elements de suport com són les parets i el sostre; ja que si la altura de la biga és superior a la altura del rail, aquest rail s'haurà de separar el que sigui suficient per tal de que no toqui amb el sostre. Mentre que si la biga està per sota del rail, aquest últim es podrà aproximar molt més al sostre. Un altre

aspecte que determina molt les característiques de la grua són que la longitud de la biga, que s'anomena llum delimita la longitud del pont grua i localitza la proximitat entre els testers i bigues. Un aspecte també molt importat es a part de la rigidesa de la biga, que permetria subjectar més pes, la longitud de la biga influeix en el pes d'aquesta i per tant reduirà la capacitat de càrrega del pont grua.

En aquesta imatge es poden veure els diafragmes que tenen les bigues per tal de que no es deformi.



Imatge 3.1 Pla detallat dels diafragmes de qualsevol biga o perfil.



Imatge 3.2 Pla general d'una fàbrica on es poden observar diverses bigues del diversos ponts grua.

- **Els testers**

Els testers són les estructures que s'encarreguen bàsicament d'unir la biga amb els seus pertinents rails i proporcionar el moviment lateral que té el pont grua sobre els rails. Són els encarregats també de transmetre tot els pes que ha de suportar la biga i el pes de la pròpia biga als rails. Per tant es necessària que la unió existent entre els testers i biga sigui molt resistent per tal de que no es pugui trencar la biga o qualsevol altre element. Ha de tenir també uns bons rodaments per tal de que les rodes no es moguin del rail i de que el desplaçament de les rodes pel rail no malmeti la estructura. Van acompanya d'un grup motriu constituït per normalment dos motors, un a cada extrem. També acostuma a anar acompanyat amb elements de seguretat com són frens de seguretat que s'utilitzen en cas d'aturada d'emergència, finals de cursa que delimiten la zona de treball en el cas de tenir més d'un pont grua en els mateixos rails, rodes laterals per tal de que els desplaçament pel rail sigui molt més precís o també displays numèrics que ens mostren constantment la càrrega que s'està elevant.

En aquesta imatge es pot observar un tester així com la localització respecte al rail i la biga. També es poden veure els elements de seguretat que l'acompanyen.



Imatge 3.3 Pla detallat d'un tester d'un pont grua amb els seus elements de seguretat.

En aquesta imatge podem veure un dels motors dels testers. També es poden veure uns rodets laterals que fan molt més precís el moviment per damunt del rail.



Imatge 3.4 Pla detallat dels motors i rodets laterals per precisar el moviment d'un tester de pont grua.

Podem observar d'esquerra a dreta un display numèric que mostra la càrrega que està suportant el pont grua i un final de cursa. El display té la funció de marcar el pes de la

càrrega que s'està maniobrant per tal de no forçar més del compte el pont grua. La funció del final de cursa és a partir del lloc on estigui situat, el pont grua ja no es desplaça sinó que s'aturi en estar en contacte amb ell. Pot estar situat en qualsevol lloc proper de la biga per tal de que quan el tester es mogui existeixi un possible contacte.



(D'esquerra a dreta) **Imatge 3.5 i 3.6** Display numèric i final de cursa d'un pont grua

▪ Rail

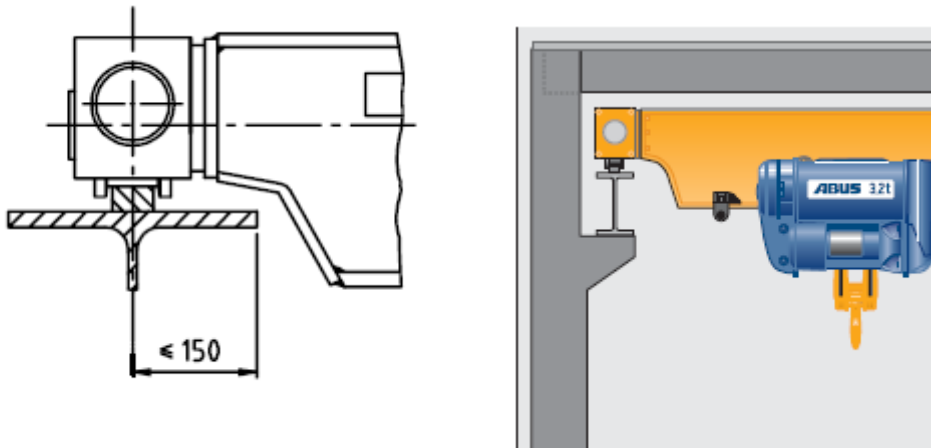
Els rails són una part estructural molt important ja que són els encarregats de subjectar els testers i com a conseqüència la biga del pont grua. Poden anar ancorats directament al sostre o també poden anar ancorat a voladissos de les parets. La seva col·locació be influenciada per la col·locació dels testers i també de les bigues. La seva posició es horitzontal perquè els testers no es desplacin lliurement degut al la gravetat. Poden estar situats bàsicament de dues maneres diferents: o assentats sobre voladissos que sobresurten de les parets o columnes de la fàbrica, o canviant la seva forma de rail i canviant-se per un perfil subjectat del sostre d'on penjaran els testers. Aqueta última segueix formant part de l'apartat de rails perquè malgrat aquest canvi radicalment la seva forma segueix servint per a la mateixa funció estructural.

El rail no es obligatori que sigui per un sol sinó que poden desplaçar-se més d'un, en aquest cas hi ha llocs on es delimiten les zones de treball mitjançant un final de cursa que primerament alenteix la velocitat i finalment acaba amb una parada d'emergència si sobrepassa un segon final de cursa.

Depenent de l'altura dels testers respecte les vies i la biga es poden obtenir diferències de màxima altura del pont grua i per tant més llunyania del punt de suport o també menys altura, fins i tot inferior però molt més proximitat amb el punt de suport. Mostrarem a continuació alguns exemples acompanyats dels seus corresponents plànols

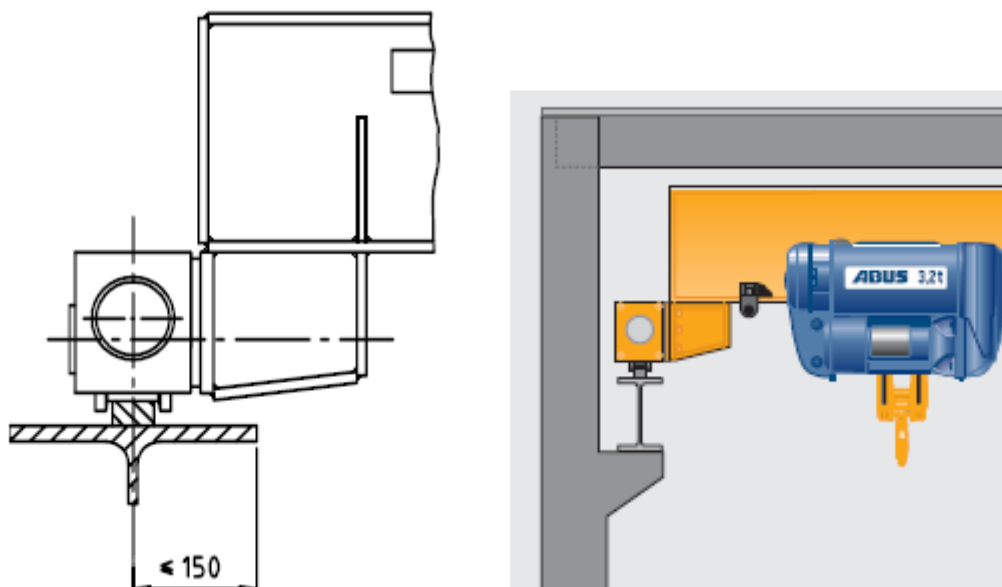
primerament dels casos on el tester reposa sobre de la via i el polispast és col·locat per sota de la biga. En aquests casos l'altura màxima be donada per l'altura del tester o biga.

- Quan la part superior de la biga té la mateixa altura que la part superior del tester.



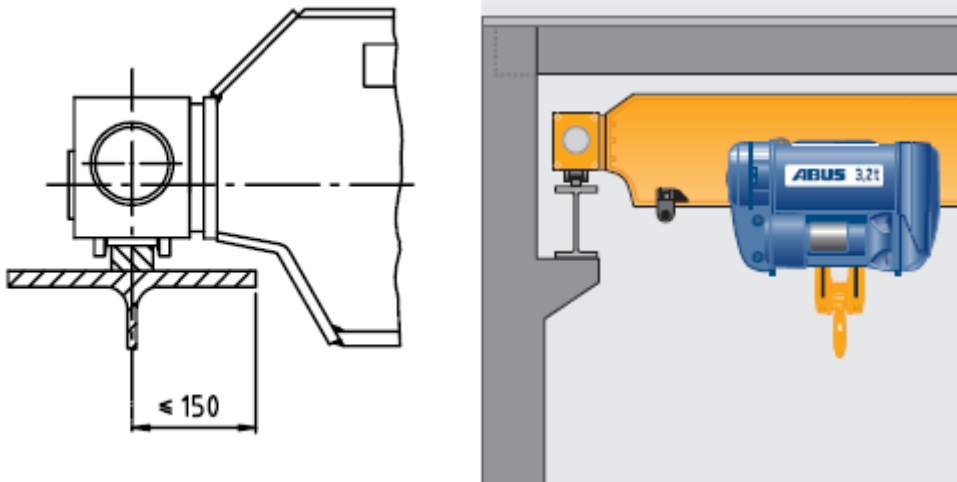
(D'esquerra a dreta) **Imatge 3.7 i 3.8** Esquema i imatge d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

- Quan la part inferior de la biga te la mateixa altura que la part superior del tester.



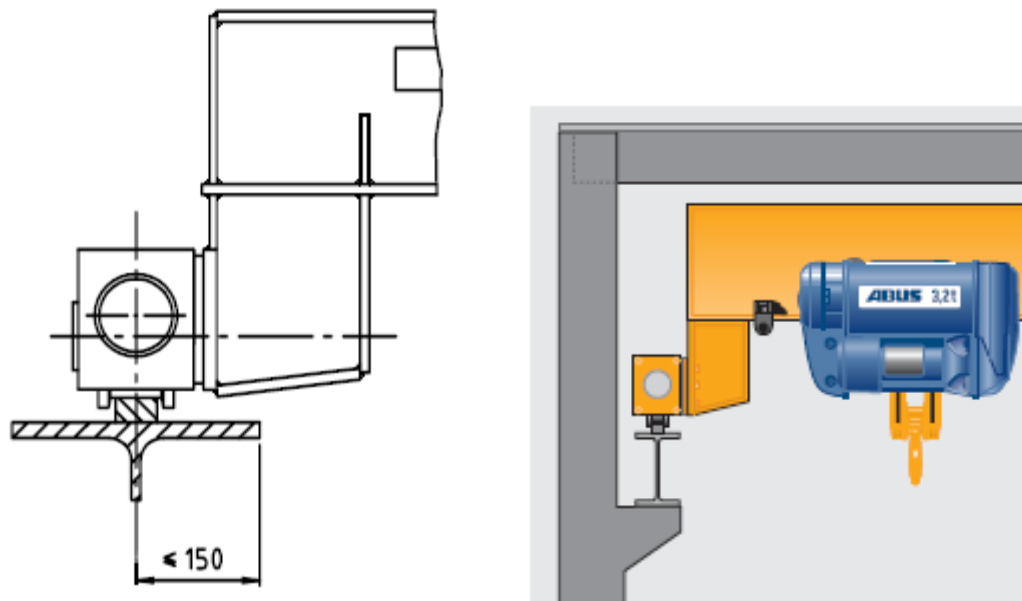
(D'esquerra a dreta) **Imatge 3.9 i 3.10** Esquema i imatge d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

- Quan la part superior i inferior de la biga estan per sobre i per sota respectivament de la part superior i inferior del tester.



(D'esquerra a dreta) **Imatge 3.11 i 3.12** Esquema i imatge d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

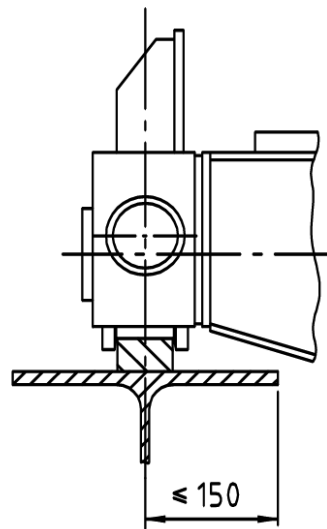
- Quan la part inferior de la biga és superior a la part superior del tester.



(D'esquerra a dreta) **Imatge 3.13 i 3.14** Esquema i imatge d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

Ara mostrarem els casos on el tester reposa sobre el rail i el polispast reposa sobre de la biga. En aquests casos la altura màxima be donada per la altura del polispast.

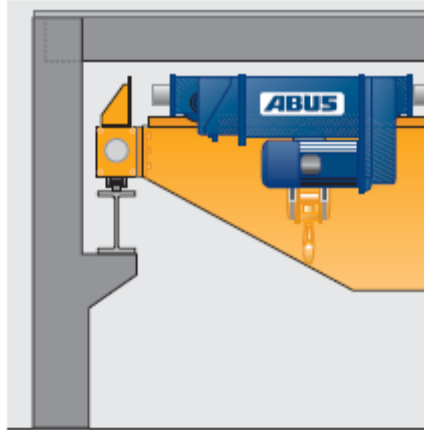
Esquemàticament els testers tenen sempre la següent estructura:



Imatge 3.15 Esquema d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

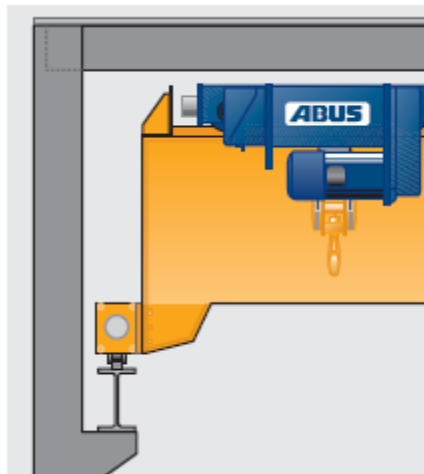
Mentre que la forma de la biga varia:

- Quan la part superior de la biga te la mateixa altura que la part superior del tester.



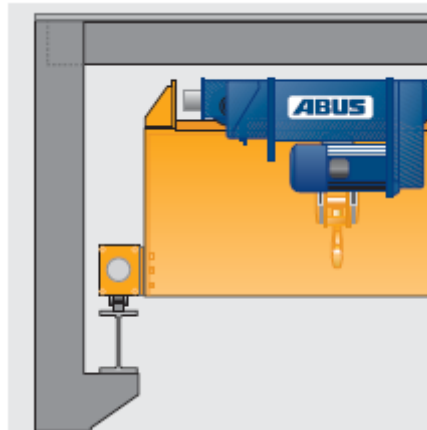
Imatge 3.16 Dibuix d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

- Quan la part inferior de la biga te la mateixa altura que la part superior del tester.



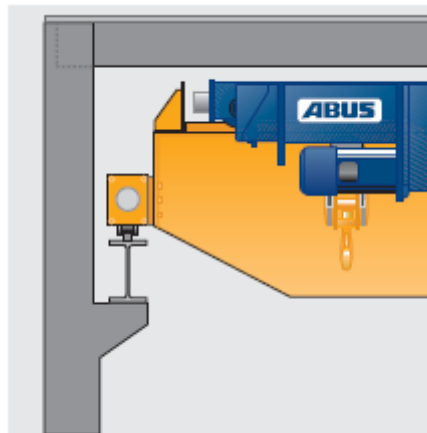
Imatge 3.17 Dibuix d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

- Quan la part inferior de la biga té la mateixa altura que la part inferior del tester.



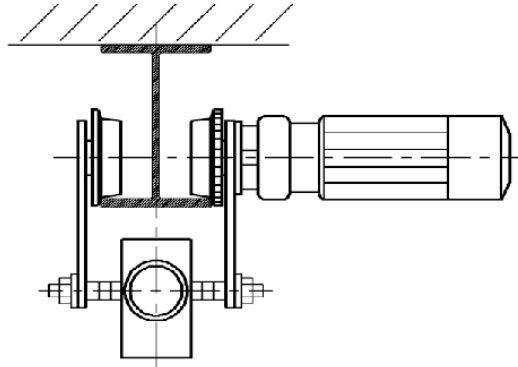
Imatge 3.18 Dibuix d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

- Quan la part inferior de la biga és superior a la part superior del tester.



Imatge 3.19 Dibuix d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

Finalment, mostrarem els cas on el tester es subjecta a la via que està per sobre seu. On la part esquemàtica mai varia.



Imatge 3.20 Dibuix d'un tipus de biga i tester d'un pont grua

- **Elements encarregats d'eleva la càrrega**

Els elements encarregats d'eleva la càrrega són tots els elements que agafen la càrrega i la manera de pujar-la. És poden distingir 3 elements bàsicament.

▪ **Polispast**

El polispast és l'element que està unit a la biga i és l'encarregat de realitzar tot el moviment longitudinal per tota la longitud de la llum. Aquest desplaçament es realitza amb un sistema motriu que té molta força, per que ha de transportar la càrrega d'un lloc de la biga a un altre. Aquest sistema és accionat per el corrent elèctric. La seva estructura teòrica està formada per politges col·locades simultàniament i en dues files, una sobre una altre. Amb la intenció de que el cable passi per cada una d'aquestes politges per la de a cada volta que fa es redueixi considerablement la força necessària per a aixecar la càrrega. Sol anar acompanya d'un motor potent per a que es pugui elevar la càrrega sense possibilitat a que aquesta es desprengui. Un altre element important dins del polispast són els cables que van de politja a politja, els quals depenen del seu límit elàstic i del seu desgast podran aixecar més càrregues i més pes o

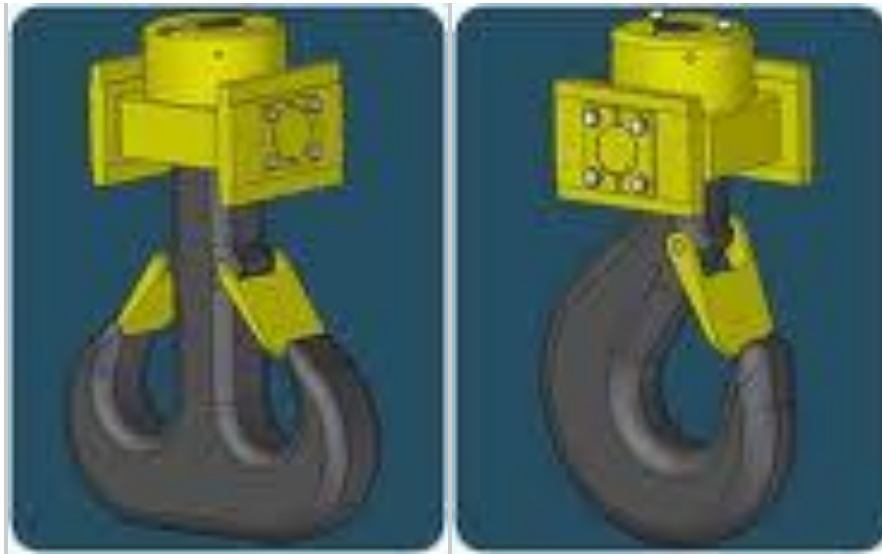
hauran de ser canviat amb més facilitat. Lligat a aquests cables trobem el ganxo on s'agafarà la càrrega. La quantitat de politges que conté un polispast és molt variable, però normalment són múltiples de dues unitats; ja que una unitat ha de estar subjectada al suport que fa la funció de politja fixa i l'altre va subjectada a l'element que subjecta la càrrega i fa la funció de politja mòvil. A cada dues unitats que afegeixis s'aconsegueix reduir el pes a elevar a la meitat. En resum, quan més grans sigui el valor del pes de la càrrega més gran serà el nombre de politges que contindrà el polispast.



Imatge 3.21 Dibuix d'un tipus de polispast que podria utilitzar-se en un pont grua.

- **Ganxo**

Els ganxos són els encarregats d'unir el cable que puja la càrrega amb l'element que agafa la càrrega. La seva forma, mida i material varia depenent les característiques desitjades però totes tenen elements de seguretat com per exemple una palanca que al subjectar la càrrega no permet que surti aquesta lliurement sinó es que es pressiona. També pot variar la quantitat de extrems com mostrarem a continuació a causa de haver de agafar més elements.



Imatge 3.22 Dibuix de dos tipus de ganxo que es podria utilitzar en un pont grua.

També es pot acompanyar aquest ganxo amb un cable tensor el qual reguli l'oscil·lació sobre si mateix que pugui fer el ganxo per evitar que el cable es malmeti abans del necessari i per dirigir la direcció de la càrrega. Enganxats al ganxo estan els elements que subjecten la càrrega del quals parlarem a continuació.

- **Elements que subjecten la càrrega**

Són tots aquells elements que tenen com a funció mantenir unida la càrrega amb el ganxo. Hi ha molts tipus però en destacarem alguns bastant utilitzats:

Primerament estan les eslingues que són una mena de cordes fetes de fibres molt resistents i normalment planes que van agafades al ganxo per ens extrems i en el mig reposa la càrrega. A continuació és mostra una imatge d'una càrrega subjectada per unes eslingues.



Imatge 3.23 Fotografia d'unes eslingues que es podrien utilitzar en un pont grua.

Un altre tipus de subjecció és per magnetisme utilitzat per agafar càrregues metàl·liques mitjançant un iman elèctric. Amb la magnetització o no magnetització d'aquest iman es permet agafar o deixar la càrrega.



Imatge 3.24 Fotografia d'un electroimant que es podria utilitzar per agafar la càrrega en un pont grua.

També és pot agafar la càrrega mitjançant l'operació de fer el buit sobre una superfície. Mitjançant unes ventoses que disminueixen la pressió en comparació a la pressió atmosfèrica i permet que aquesta es sustenti per mitja del teorema de Bernoulli.



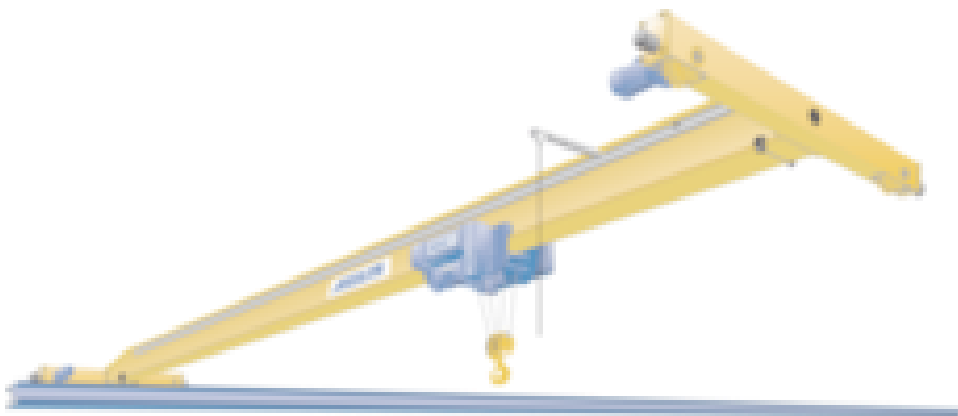
Imatge 3.25 Fotografia d'un sistema de succió que es podria utilitzar en un pont grua.

A continuació mostrarem les possibles combinacions dels elements que permeten classificar els diversos tipus de ponts grua. En aquestes combinacions només s'analitzaran els elements estructurals explicats anteriorment.

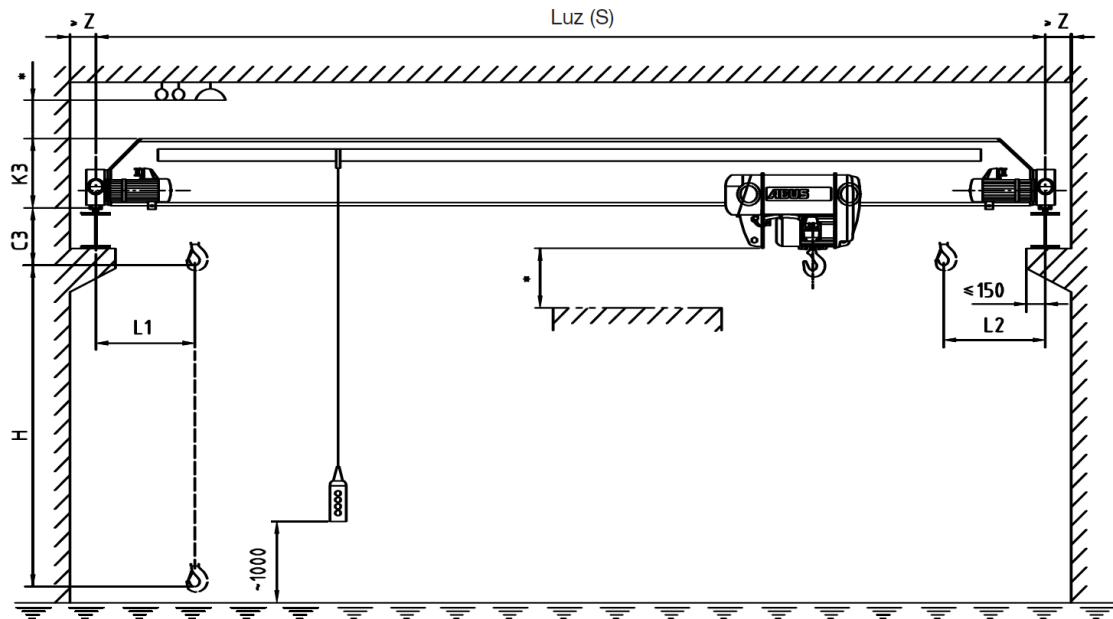
Coneixem ja els elements que formen els ponts grua, ara veurem els tipus de pont grua. Es poden distingir bàsicament quatre tipus on els elements normalment de sustentació varien en nombre o característiques entre ells: (tot el tema de distàncies estan explícites en el annex mitjançant taules de la pròpia empresa)

- **Pont grua monorail**

El pont grua monorail es caracteritza per tenir únicament una sola biga fet que fa que només pugui transportar i maniobrar una única càrrega per el conflicte que podria existir per col·lisió de càrregues. Els avantatges que té aquest tipus de pont grua respecte els altres són una gran adaptació a la altura de la nau gràcies a que pot estar el més alt possible i la càrrega es pot elevar a gran altura fet que treu elements de la zona de treball i possibilita molt més espai. Respecte al seu model immediatament similar, que és el pont grua amb doble rail, que l'avantatge que al només disposar d'una biga el pes del pont grua disminueix considerablement. Un inconvenient respecte al pont grua immediatament semblant és la menys possibilitat de càrrega que te ja que al disposar només d'una biga quan més llarga sigui la llum més possibilitat hi ha de doblegar-se.



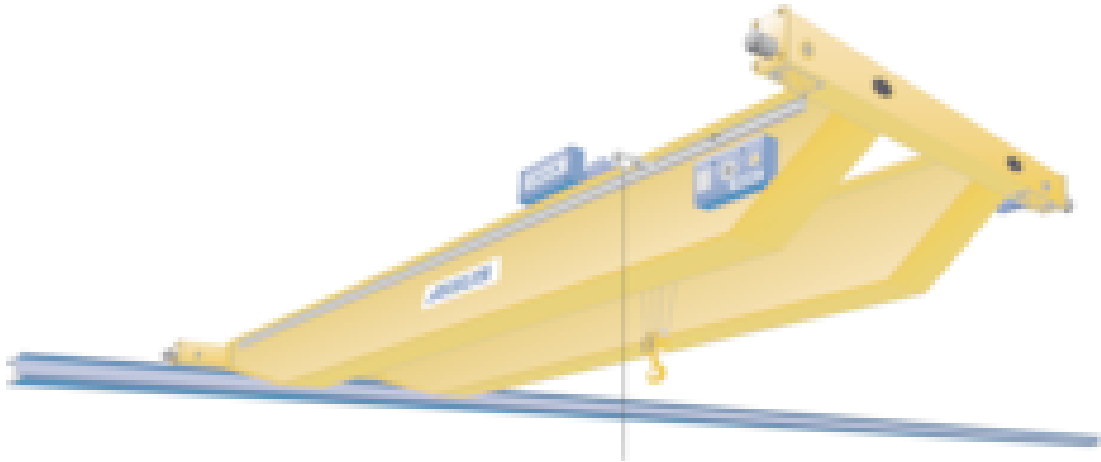
Imatge 3.26 Dibuix d'un pont grua monorail.



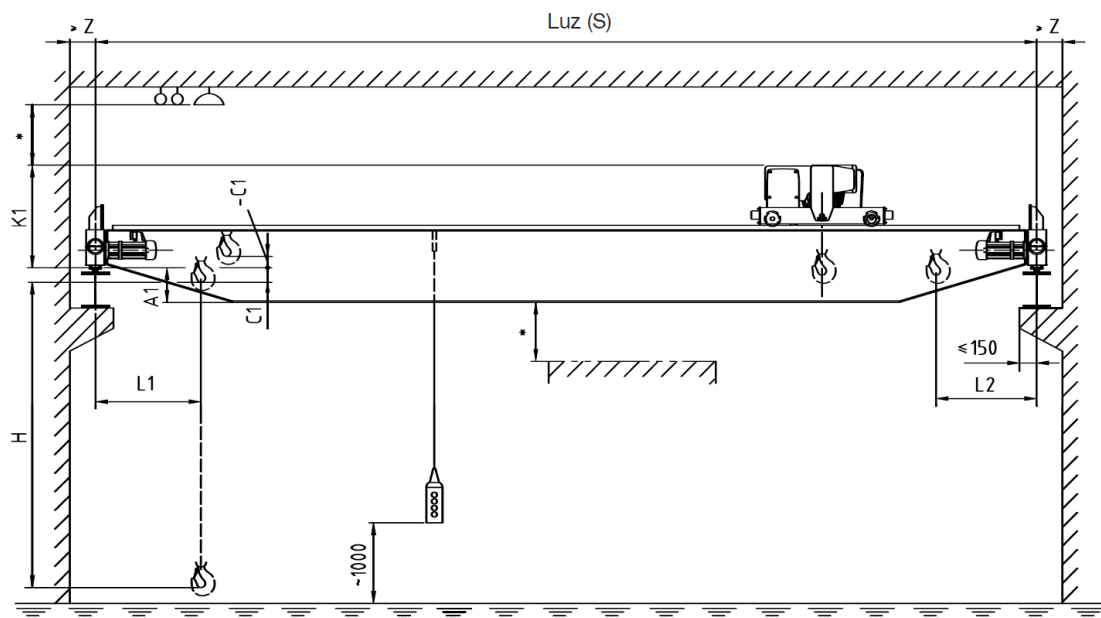
Imatge 3.27 Esquema d'un pont grua monorail.

○ Pont grua amb doble rail

El pont grua amb doble rail es caracteritza per tenir dues bigues centrals. Fet que fa la possibilitat de manejar càrregues més pesades, i de més envergadura. També pot facilitar el desplaçament i maniobra de dues càrregues al mateix temps però que variaria en funció de la distància existent entre les dues bigues segons fos major o menor. Els avantatges que permet aquest tipus de pont grua és una gran adaptació a la altura de la nau gràcies a que pot estar el més alt possible i la càrrega es pot elevar a gran altura fet que treu elements de la zona de treball i possibilita molt més espai com en el seu tipus immediatament similar. També al pesar més s'ha de valorar molt més el pes del pont grua i la corresponent força que li ha de suposar als testers que seran més potents i permetran una major velocitat. Com estan formades per dos bigues la llum pot ser més llarga ja que es més difícil que es dobleguin les bigues ja que una fa reforç de l'altre i a la inversa.



Imatge 3.28 Dibuix d'un pont grua amb doble rail.

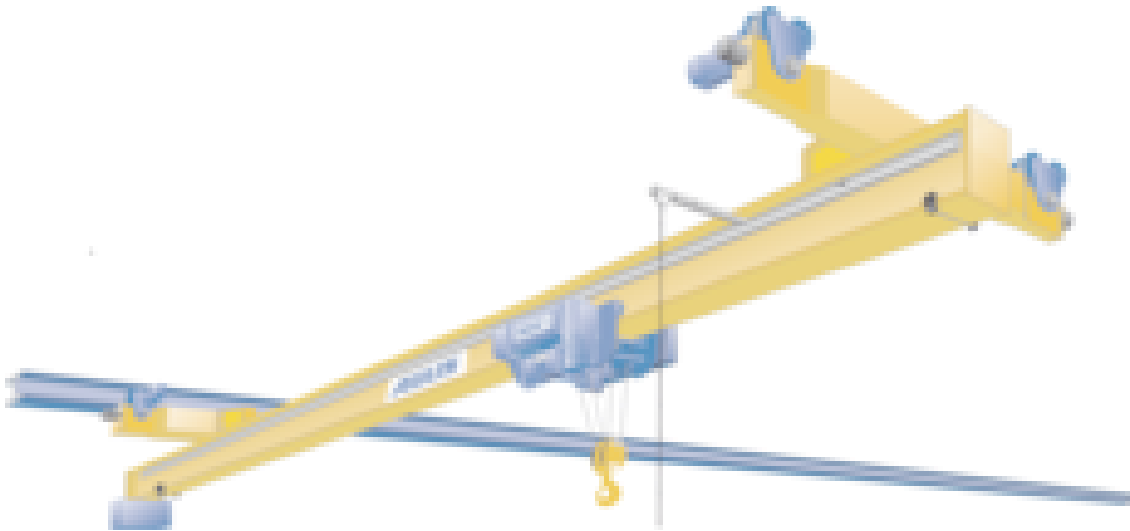


Imatge 3.29 Esquema d'un pont grua amb doble rail.

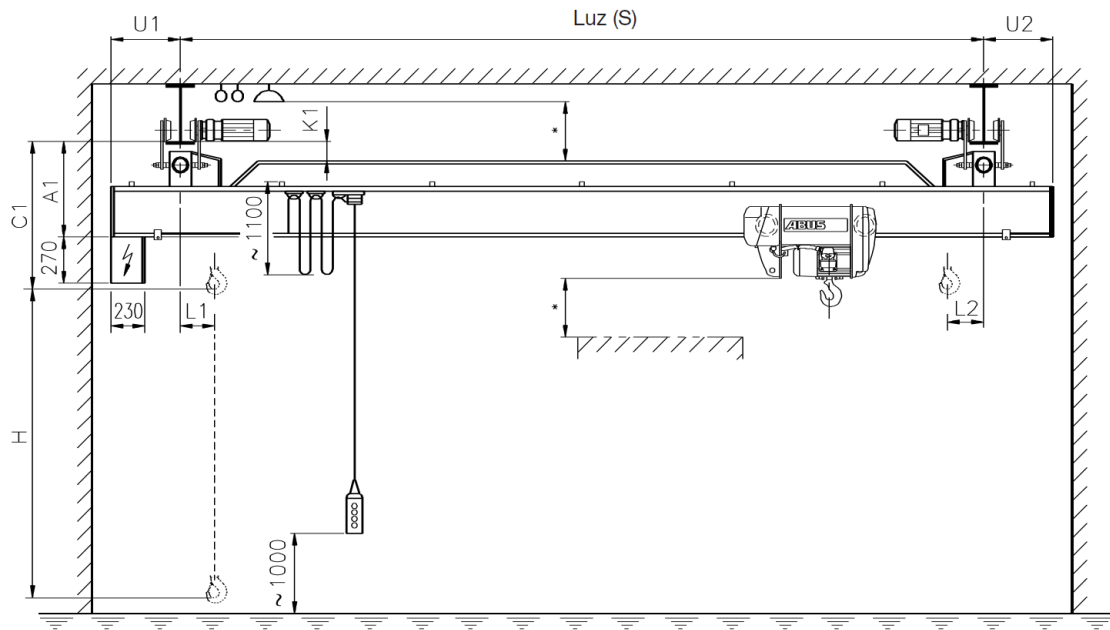
○ Pont grua suspès

El pont grua suspès es caracteritza per tenir els testers enganxats i penjat d'unes vies subjectades al sostre o a més altura que el pont grua; a diferència de tots els altres tipus on els rails es troben inferiors als testers i no estan penjats sinó que hi reposen sobre. Aquesta característica permet que degut a que la biga es més lleugera per què és subjectada, els testers poden ser més petits i és poden aproximar encara més a la

amplària de la nau fet que augmenta la zona de treball. Un inconvenient important és que al estar subjectada del sostre no se li pot demanar que agunti el mateix pes que un pont grua que es recolza sobre una columna. També una altre causa per la qual no es pugui carregar molt de pes és perquè al tenir només una biga quan més longitud tingui aquesta i més pes s'incorpori més possibilitat té de doblegar-se. En terme d'edificació resulta difícil la construcció ja que el seu pes i el de la càrrega ha de ser aguantat per un sostre que ja era aguantat per l' estructura de la nau fet que fa que s'hagin de tornar a fer el càlculs per determinar si les existents columnes podrien suportar a part del pes actual el del pont grua i la seva càrrega.



Imatge 3.30 Dibuix d'un pont grua suspès.

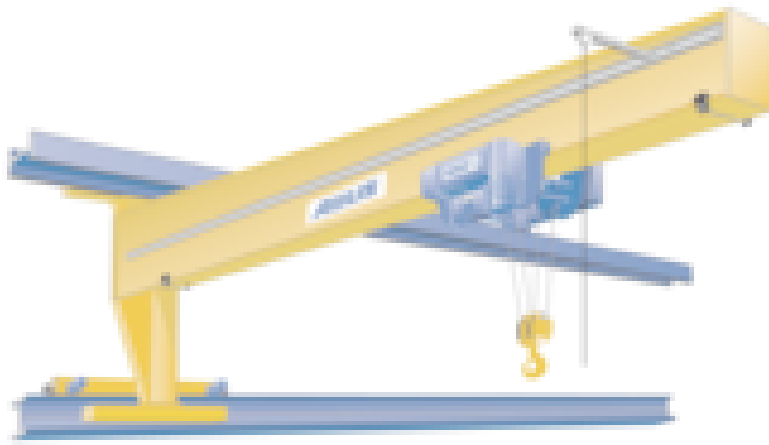


Imatge 3.31 Esquema d'un pont grua suspès.

○ Pont grua monorail de consola

És caracteritzat per a tenir les dues vies que la sostenen una sobre l'altre de manera que un extrem del pont grua quedi subjectat mentre que l'altre no i quedi al voladís. Un gran avantatge que presenta és que degut a que no és necessària la longitud de tota la nau permet establir diverses zones de treball o fins i tot poder treballar amb dues grues simultàniament una sobre l'altre en diferents rails però sempre vigilant amb que la longitud de la llum no fes que fossin incompatibles el treball de les dues alhora. Un gran inconvenient és que al estar les dues vies una sobre l'altre al tenir massa longitud de llum i càrrega no fes que el moment de força que es crearia respecte al punt de suport inferior trenqués o malmetés el punt de suport superior, és a dir, la biga superior.

Els elements encarregats de la sustentació es basaran en tots els elements que tenen una certa relació amb la estructura principal del pont grua, ja sigui la pròpia estructura o elements d'unió. Es poden distingir bàsicament quatre tipus on els elements varien en nombre o característiques entre ells.



Imatge 3.32 Dibuix d'un pont grua de consola.

A continuació s'indica com poden treballar dos pont grua a la vegada.



Imatge 3.33 Imatge del treball de dos ponts grues de consola simultàniament.

4. Entrevistes

Les entrevistes es van fer amb la intenció d'entrar més en l'entorn de treball dels ponts grua i poder distingir els elements i components estudiant-los en el seu àmbit general i dins del seu entorn de treball. I així poder observar i estudiar el seu funcionament i utilitat. De les entrevistes s'han buscat els elements importants per el que fa a estructura així assemblar-se als explicats en el treball.

Entrevista a Derbi

En aquesta entrevista es va apreciar un sistema que fan servir en les seves cadenes de muntatge. La seva principal tasca era possibilitar un moviment en totes les direccions sobre el un mateix pla al operari. El qual aprofitava la seva força per poder moure les motos d'una banda a una altra de la cadena per tal de poder continuar amb el procés de muntatge. Aquest sistema és un pont grua però amb petites adaptacions pel treball a realitzar.

- **Descripció dels elements**

Un dels elements principals del pont grua és la biga. Feta de la composició d'aliatge de ferro i carboni que constitueixen l'acer. El qual li dona al nou material una relativa duresa i tenacitat però que a temperatures properes al seu punt de fusió (1808,15 K) es transforma en un material bastant mal·leable que permet donar-li formes de perfils. I així són molt útils per formar estructures i al mateixa vegada dona molta més resistència a la estructura. La característica de la duresa significa que no té facilitat per ser ratllat, que és molt important des de el punt de vista del desgast per repetició de moviments. La tenacitat que és la resistència que oposa el material a ser doblegat o trencat també és molt important perquè les bigues s'hauria d'intentar que no es dobleguessin i menys es trenquessin. Té una secció de forma quadrada per augmentar la resistència i té una forma de dues "Y" oposades on queden dos punts de subjecció per cada testera formant un total de quatre punts de subjecció. (Veure imatge 4.1) La seva funció principal és

mantenir units el polispast amb els testers i també delimitar la distància entre els dos carrils degut a que la llargària de la biga no pot tenir molta llargària perquè sinó hi ha una gran possibilitat de vinclament.

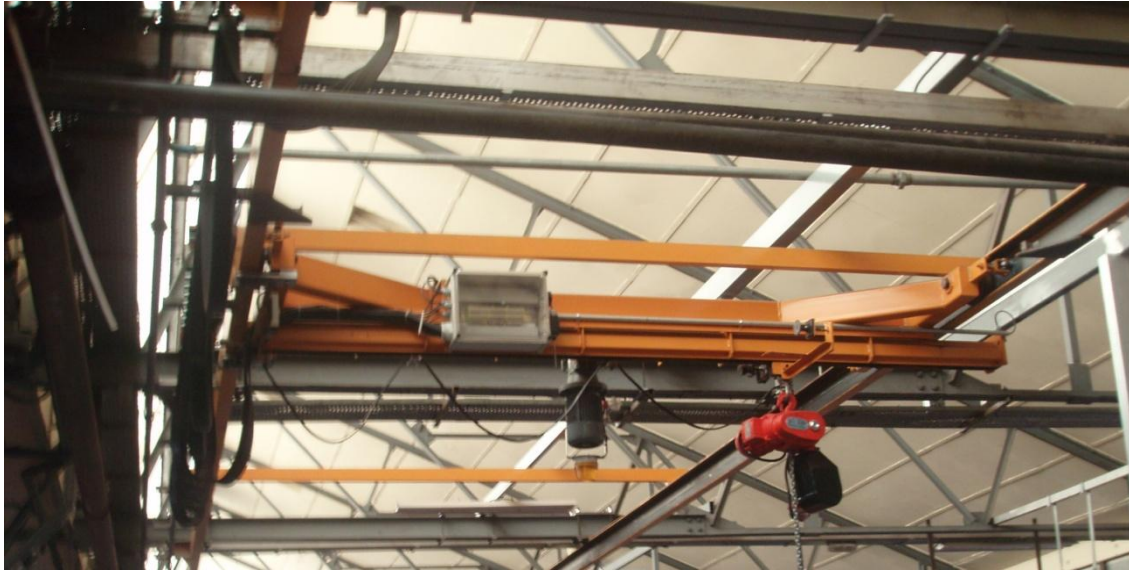
En la mateixa imatge també es poden apreciar els rails a ambdues bandes de la biga. Formats també per acer però aquest cop amb una forma de perfil de “U” per poder contenir els testers en el seu interior. La seva longitud ve determinada per la llargària que es vol que tingui el moviment però sempre pensant com en les bigues que quan més llargs són més possibilitat de vinclament existeix. En el cas de la empresa podem veure com estan collats a uns travessers que van de punta a punta de la fàbrica degut a que el sostre de la nau era molt més elevat que la altura necessària del pont grua. En la següent diapositiva apareix un pla més detallat la unió entre els testers i els punts de suport de la biga. Els testers com es pot observar té una estructura plana també de acer amb uns ancoratge que suporten el pes total de la biga. També es pot observar que entre suport i suport està la roda o rodament que es desplaça sobre el rail per tal de que sigui un moviment sense variacions. El eix que suporta la roda o rodament ha de ser molt gruixut i curt ja que aguantarà molt més el pes de la biga i així els recolzaments dels testers no han de suportar tant pes sinó mantenir la biga alineada. Normalment els testers a cada banda tenen un motor que els permet maniobrar en les dues direccions però en aquest cas els motors estaven en els extrems de els rails, i per mitjà d’unes cadenes feia que els testers es moguessin d’una banda a una altra dels rails. (Veure imatge 4.2)

També conté un motor penjat d’un rail situat sota l’eix principal de la biga amb la finalitat de aixecar el pes que es necessita però no d’un polispast que permetés aixecar més càrrega sense tant esforç. (Veure imatge 4.3) El motor es pot moure en la direcció de la biga en ambdues direccions però tendeix a anar cap a un costat (el no mostrat a la imatge) per l’efecte de la gravetat degut a que el rail estava inclinat amb la intenció de que sempre s’iniciés i es finalitzés el procés en el mateix lloc. La finalitat de que el procés s’iniciés i finalitzés en el mateix lloc era la següent: el moviment lateral estava mecanitzat i només es desenvolupava si activava uns sensors que estaven en la part més baixa del rail del motor. Aquest sensor consistia en que quan el motor arribava a la part més baixa uns electroimants s’activaven no permetent que el motor es mogués i el moviment s’iniciava; en el moment que l’operari de l’ancre cinta necessita la motocicleta desplaçava el motor cap a la part més alta del rail del motor degut a que els electroimants no estaven activats per que el desplaçament lateral havia finalitzat, un cop finalitzat aquest procés (ja sense la motocicleta) el motor retornava a la part més

baixa del rail del motor provocant el moviment de retrocés cap a la situació inicial on es tornaria a repetir aquest procés. El pont grua disposa d'un comandament que es pot controlar amb la mà fàcilment i que estava enganxat mitjançant el seu propi cablejat al canaló que contenia totes les vies elèctriques. (Veure imatge 4.4) Estava format per tres simples funcions: la roda de dalt de tot servia per a regular la velocitat del moviment lateral, el pulsador de la esquerra és l'aturada d'emergència i per últim baix a la dreta esta el regulador encarregat de la longitud del cable del motor. Pel que fa al tema de seguretat i prevenció el pont grua constava de un correcte sistema per emmagatzemar un cablejat elèctric de dimensionament pla per tal de no malmetre'l i permetre la elongació de la seva vida útil sense patir per el possible trencament. (Veure imatge 4.5) També hi havia un quadre elèctric amb la corresponent senyalització de cada magneto tèrmic i la seva corresponent placa on es senyalitzava les característiques elèctriques del pont grua així com el seu voltatge, potència, càrrega màxima, entre altres. La funció d'aquest magneto tèrmics són protegir el circuit elèctric de curtcircuits i de possibles pics d'intensitat. (Veure imatge 4.6) També disposava de avisadors lumínics que eren situats sota el motor i als extrems d'una barra de protecció. Amb la finalitat d'advertir el personal de l'empresa que s'estava realitzant una maniobra, és a dir, que el pont grua es mouria i s'interposaria en el seu camí sense possibilitat d'esquivar-lo.

- **Imatges de la visita**

En aquesta imatge es pot observar la forma de l'estructura del pont grua de l'empresa Derbi així com el seu pla general.



Imatge 4.1 Panoràmica del pont grua de l'empresa Derbi.

En aquesta imatge es pot veure dins del rail el tester, així com també les seves unions amb les bigues.



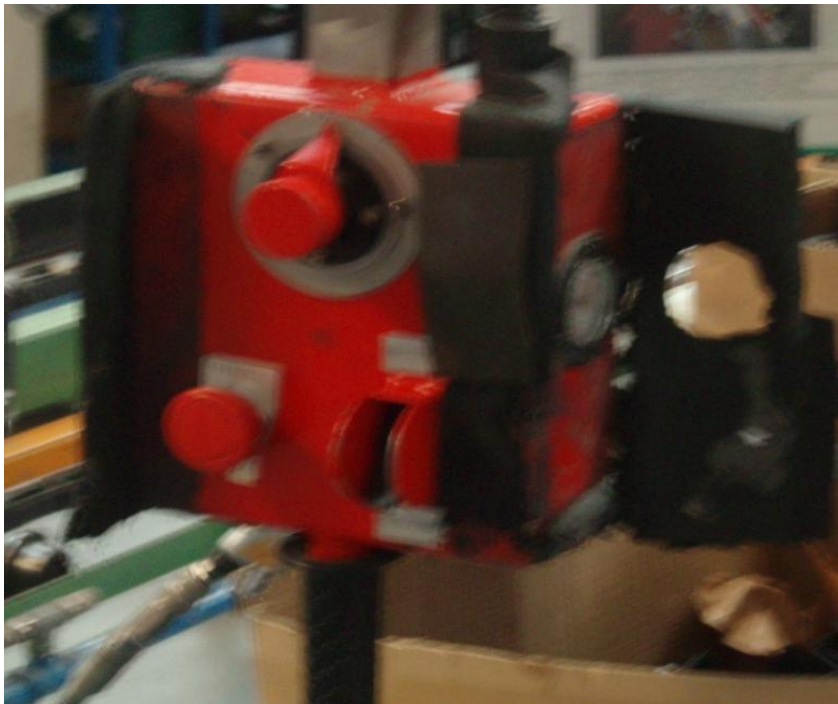
Imatge 4.2 Pla detallat dels testers del pont grua de l'empresa Derbi.

En aquesta imatge es pot veure la part inferior de la biga així com la seva situació.



Imatge 4.3 Pla contrapicat del pont grua de l'empresa Derbi

En aquesta imatge es pot veure el comandament de control.



Imatge 4.4 Pla detallat del comandament de control del pont grua de l'empresa Derbi.

En aquesta imatge es pot observar la manera de recollir el cablejat elèctric.



Imatge 4.5 Pla detallat del cablejat del pont grua de l'empresa Derbi.

En aquesta imatge es poden veure les característiques impreses en la placa de les característiques del pont grua de l'empresa Derbi, així com l'any de fabricació, la matricula, el tipus de grua, la pressió màxima i la capacitat màxima de pes.



Imatge 4.6 Pla detallat de la placa de les característiques del pont grua de l'empresa Derbi.

Entrevista a Adif

En aquesta entrevista es va apreciar un sistema que és una part estructural d'una tuneladora. La seva principal tasca era traslladar des del camió els segments de túnel i després col·locar-los a la cinta transportadora de la tuneladora que després seran col·locats en el túnel. Aquest sistema és un pont grua però que en comptes d'estar assentada en les parets o columnes de la empresa, la grua té els seus propis suports els quals són mòbils per permetre el moviment lateral del pont grua. Degut a la seguretat interna de l'obra no va poder ser tant profitosa la sortida i només es van poder fer fotografies des de fora de les instal·lacions.

- **Descripció dels elements**

Aquest pont grua és del tipus pont grua de doble rail. Una de les seves característiques més importants és que els seus punts de suport formen part del mateix pont grua i no són elements de la estructura del edifici com en el cas anterior. (Veure imatge 4.7) Per

el que fa referència a la seva estructura està formada per acer que és un aliatge de ferro i carboni. Té forma rectangular i al final dels dos extrems acaba en un pla una mica inclinat (Veure imatge 4.8) Totes les bigues són formades per perfils d'acer soldats i reforçats amb uns diagrames verticals com a la majoria de tots els ponts grua. Respecte a la unió entre les 2 bigues es va utilitzar un nou perfil rectangular que està ancorat mitjançant una sèrie de cargols i femelles que subjecten tota la unió. La seva principal funció és mantenir les dues bigues sempre unides i que la separació entre les dues mai variï ja que això provocaria un descarrilament del tester que va per damunt d'aquestes dues bigues. (Veure imatges 4.7 i 4.9) Com es pot veure en la següent imatge els tester es desplaça entre les dues bigues. A diferència dels altres pont grua on els testers subjecten les bigues i aquest es desplacen per damunt de unes vies; en aquest pont grua els testers subjecten directament el polispast i el seu corresponent element que permet encara la càrrega, el tester es desplaça per damunt de les bigues i aquestes descansen sobre unes potes. Aquestes potes també són formades per acer i no son perpendiculars respecte al terra, sinó que es troben lleugerament inclinades cap al centre de la estructura per tal de la possibilitat de oscil·lacions durant el desplaçament lateral fos el mínim. Per damunt de tota les bigues i dels tester hi ha col·locades baranes per tal de facilitar el manteniment de les instal·lacions i garantir la seva seguretat. Per pujar la càrrega s'utilitza un doble sistema de polispast per tal de que aquesta no oscil·lés. En el cas de que la càrrega hagués oscil·lat i es volgués redirigir la càrrega existeix un 5 cable que fa de tensor perquè la càrrega tornés a la posició inicial. (Veure imatge 4.10) El sistema del ganxo és del tipus doble ganxo on estan oposats dos ganxos per tal de poder agafar amb les eslingues les càrregues. (Veure imatge 4.11) La unitat de control es comunicava amb l'operador grua per mitja de radiofreqüència. Les operacions eren dirigides per l'operador que està situat al terra i transmet les comandes al sistema de control que està acoblat en un lateral en una de les dues bigues. (Veure imatge 4.12) Per tal que el sistema elèctric cablejat impedís el moviment es traslladava des de el tester fins a l'exterior per mitjà d'una escaire. (Veure imatge 4.13) Després s'utilitza un sistema per emmagatzemar el cable, molt utilitzat en les grues per tal de que no es faci malbé. (Veure imatge 4.14) Aquest sistema consisteix en agafar unes certes dimensions concretes del cablejat que és desplaçarà per una barra situada en les barreres de protecció (Veure imatge 4.15) Els segments subjectats quedaran sempre a sobre mentre que mitjançant l'efecte de la gravetat la meitat entre aquest punts queia, doblegant en forma de ziga-zaga el cable de manera que sempre acaba amb la mateixa

forma i així no es malmet amb el moviment. Finalment per a realitzar el moviment lateral que situa el pont grua damunt de les instal·lacions de la tuneladora, és a dir la seva cinta transportadora, els suports del pont grua es desplacen per damunt d'unes vies. (Veure imatge 4.16) Aquest desplaçament per damunt de les vies es realitza mitjançant uns potents motors que estan acoblats a cadascuna de les potes de les del pont grua, que també són controlades per l'operador. (Veure imatge 4.17)

- **Imatges de la visita**

En aquesta imatge es pot veure el pont grua de l'empresa Adif.



Imatge 4.7 Pla general del pont grua de l'empresa Adif.

En aquesta fotografia es pot veure l'element que uneix les dues bigues.



Imatge 4.8 Pla detallat de l'element que uneix les dues bigues del pont grua de l'empresa Adif..

En aquesta imatge es pot veure els testers del pont grua que es desplacen entre les dues bigues.



Imatge 4.9 Pla detallat dels testers del pont grua de l'empresa Adif.

En aquesta imatge es poden veure els elements encarregats de subjectar la càrrega.



Imatge 4.10 Pla detallat del polispast i dels ganxo del pont grua de l'empresa Adif.

En aquesta imatge es pot veure el polispast i el ganxo del sistema per agafar càrregues.



Imatge 4.11 Pla detallat del ganxo i del polispast del pont grua de l'empresa Adif.

En aquesta imatge es pot veure la unitat de control que realitza totes les funcions del pont grua.



Imatge 4.12 Pla detallat de la unitat de control del pont grua de l'empresa Adif.

En aquesta imatge es pot veure el sistema que s'encarrega que el cable no dificulti el moviment del tester per el pont grua.



Imatge 4.13 Pla detallat de l'element de seguretat que protegeix el cable del moviment d'un pont grua de l'empresa Adif.

En aquesta imatge es pot veure el sistema que s'utilitza per emmagatzemar el cablejat elèctric per tal que aquest no es faci malbé.



Imatge 4.14 Pla detallat de l'element que enrotlla el cable del pont grua de l'empresa Adif.

En aquesta imatge es pot veure en que consisteix el sistema que enrotlla el cablejat.



Imatge 4.15 Pla detallat del sistema que enrotlla el cable del pont grua de l'empres Adif.

En aquesta imatge es pot veure la funció que feia el pont grua respecte a la cinta transportadora de la tuneladora.



Imatge 4.16 Pla general de la obra de la tuneladora de l'empresa Adif.

En aquesta imatge apareix un dels potents motors utilitzats per a moure tota la estructura del pont grua.



Imatge 4.17 Pla detallat dels motors de les potes del pont grua de la empresa Adif.

5.Lleis i decrets PRL

Quan parlem de lleis i decrets PRL (prevenció de riscos laborals) ens referim a les mesures de seguretat que són necessàries en la construcció de qualsevol tipus de grua però en aquest cas ens centrarem, majoritàriament, en explicar els riscos, mesures de seguretat i d'altres factors importants quan ens referim al pont grua.

Primerament centrarem l'atenció en els riscos i factors de risc que podem trobar quan parlem d'aquest tipus de màquina així com les mesures de seguretat mínimes, els dispositius dels que ha de constar aquest i importants factors a tenir en consideració com serien, per exemple, els accessoris d'elevació o el manteniment, entre d'altres.

Riscos i factors de risc

Definim riscos laborals com la possibilitat que un treballador pateixi qualsevol tipus de danys a causa d'estar davant l'exposició de perills associats al treball que realitza.

De la mateixa manera podem definir els factors de risc com el desplaçament de l'equip incloent o no la corresponent càrrega i la possible interacció amb el personal o amb altres màquines o objectes que es trobin dins la zona de desplaçament del pont grua. Trobem diferents tipus de factors de risc entre els que seria important destacar: els mecànics, electrònics, per problemes energètics i factors de riscos provocats per una falta i/o inadequació de mesures de seguretat.

Tipus de Riscos

Troblem diferents tipus de riscos entre els que seria convenient destacar i analitzar:

- Riscos mecànics
- Riscos elèctrics
- Riscos produïts per problemes de disseny

- Riscos produïts per problemes a l'alimentació d'energia i altres trastorns funcionals
- Riscos produïts per l'absència i/o inadequació de mesures de seguretat

- **Riscos mecànics**

Els riscos mecànics es poden donar per diferents factors com per exemple, en cas de que la grua o les càrregues esdevinguin un perill a l'hora d'efectuar moviments que provoquen abalanzaments i/o encallaments. Seria també convenient mencionar el perill existent per l'impacte que es pugui produir per la càrrega. És oportú, doncs, mencionar que la pèrdua d'instabilitat de la càrrega o de la pròpia grua en qualsevol moment pot provocar un dels majors riscos mecànics que podem trobar i que, en conseqüència, també podria arribar a produir trencaments als elements de la grua (els quals també es veuen influenciats per l'envelliment, la fatiga, etc.)

- **Riscos elèctrics**

Els elèctrics són els riscos menys comuns però és, de totes maneres, imprescindible tenir-los presents en tot moment. Bàsicament trobem dos riscos laborals de caràcter elèctric. Considerem com a risc elèctric quan parlem de contacte elèctric entre diferents elements; ja siguin de manera directa o indirecta. És important tenir en compte els riscos tèrmics que es poden produir pel contacte entre diferents elements i/o la resistència que aquests ofereixen al realitzar la funció pertinent.

- **Riscos produïts per problemes de disseny**

Considerem la falta d'il·luminació localitzada com un risc greu produït per la falta de previsió a l'hora de realitzar el disseny pertinent del pont grua. També seria important destacar que les postures forçades i/o esforços excessius són importants riscos que s'originen al disseny i utilitzar-ho per crear el pont grua amb el que es treballarà.

- **Riscos produïts per problemes en l'alimentació d'energètica**

Quan ens trobem davant de problemes en l'alimentació de l'energia (en concret dels circuits de potència i/o comandaments) o quan els problemes s'originen al sistema de comandament (a l'hora d'arrancar o accelerar) parlem de riscos produïts per problemes a la alimentació d'energia i als trastorns funcionals.

- **Riscos produïts per l'absència i/o inadequació de mesures de seguretat**

Parlem de riscos produïts per l'absència i/o inadequació de mesures de seguretat quan ens referim a la inexistència o disseny inadequat de punts de resguard o dispositius de protecció per als operaris. Podem també referir-nos a aquests parell de riscos si parlem de dissenys inadequats als dispositius d'accionament i aturament. L'absència o inadequació de senyals i pictogrames de seguretat així com l'absència o inadequació als dispositius d'aturament d'emergència són considerats riscos laborals a destacar en aquest punt. Quan els mitjans per a la càrrega o descarrega no es realitzen de la manera adient es creen riscos laborals a tenir molt en comte a l'hora d'actuar. Els accessoris a les operacions de calibratge i/o manteniment han d'ésser perfectament revisats. Seria també pertinent destacar la importància d'equipaments a caire individual del personal i tot individu que es trobi a certa distància de tota màquina i/o càrrega.

A més dels riscos anteriorment esmentats hem de tenir sempre presents els riscos laborals que són existents sempre que parlem de qualsevol tipus de grua: com, per exemple, la inhalació de substàncies nocives, així com la caiguda de persones des de una altura, l'estrès tèrmic per calor o fred, o el trauma provocat per la possible contaminació acústica.

Mesures de prevenció; equipament de les grues

Dispositius de seguretat

Seria important saber que els dispositius de seguretat poden variar segons els estils de grua utilitzats i/o segons els resultats obtinguts després de realitzar l'avaluació de riscos.

Aquests són els dispositius de seguretat que es tenen en compte quan parlem d'equipament de la grua:

- Dispositius antixocs
- Enclavament de la grua
- Límit d'afluixament del cable
- Límit d'altura d'elevació superior e inferior
- Límit d'altura d'elevació de seguretat
- Límit de la càrrega
- Límit de transport o de gir
- Pestell de seguretat
- Senyal acústica
- Senyals òptiques lluminoses
- Aturament d'emergència

- Dispositius antixocs: És un dispositiu que impedeix la col·lisió de grues que tinguin zones d'acció coincidents.
- Enclavament de la grua: És un dispositiu de fixament que preveu el desplaçament de la grua un cop situada aquesta en una posició de repòs.
- Límit distensió del cable: És un dispositiu que evita els possibles riscos generats per distensió del cable.

- Límit d'altura d'elevació superior e inferior: És un dispositiu per a impedir que l'accessori de pressió de la càrrega s'elevi/descendeixi de forma que, pugui colpejar l'estructura de la grua o sobrepassar el límit superior o inferior establert.
- Límit d'altura d'elevació de seguretat: És un dispositiu redundant, com a element de seguretat, que impedeix que la càrrega colpegi l'estructura de la grua, si falla el dispositiu anterior.
- Límit de la càrrega: És un dispositiu automàtic que impedeix la manipulació de càrregues que excedeixin de la capacitat nominal establerta.
- Límit de transport o de gir _Són uns dispositius que impedeixen tot moviment, entre els camins de rodatge o de gir respecto del seu eix, que superin els límits establerts.
- Pestell de seguretat: És un dispositiu mecànic que impedeix que es desenganxin involuntàriament els elements de subjecció de la càrrega.
- Senyal acústica: És l'element de senyalització sonora que indica el funcionament del pont grua.
- Senyals òptiques lluminoses: Són els elements de senyalització lluminosos que indiquen el funcionament de la grua.
- Aturament d'emergència: És el dispositiu d'accionament manual, que és polsat, assegura la immediata desconexió de tots els elements motors de la grua i impedeix el seu funcionament intempestiu sent desenclavat.

Disposicions i instal·lacions bàsiques per a un pont grua

Independentment de si la grua posseeix o no el marcat CE, l'usuari haurà de realitzar l'avaluació de riscos en funcionament de les operacions i de la ubicació real de la grua tot indicant els elements de seguretat addicionals precisos per a garantir el seu funcionament de forma segura. A la taula 1 observem com es relacionen les normes i les mesures de seguretat bàsiques per als pont grua que s'indiquen en aquestes.

Elements de seguretat bàsics per a un pont grua

Els elements que es consideren bàsics quan ens referim als aspectes de seguretat en un pont grua són els següents:

- Botonera de control, amb clara senyalització diferenciada dels comandaments.
- Dispositiu d'aturament d'emergència, clarament identifica, que talla el circuit elèctric de tots els elements de la grua exceptuant els dispositius de subjecció de la càrrega, està dotat d'un dispositiu que impedeix el seu re-activament involuntari.
- Centre de botons de control mòbils, seran de comandament sensitiu, aturant-se automàticament la maniobra si es deixen de polsar.
- Dispositiu de bloqueig de seguretat, amb clau, per a evitar la utilització dels controls per personal no autoritzat.
- Dispositius de final de carrera superior i inferior al mecanisme d'elevació.
- Finals de cursa de trasllat del carro.

- Finals de cursa de trasllat del pont i pòrtic.
- Dispositius encarregats de la limitació de càrrega.
- Dispositiu de seguretat que previngui la caiguda de la càrrega durant la seva manipulació.
- Ganxos d'elevació equipats amb pestell de seguretat.
- Indicació, clarament visible, de la càrrega nominal.
- Baranes adequades de protecció a tots els accessos elevats.
- Cartells de senyalització dels riscos residuals.

Normes constructives relacionades amb la seguretat

Les mesures de prevenció han de sintetitzar totes les etapes de la “vida” del pont grua, és a dir, al disseny, emplaçament, instal·lació, utilització, manteniment, revisió i d'altres. L'avaluació dels riscos derivats de l'emplaçament de la grua, ha de realitzar-se prèviament a la seva instal·lació i per a la seva realització, els analistes han d'aplicar la seva experiència en processos d'utilització de grues en àmbits similars.

Accessoris d'elevació i eslingat

Els accessoris (eslingues, cadenes, cables, etc.), han de posseir la mateixa seguretat i viabilitat que la resta dels components de la grua i, les seves característiques, sistemes de verificació, control i revisions han de formar part de la informació per a facilitar als

operadors de la grua i figurar a la documentació d'aquesta. Per a això tots els accessoris disposaran del corresponent marcat CE i a les seves plaques de identificació figuraran, entre d'altres marques, el nom del fabricant i la càrrega màxima permesa. La reposició d'accessoris es realitzarà únicament amb elements certificats i de característiques idèntiques a les originals. Quan s'utilitzin aquests, disposaran del seu corresponent marcat CE, el seu manual d'instruccions i la seva placa de característiques, requerint figurar al manual d'utilització de la grua, cabina de la mateixa i/o a les instruccions de l'operari encarregat de la grua les limitacions de càrrega i/o activitat que imposa la utilització d'un o altre accessori.

Instal·lació i muntatge

A la instal·lació i muntatge de les grues, com a qualsevol altre activitat similar, s'han d'aplicar les regles de prevenció de riscos que emanen de la correcta avaluació d'aquests mateixos en cada operari i que ha de contemplar ineludiblement la correcta formació de les persones que les realitzen, la utilització correcta dels equips de protecció individual o EPI, l'ús d'utensilis i mitjans d'accés adequats. La instal·lació i muntatge s'han de basar estrictament en les instruccions del fabricant.

Manteniment

És molt important seguir escrupolosament les pautes i criteris de manteniment bàsic que el fabricant inclou al Manual d'instruccions, que obligatòriament ha de proporcionar amb cadascuna de les màquines i que ha d'estar redactat en l'idioma del país a on s'utilitza l'equip.

El manteniment el realitzarà el fabricant, empreses conservadores autoritzades o l'usuari si disposa de personal especialitzat del tipus de grua concreta.

6.Construcció teòrica de pont grua

Centres de gravetat

El centre de gravetat és el punt d'aplicació del pes, que respecte de qualsevol punt provoca un moment igual a la suma de moments dels diferents pesos dels elements distribuïts del cos.

La seva equació és:

$$\vec{r}_{cdg} \cdot \vec{p} = \sum (\vec{r} \cdot d\vec{p})$$

On \vec{r}_{cdg} és la posició del centre de gravetat i \vec{r} el vector de posició d'un element del cos de pes $d\vec{p}$.

Considerem que el pes d'un element és $d\vec{p} = dm \cdot \vec{g}$ i per tant el pes total és $\vec{p} = \sum dm \cdot \vec{g}$. Llavors l'equació queda així :

$$\vec{r}_{cdg} \cdot \sum (dm \cdot \vec{g}) = \sum \vec{r} \cdot (dm \cdot \vec{g})$$

Com que \vec{g} és constant :

$$\vec{r}_{cdg} \cdot \vec{g} \sum dm = \vec{g} \cdot \sum \vec{r} \cdot dm$$

Simplificant la gravetat l'equació final que així:

$$\vec{r}_{cdg} \cdot \sum dm = \sum \vec{r} \cdot dm \Rightarrow \vec{r}_{cdg} = \frac{\sum \vec{r} \cdot dm}{\sum dm}$$

Com sabem que:

$$dm = \rho dv = \rho * e dA$$

Lavors l'equació si considerem una mateixa densitat i l'espessor constant, determinem que:

$$\vec{r}_{cdg} = \frac{\sum \vec{r} \cdot dm}{\sum dm} = \frac{\sum \vec{r} \cdot \rho \cdot e dA}{\sum \rho \cdot e dA} = \frac{\rho \cdot e \sum \vec{r} \cdot dA}{\rho \cdot e \sum dA} = \frac{\sum \vec{r} \cdot dA}{\sum dA}$$

Finalment per a trobar la distància on se situa el centre de gravetat, el vector que indica la posició respecte els eixos : \vec{r} haurà de ser calculat respecte les ordenades per trobar la distancia en l'eix de les x del centre de gravetat i al revés.

Moments d'inèrcia

El moment d'inèrcia és la suma dels productes dels diferents elements de la superfície de la secció ple quadrat de la seva distància a l'eix.

La seva equació és:

$$I_z = \int_A y^2 dA$$

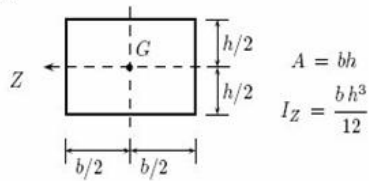
On dA és l'element de la superfície situat a la distància y de l'eix del centre de gravetat.

Tots el centres d'inèrcia són classificats i tabulats pels fabricants.

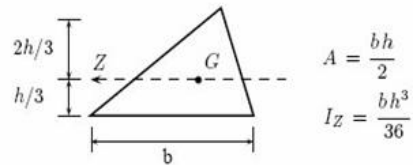
També la equació està integrada depenent de la forma que tingui l'objecte. El que s'intenta és reduir l'objecte a figures geomètriques simples com són la rodona, el triangle, etc.

A continuació mostrem una taula amb les integrals ja resoltes per les figures geomètriques bàsiques.

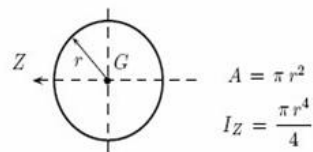
RECTÀNGULO



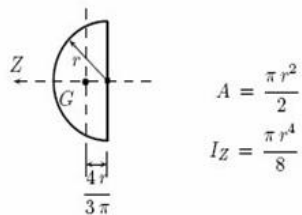
TRIÀNGULO



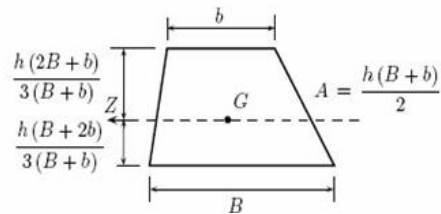
CÍRCULO



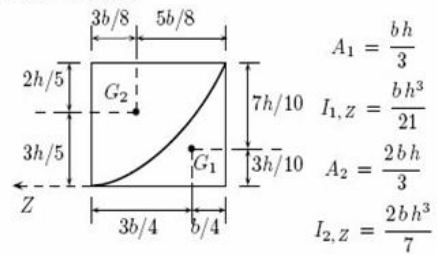
SEMICÍRCULO



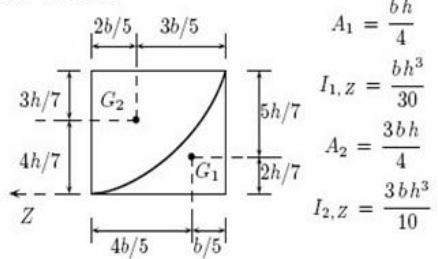
TRAPECIO



CURVA DE 2º GRADO

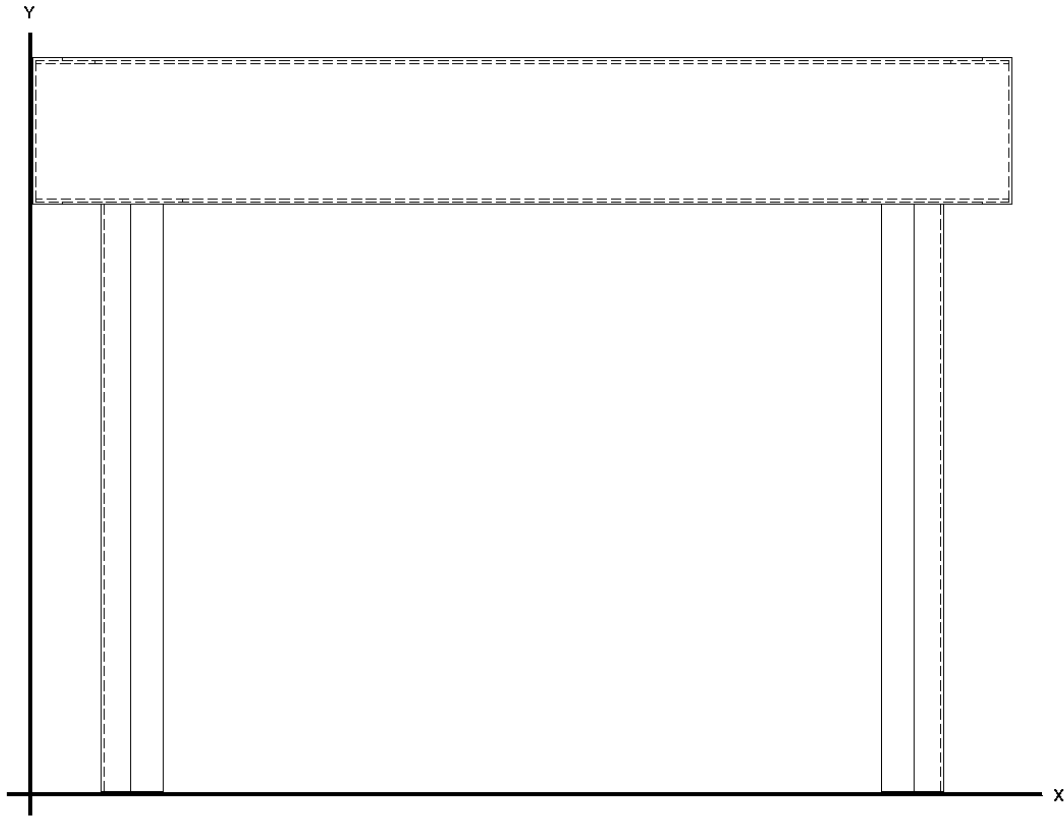


CURVA 3ª GRADO



Càlcul del centre de gravetat

A continuació exemplificarem els nostres càlculs de centres de gravetat.



Les mesures esquema del plànol acotat. Els elements agafats seran de esquerra a dreta i de dalt a baix. Degut a la expressió tan gran que apareix calcularem els apartats per separat.

$$dA_1 = 500 \text{ mm} * 75\text{mm} = 37500 \text{ mm}^2$$

$$dA_2 = 15 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 22,5 \text{ mm}^2$$

$$dA_3 = 470\text{mm} * 1,5\text{mm} = 705 \text{ mm}^2$$

$$dA_4 = 15 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 22,5\text{mm}^2$$

$$dA_5 = 30 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 45 \text{ mm}^2$$

$$dA_6 = 437 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 655,5\text{mm}^2$$

$$dA_7 = 30 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 45 \text{ mm}^2$$

$$dA_8 = 72 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 108 \text{ mm}^2$$

$$dA_9 = 72 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 108 \text{ mm}^2$$

$$dA_{10} = 75 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 112,5 \text{ mm}^2$$

$$dA_{11} = 347 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 520,5 \text{ mm}^2$$

$$dA_{12} = 75 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 112,5 \text{ mm}^2$$

$$dA_{13} = 30 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 45 \text{ mm}^2$$

$$dA_{14} = 470 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 705 \text{ mm}^2$$

$$dA_{15} = 30 \text{ mm} * 1,5 \text{ mm} = 45 \text{ mm}^2$$

$$dA_{16} = 1,5 \text{ mm} * 300 \text{ mm} = 450 \text{ mm}^2$$

$$dA_{17} = 15 \text{ mm} * 300 \text{ mm} = 4500 \text{ mm}^2$$

$$dA_{18} = 30 \text{ mm} * 300 \text{ mm} = 9000 \text{ mm}^2$$

$$dA_{19} = 1,5 \text{ mm} * 300 \text{ mm} = 450 \text{ mm}^2$$

$$dA_{20} = 15 \text{ mm} * 300 \text{ mm} = 4500 \text{ mm}^2$$

$$dA_{21} = 30 \text{ mm} * 300 \text{ mm} = 9000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Figura 1 : } \overrightarrow{x_1} * dA_1 = 250 \text{ mm} * 37500 \text{ mm}^2 = 9375000 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_1} * dA_1 = (300 + 37,5) \text{ mm} * 37500 \text{ mm}^2 = 12656250 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 2 : } \overrightarrow{x_2} * dA_2 = 7,5 \text{ mm} * 22,5 \text{ mm}^2 = 168,75 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_2} * dA_2 = (300 + 75 - 0,75) \text{ mm} * 22,5 \text{ mm}^2 = 8420,625 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 3 : } \overrightarrow{x_3} * dA_3 = 250 \text{ mm} * 705 \text{ mm}^2 = 176250 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_3} * dA_3 = (300 + 75 - 0,75) \text{ mm} * 705 \text{ mm}^2 = 262162,125 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 4 : } \overrightarrow{x_4} * dA_4 = (500 - 7,5) \text{ mm} * 22,5 \text{ mm}^2 = 11081,25 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_4} * dA_4 = (300 + 75 - 0,75) \text{ mm} * 22,5 \text{ mm}^2 = 8420,625 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 5 : } \overrightarrow{x_5} * dA_5 = (15 + 1,5) \text{ mm} * 45 \text{ mm}^2 = 745,5 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_5} * dA_5 = (300 + 75 - 1,5 - 0,75) \text{ mm} * 45 \text{ mm}^2 = 16773,75 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 6 : } \overrightarrow{x_6} * dA_6 = 250 \text{ mm} * 655,5 \text{ mm}^2 = 163875 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_6} * dA_6 = (300 + 75 - 1,5 - 0,75) \text{ mm} * 655,5 \text{ mm}^2 = 244337,625 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 7 : } \overrightarrow{x_7} * dA_7 = (500 - 1,5 - 15) \text{ mm} * 45 \text{ mm}^2 = 21757,5 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_7} * dA_7 = (300 + 75 - 1,5 - 0,75) \text{ mm} * 45 \text{ mm}^2 = 16773,75 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 8 : } \overrightarrow{x_8} * dA_8 = 0,75 \text{ mm} * 108 \text{ mm}^2 = 81 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_8} * dA_8 = (300 + 37,5) \text{ mm} * 108 \text{ mm}^2 = 36450 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 9 : } \overrightarrow{x_9} * dA_9 = (500 - 0,75) \text{ mm} * 108 \text{ mm}^2 = 53919 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_9} * dA_9 = (300 + 37,5) \text{ mm} * 108 \text{ mm}^2 = 36450 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 10 : } \overrightarrow{x_{10}} * dA_{10} = (37,5 + 1,5) \text{ mm} * 112,5 \text{ mm}^2 = 4387,5 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{10}} * dA_{10} = (300 + 1,5 + 0,75) \text{ mm} * 112,5 \text{ mm}^2 = 34003,125 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 11 : } \overrightarrow{x_{11}} * dA_{11} = 250 \text{ mm} * 520,5 \text{ mm}^2 = 130125 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{11}} * dA_{11} = (300 + 1,5 + 0,75) \text{ mm} * 520,5 \text{ mm}^2 = 157321,125 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 12 : } \overrightarrow{x_{12}} * dA_{12} = (500 - 37,5 - 1,5) \text{ mm} * 112,5 \text{ mm}^2 = 51862,5 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{12}} * dA_{12} = (300 + 1,5 + 0,75) \text{ mm} * 112,5 \text{ mm}^2 = 34003,125 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 13 : } \overrightarrow{x_{13}} * dA_{13} = (1,5 + 15) \text{ mm} * 45 \text{ mm}^2 = 742,5 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{13}} * dA_{13} = (300 + 0,75) \text{ mm} * 45 \text{ mm}^2 = 13533,75 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 14 : } \overrightarrow{x_{14}} * dA_{14} = 250 \text{ mm} * 705 \text{ mm}^2 = 1762,5 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{14}} * dA_{14} = (300 + 0,75) \text{ mm} * 705 \text{ mm}^2 = 2120,2875 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 15 : } \overrightarrow{x_{15}} * dA_{15} = (500 - 1,5 - 15) \text{ mm} * 45 \text{ mm}^2 = 21757,5 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{15}} * dA_{15} = 45 \text{ mm}^2 = 13533,75 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 16 : } \overrightarrow{x_{16}} * dA_{16} = (35 + 0,75) \text{ mm} * 450 \text{ mm}^2 = 16087,5 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{16}} * dA_{16} = 150 \text{ mm} * 450 \text{ mm}^2 = 67500 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 17 : } \overrightarrow{x_{17}} * dA_{17} = (35 + 7,5) \text{ mm} * 4500 \text{ mm}^2 = 191250 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{17}} * dA_{17} = 150 \text{ mm} * 4500 \text{ mm}^2 = 675000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 18 : } \overrightarrow{x_{18}} * dA_{18} = (15 + 1,5 + 35) \text{ mm} * 9000 \text{ mm}^2 = 463500 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{18}} * dA_{18} = 150 \text{ mm} * 9000 \text{ mm}^2 = 1350000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 19 : } \overrightarrow{x_{19}} * dA_{19} = (500 - 35 - 0,75) \text{ mm} * 450 \text{ mm} = 208912,5 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{19}} * dA_{19} = 150 \text{ mm} * 450 \text{ mm}^2 = 67500 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 20 : } \overrightarrow{x_{20}} * dA_{20} = (500 - 35 - 7,5) \text{ mm} * 4500 \text{ mm}^2 = 2058750 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{20}} * dA_{20} = 150 \text{ mm} * 4500 \text{ mm}^2 = 675000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Figura 21 : } \overrightarrow{x_{21}} * dA_{21} = (500 - 15 - 1,5 - 35) \text{ mm} * 9000 \text{ mm}^2 = 4036500 \text{ mm}^3$$

$$\overrightarrow{y_{21}} * dA_{21} = 150 \text{ mm} * 9000 \text{ mm}^2 = 1350000 \text{ mm}^3$$

Ara aplicarem el centre de gravetat, tenint en compte que al ser una estructura tridimensional hi hauran volums que existiran per l'altre extrem i que s'han de tenir en compte. Degut a la gran quantitat de nombres resoldrem la operació directament.

$$\vec{x}_{cdg} = \frac{\sum_{i=1}^{21} \overrightarrow{x_i} * dA_i}{\sum dA} = \frac{16988515,2 \text{ mm}^4}{68652 \text{ mm}^3} = 247,45 \text{ mm}^2$$

7. Formació operaris

Formació de l'operador

Las grues solament poden estar manejades per personal acreditat com són els operadors. El que han hagut d'estar formats, entrenats i amb una acreditació de la empresa. La acreditació es única i no pot ser utilitzada per cap altre persona. A part el empresari ha de autoritzar el ús del pont grua per part d'aquest operari.

- **Aptituds i coneixements previs**

- Edat mínima 18 anys.
- Capacitat per comprendre instruccions verbals, escrites y la simbologia utilitzada per la circulació de les grues.
- Bona percepció i capacitat de transformar senyals percebudes en actuacions correctes.
- Plena capacitat física, psíquica i sensorial, determinada mitjançant un examen mèdic, certificant les aptituds requerides per la feina.

- **Condicions físiques**

- Agudesa visual suficient, camps de visió lateral, visió espacial, bona oïda, bona mobilitat de peus i braços.
- Inexistència de malalties, o de incapacitats contraindicades per aquest treball.

- **Condicions psicològiques**

- Responsabilitat, fiabilitat, precaució i consideració en vers als demés.
- Emotivitat.
- Equilibri mental.
- Sentit de la responsabilitat.

- **Contingut de la formació**

La formació haurà d'estar formada per un programa teòric i un programa pràctic. La part teòrica estarà formada per els següents coneixements i elements:

- El operador.
- Aptituds.
- La seva funció dins de la manutenció.
- La tecnologia dels aparells d'elevació: terminologia i característiques. Els mecanismes, principis de funcionament, maneig adequat. Els equips elèctrics de comandament, botoneres, cabina, funcions de seguretat, controls i equips. Les eslingues: tipus, materials, seguretat, utilització, conservació i substitució. Els dispositius de seguretat: principi de funcionament i controls. Accessoris específics d'elevació: tipus, usos, conservació, i substitució.
- Utilització d'aparells d'elevació i les normes de seguretat: procediments de inici i parada: inici i finalització de la jornada de treball. Maniobres prohibides o perilloses. Codi de senyalització de maniobres. Límit de la utilització dels aparells d'elevació.. Consignes pròpies al treball del aparell i lloc on s'utilitza. Verificacions diàries.
- Manipulació de materials: medis i dispositius de aprensió de càrregues. Normes pràctiques de la utilització. Guiat manual de les càrregues. Càrregues: avaluació, centre de gravetat, equilibrat, influència del vent. Operacions de manipulació habituals. Manipulació de càrregues amb diversos aparells.
- Controls, manteniments i averies: Nocions de manteniment i detecció d'averies. Controls regulars i diaris. Informes sobre defectes de funcionament. Pasos a seguir en cas d'averia o tall d'energia.
- Manual d'instruccions del equip a utilitzar, dades tècniques, capacitat nominal, dispositius de seguretat.
- Coneixement i maneig d'equips de radio per a la comunicació
- Manual d'operacions que continguin les tres etapes: abans de la posada en marxa de la grua, durant la manipulació de la grua i les seves càrregues i la finalització dels treballs.

En el programa pràctic s'utilitzarà una grua el més semblant possible a la que s'utilitzarà en el futur, però si no es idèntica s'explicaran les diferències. Haurà de incloure coneixement visual dels components, equipaments i accessoris esmentats en el programa teòric i incloure també:

- Exercicis de manipulació.
 - Utilització de comandaments, ajudes de manipulació i aparells de control.
 - Execució de maniobres.
 - Exercicis d'eslingat i guiament de càrregues.
 - Control i reducció del balanceig de la càrrega.
 - Exercicis de senyalització de comandament
 - Coordinació amb el ajudant de maniobra quan sigui necessari.
-
- **Duració del curs de formació**

Aquesta durada dependrà de la complexitat de les càrregues que s'han de manipular i la experiència inicial que tingui cada candidat ja sigui en la part teòrica com pràctica. En el cas de passar un llarg període sense exercir, s'han verificar que encara es tenen els coneixements necessaris. No obstant quan les condicions de treball variïn s'ha de efectuar curso de reciclatge.

- **Avaluació de la formació**

Els conceptes s'avaluaran mitjançant exàmens d'aptitud; format per una part teòrica tipus test i exercicis pràctics d'elevació, desplaçament i ubicació de càrregues.

Formació de l'ajudant de l'operador

L'ajudant d l'operador a de tenir un condicions personals que garanteixin un correcte desenvolupament de la feines i exigències del seu lloc de treball, especialment:

- Capacitat per comprendre instruccions verbals, escrites i la simbologia utilitzada per la circulació de les grues.

- Bona percepció i capacitat de transformar senyals percebudes en actuacions correctes.
 - Agudesia visual suficient, camps de visió lateral, visió espacial, bona oïda, bona mobilitat de peus i braços.
 - Responsabilitat, fiabilitat, precaució i consideració en vers als demés.
 - Inexistència de malalties, o de incapacitats contraindicades per aquest treball.
-
- **Avaluació de la formació**

S'haurà de demostrar un nivell de coneixements teòrics i pràctics dels gestos de codificació, així com una bona coordinació amb l'operador del pont grua. Així mateix haurà de conèixer els diversos tipus de maniobra i les seves limitacions.

Es requerirà una actualització de la formació quan:

- Quan hagi estat més d'un any sense exercir com a encarregat de senyals.
- Quan es canviï de operador grua.
- Sempre que existeixin modificacions en la grua, processos de treball, millores tècniques importants o l'aplicació de nous accessoris i equips.

Formació del personal de l'àrea de treball de la grua

La formació personal de la empresa ha de tenir en compte la explicació dels riscos laborals i la prevenció que s'ha d'aplicar, sempre que s'hagi de treballar o desplaçar-se per zones on s'està operant amb les grues. S'explicaran correctament les simbologies i senyalitzacions utilitzades; les consignes pròpies del treball dels operadors de grues; situacions excepcionals de moviment de càrregues per zones de treball i transit; precaució en el desplaçament d'aquestes zones.

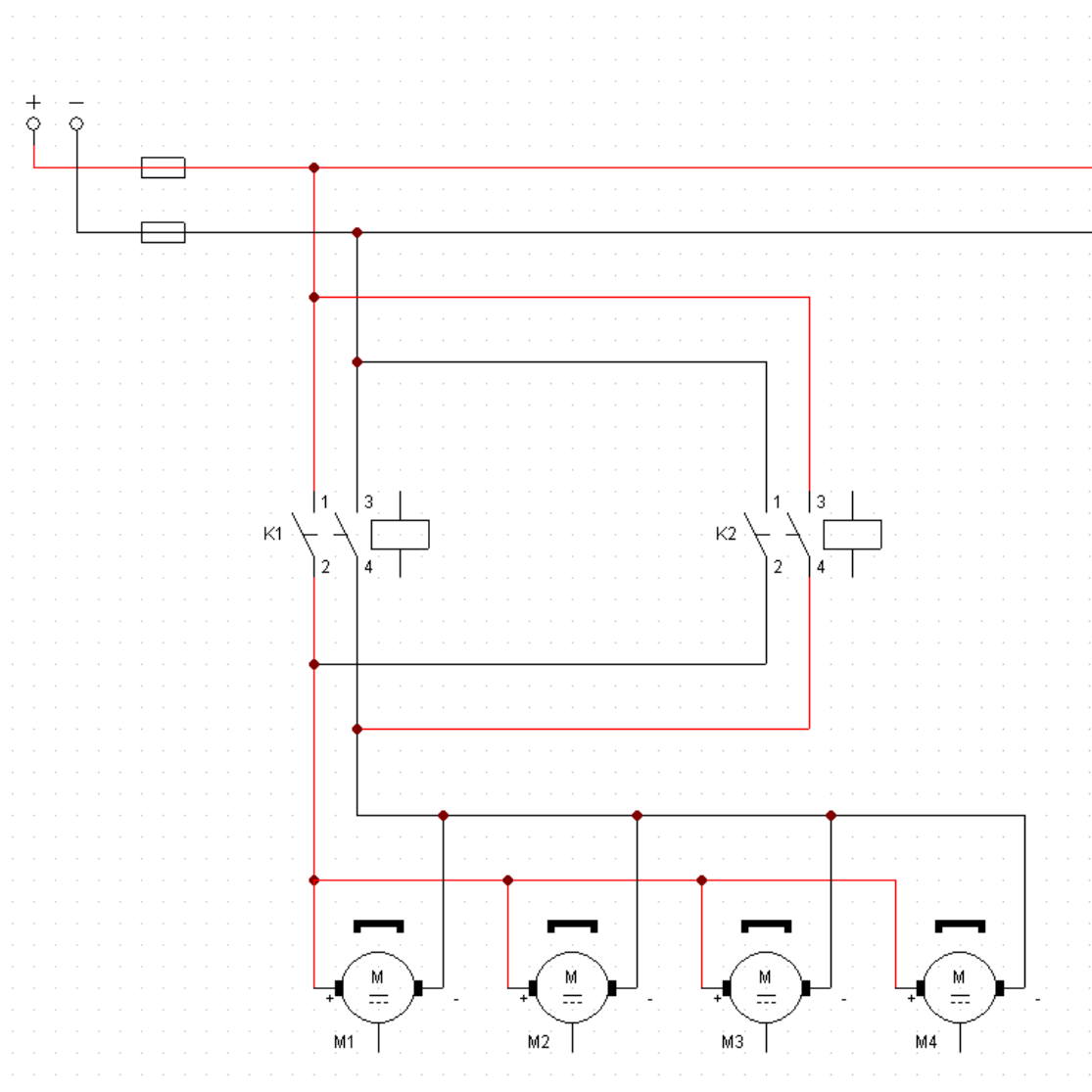
La formació anterior té com a objectiu que els treballadors exposats comprenguin i recordin les instruccions de treball rebudes.

8.Càlculs i esquemes

Càlculs i esquemes part electrònica i mecànica

En el pròxim apartat és detallan els diversos càlculs sobre la part mecànica i elèctrica pel que fa al conjunt de tota la maqueta. Per tal de conèixer més a fons les característiques de la maqueta dissenyada. Així com un esquema gràfic on es mostra d'on s'han obtingut cada valor i paràmetre utilitzat.

- **Esquema**



Esquema elèctric del conjunt de motos de la maqueta**Autors:** Álvaro Crespo i Albert Motos**Descripció:** Esquema elèctric del motor d'avançament d'una modificació d'un pont grua

- **Descripció esquema:**

Tot l'esquema està alimentat per una font d'alimentació de 3 V en corrent contínua. Justament després de la font d'alimentació s'han col·locat un parell de fusibles per tal de protegir els elements elèctrics. A l'alimentació se connecten 2 relés anomenats en tot el treball com a K1 i K2. Aquests relés estan realimentats i estan connectats directament al PLC i per tant aquí no apareix la seva connexió en aquest esquema sinó en el del PLC. La seva funció és que un relé permeti el gir dels motors en un sentit i que l'altre inverteixi el sentit, provocant així dos possibles moviments. El sistema conté 4 motors de corrent contínua anomenats M1, M2, M3 i M4 que estan connectats en paral·lel. La seva funció és realitzar el moviment del tester.

- **Càlculs**

Voltatge total :

El voltatge total està en l'esquema sota la notació : V_T i consisteix en el voltatge subministrat a tots els motors tenint en compte que estan agrupats en paral·lel.

En paral·lel:

$$V_T = V_{B_1} = V_{B_2} = \dots = V_{B_n}$$

En aquest punt les dades obtingudes són:

Voltatge branca : $V_B = 3 \text{ V}$

$$V_T = V_{B_1} = V_{B_2} = V_{B_3} = V_4 = 3 \text{ V}$$

Intensitat total :

La intensitat total esta en el esquema sota la notació : I_T i consisteix en intensitat subministrat a tots els motors tenint en compte que estan agrupats en paral·lel.

En paral·lel:

$$I_T = \sum_{i=1}^n I_{BRANCA_i}$$

En aquest punt les dades obtingudes són:

Intensitat branca : $I_B = 75 \text{ mA} = 75 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

$$I_T = I_{B_1} + I_{B_2} + I_{B_3} + I_{B_4} = 4 * 75 * 10^{-3} \text{ A} = 0,3 \text{ A}$$

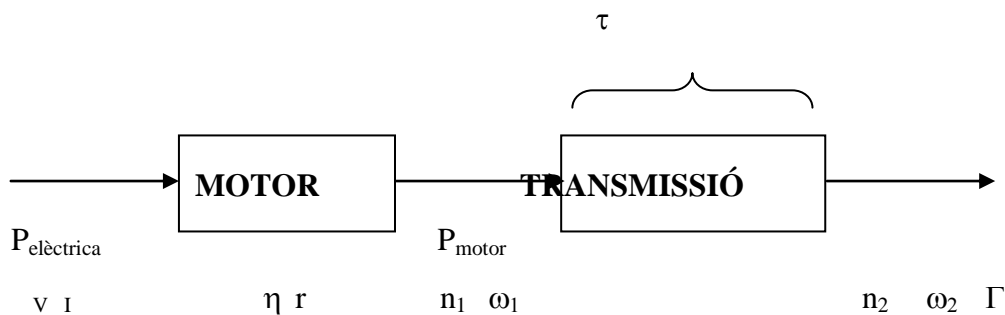
Resistència total :

La resistència total només es produïda per les resistències internes del motor que considerarem negligibles degut a la seva mínima resistència, a l'igual que la resistència del cable.

Càlculs i esquemes part electrònica i mecànica d'un motor

En el pròxim apartat és detallaran els diversos càlculs sobre la part mecànica i elèctrica per el que fa a un conjunt motor transmissió. Per tal de conèixer més a fons les característiques de la maqueta dissenyada. Així com un esquema gràfic on es mostra d'on s'han obtingut cada valor i paràmetre utilitzat.

- **Esquema**



Esquema elèctric i mecànic d'un motor de la maqueta

Autors: Álvaro Crespo i Albert Motos

Descripció: Esquema elèctric d'un motor encarregat de d'avançament combinat amb una transmissió d'una modificació d'un pont grua

- **Càlculs**

Potència elèctrica de cada motor:

La potència elèctrica esta en el esquema sota la notació : $P_{elèctrica}$ i consisteix en la potència subministrada al motor per que funcioni, que en aquest cas es elèctrica.

$$P_{elèctrica} = \frac{W_{elèctric}}{t} = \frac{V * q}{t} = V * I$$

En aquest punt les dades obtingudes són:

Voltatge : $V = 3 \text{ v}$

Intensitat : $I = 75 \text{ mA} = 75 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

$$P_{\text{elèctrica}} = V * I = 3 \text{ v} * 75 * 10^{-3} \text{ A} = 0,225 \text{ W}$$

Potència motor de cada motor:

La potència motor esta en el esquema sota la notació : P_{motor} i consisteix en la potència subministrada pel motor a la transmissió. Que en aquest cas es mecànica

$$\eta = \frac{P_{\text{motor}}}{P_{\text{elèctrica}}} \Rightarrow P_{\text{motor}} = \eta * P_{\text{elèctrica}}$$

En aquest punt les dades obtingudes són:

Potència elèctrica : $P_{\text{elèctrica}} = 0,225 \text{ W}$

Rendiment : $\eta = 0,75$

$$P_{\text{motor}} = \eta * P_{\text{elèctrica}} = 0,75 * 0,225 \text{ W} = 0,169 \text{ W}$$

Resistència interna :

Com hem dit anteriorment la resistència creada per cada motor és considerada negligible.

Relació de transmissió :

La relació de transmissió esta en el esquema sota la notació : τ i consisteix en la relació mecànica entre les velocitat de sortida i de entrada a una transmissió.

$$\tau = \frac{\omega_{sortida}}{\omega_{entrada}} = \frac{\frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} * n_{sortida}}{\frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} * n_{entrada}} = \frac{n_{sortida}}{n_{entrada}}$$

En aquest punt les dades obtingudes són:

Velocitat normal sortida : $n_{sortida} = 28 \text{ rpm}$

Velocitat normal entrada : $n_{entrada} = 5796 \text{ rpm}$

$$\tau = \frac{n_{sortida}}{n_{entrada}} = \frac{28 \text{ rpm}}{5796 \text{ rpm}} = \frac{1}{207}$$

Per tant ens trobem amb un sistema de transmissió reductor.

Velocitat angular entrada :

La velocitat angular a la entrada esta en el esquema sota la notació : $\omega_{entrada}$ i consisteix en la velocitat angular que entra en la transmissió.

$$\omega_{entrada} = \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} * n_{entrada}$$

En aquest punt les dades obtingudes són:

Velocitat normal entrada : $n_{entrada} = 5796 \text{ rpm}$

$$\omega_{entrada} = \frac{2\pi}{60} * n_{entrada} = \frac{2\pi}{60} * 5769 \text{ rpm} = 606,956 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Velocitat angular sortida :

La velocitat angular a la sortida esta en el esquema sota la notació : $\omega_{sortida}$ i consisteix en la velocitat angular que surt de la transmissió.

$$\omega_{sortida} = \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} * n_{sortida}$$

En aquest punt les dades obtingudes són:

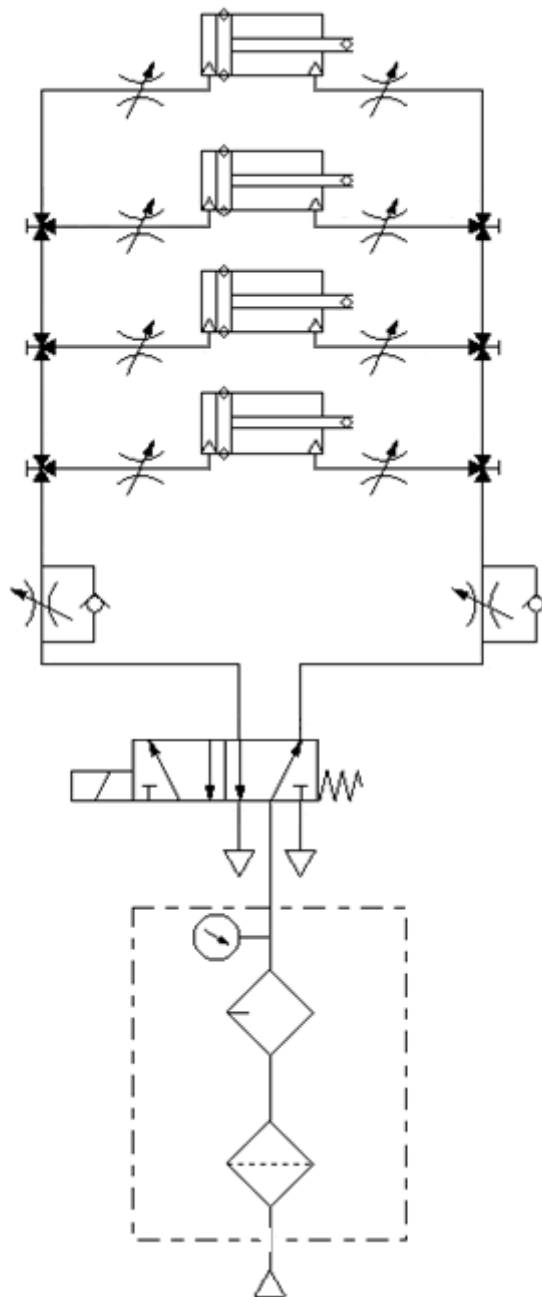
Velocitat normal sortida : $n_{sortida} = 28 \text{ rpm}$

$$\omega_{sortida} = \frac{2\pi}{60} * n_{sortida} = \frac{2\pi}{60} * 28 \text{ rpm} = 2,932 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Càlculs i esquemes part pneumàtica

A continuació apareix el esquema pneumàtic de la maqueta així com tots el components necessaris per la seva construcció. Està format per quatre cilindres de doble efecte amb reguladors de flux a cada entrada i sortida. També hi ha dos reguladors estranguladors amb antiretorn situats en els col·lectors. També té una electrovàlvula 3/2 vies i una unitat de manteniment.

- **Esquema**



Esquema pneumàtic de la maqueta**Autors:** Alvaro Crespo i Albert Motos**Descripció:** Esquema pneumàtic d'una modificació d'un pont grua que realitza el desplaçament vertical.

- **Descripció esquema:**

És un esquema neumàtic alimentat per un compressor a una pressió de 6 bars. El circuit conté una unitat de manteniment que està constituïda (de baix a dalt en l'esquema) per un filtre, un lubricador i un manòmetre. Els actuadors del circuit són 4 cilindres de doble efecte. A cada sortida del cilindre hi ha col·locats estranguladors bidireccionals amb la funció de poder regular el flux d'aire que entra als cilindres. Els cilindres varien llargària de tilla per mitjà d'una electrovàlvula monoestable 5/2 vies, que està connectada al PLC sota la codificació de K3, i és alimentada per una línia de corrent alterna a 24 V. Per últim el circuit també conté 2 estranguladors antiretorn per poder controlar també el flux general d'aire.

- **Càlculs**

Simbologia bàsica necessària

D = diàmetre de l'èmbol [mm]

d = diàmetre del vàstag [mm]

A = àrea de l'èmbol [cm²]

Fa = força avanç [N]

Fr = força retrocés [N]

P = força de pressió $\left[\frac{KPa}{mm^2} \right]$ Q = caudal $\left[\frac{L}{s^2} \right]$ V = volum [l ó dm³]

C = consum []

S = superfície [mm² ó cm²]

- **Força del cilindre**

(Avanç) En la carrera d'avanç del cilindre definim la força com el producte del quadrat del diàmetre del èmbol per “ π ” entre “4” per la pressió de treball exercida.

S'expressa a l'esquema com “Fa”.

Equació: $F_a = [D^2 \cdot (\pi / 4)] \cdot P$

(Retrocés) En la carrera de retrocés del cilindre definim la força com el producte de la diferència entre diàmetres cadascun elevat al quadrat (D i d) pel nombre $\pi/4$ per la pressió de treball exercida.

S'expressa a l'esquema com “Fr”.

Equació: $F_r = [(D^2 - d^2) \cdot (\pi / 4)] \cdot P$

*Informació important: Els cilindres pneumàtics són segurs enfront les sobrecàrregues, poden ésser carregats fins el màxim de la seva potència; en cas de sobrecàrrega, els cilindres s'aturen per què el propi pes de la càrrega és superior a la pressió produïda per l'aire en el cilindre.

- **Aplicació d'equacions de la força del cilindre:**

P_c = Pressió compressor

P_l = Pressió cilindre

n = nº cilindres

$$P_l = \frac{P_c}{n} = \frac{6 \text{ bar}}{4} = 1,5 \text{ bar}$$

Si tenim en compte dades com el diàmetre de l'èmbol i la pressió que exercim sobre el cilindre obtenim la força amb la que aquest actua en avanç si apliquem la següent equació:

$$F_a = [D^2 \cdot (\pi / 4)] \cdot P_l^* \rightarrow F_a = [(17,3\text{mm})^2 \cdot (\pi / 4)] \cdot 0,15 \text{ MPa} = 35,26\text{N}$$

Si tenim en compte dades com el diàmetre dels èmbols i la pressió que exercim sobre el cilindre obtenim la força amb la que aquest actua en retrocés si apliquem la següent equació:

$$F_r = [(D^2 - d^2) \cdot (\pi / 4)] \cdot P_l^* \rightarrow F_r = [(17,3\text{mm})^2 - (3\text{mm})^2] \cdot (\pi / 4) \cdot 0,15 \text{ MPa} = 34,2 \text{ N}$$

- **Potència pneumàtica**

$$n = n^\circ \text{ potes} = 4$$

$$P_s = \text{pressió servei} = 0,15 \text{ MPa}$$

$$P_{s.t.}(\text{total}) = P_s \cdot n = 0.15 \cdot 4 \text{ (MPa)} = 0.6 \text{ MPa}$$

$Q(t)$ = Cabal en funció del temps. El temps en que la grua pujarà i/o baixarà és ajustable gràcies als estranguladors de flux.

S'expressa a l'esquema com "Pn".

Si tenim en compte dades com la pressió de servei (compressor) i el valor del caudal obtenim la potència pneumàtica requerida per cadascun dels moviments del cilindre. Tot utilitzant la següent equació:

$$P_n = P_{s.t.} \cdot Q(t) = 0.6\text{MPa} \cdot Q(t)$$

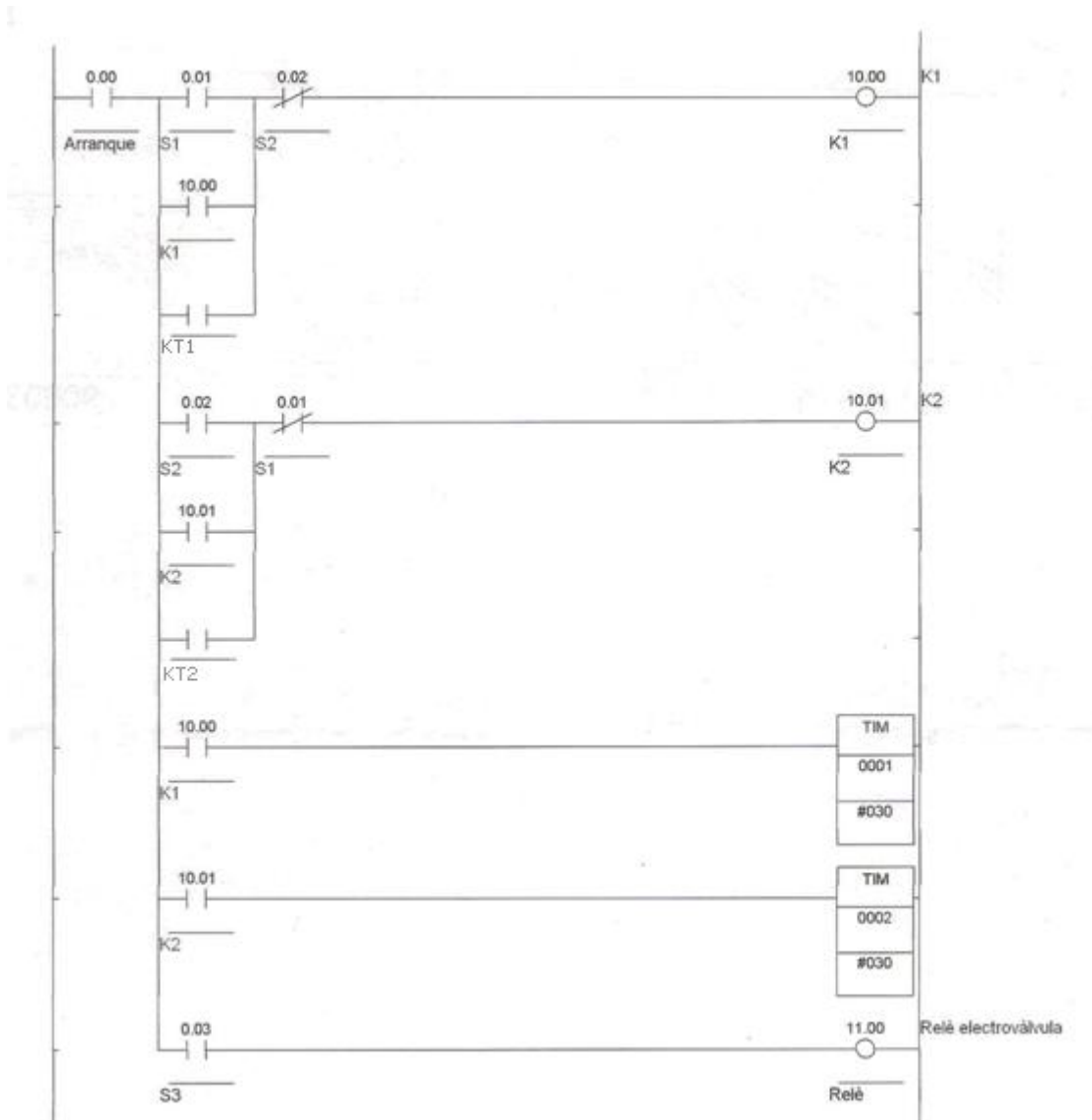
- **Potència total (segons llei de Dalton)**

$$P_{\text{tot}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = P_n \cdot 4 = 0,6 \text{ MPa} \cdot *Q(t) \cdot 4 = 2,4 \text{ MPa} \cdot *Q(t)$$

*Q(t) → Valor variable. S'expressa a l'esquema com “Q(t)”.

Esquema amb PLC OMROM

A continuació mostrarem l'esquema fet per el PLC omrom així com el tipus de comandes que utilitza.



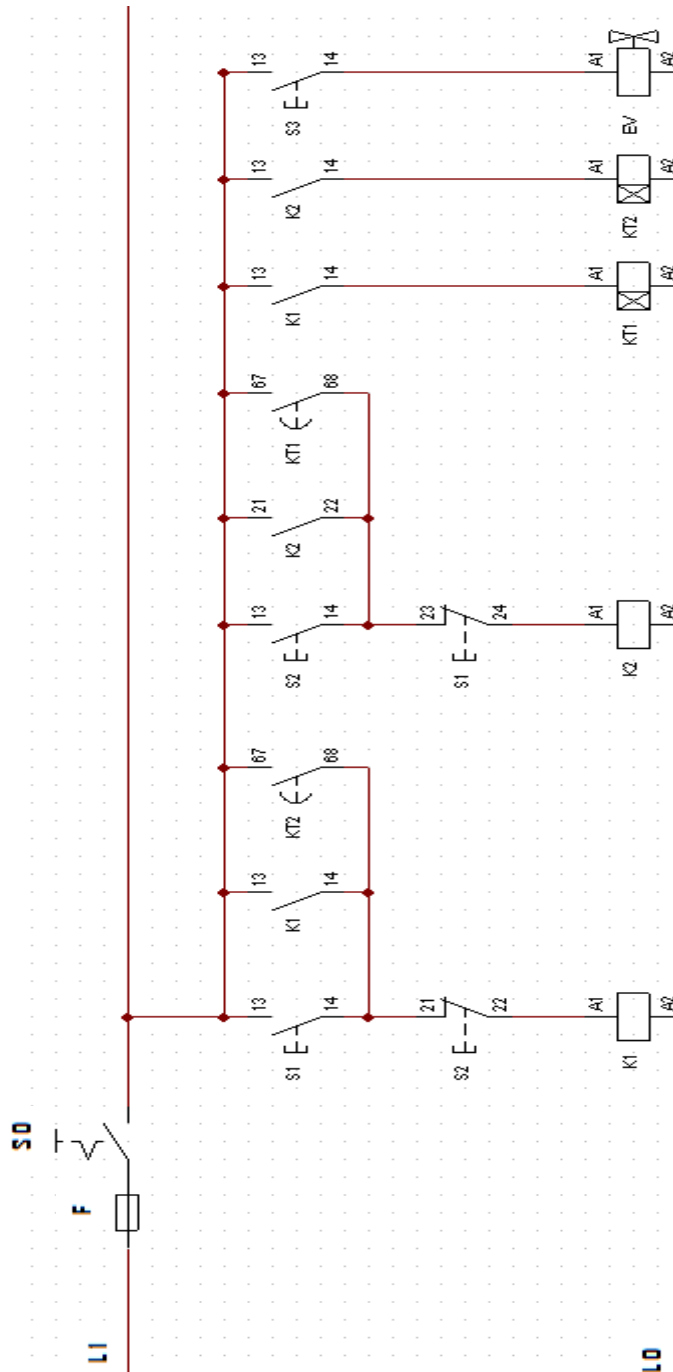
Esquema PLC OMROM

Autors: Alvaro Crespo i Albert Motos

Descripció: Esquema fet per a un PLC omrom per poder moure la maqueta.

Esquema d'automatismes

A continuació mostrarem com queda el esquema anterior del PLC en automatismes.



Esquema automatismes

Autors: Alvaro Crespo i Albert Motos

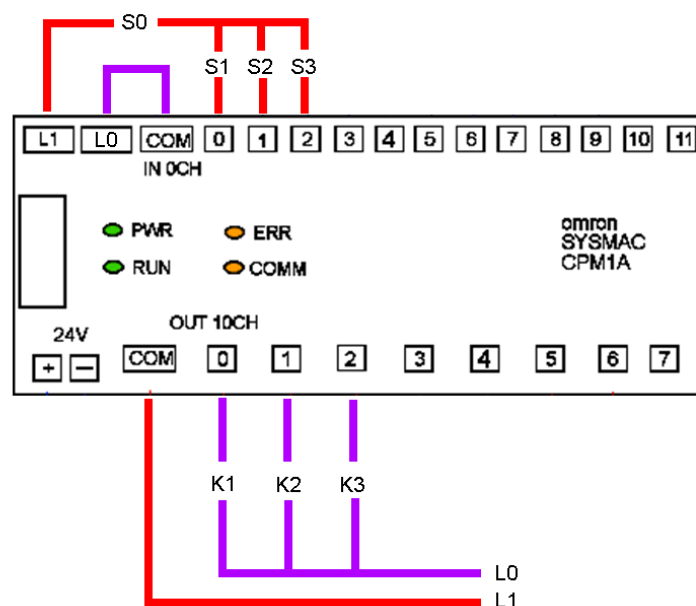
Descripció: Esquema d'automatismes per poder fer tot el moviment de la maqueta.

- **Descripció esquema:**

Els esquemes són alimentats per una línia de fase de 24 V de corrent alterna anomenada L1 i d'una línia neutre anomenada L0. A la fase està connectat un fusible F que protegeix el circuit. L'interruptor general és anomenat S0. Llavors el circuit es bifurca en 5 línies. La primera línia activa el relé K1, la segona activa el relé K2, la tercera i la quarta són les línies dels temporitzadors i la cinquena activa l'electrovàlvula. Les dues primeres línies estan realimentades de tal manera quan s'activen els interruptors S1 o S2, els contactors K1 o K2 i els temporitzadors KT1 o KT2. Després d'aquesta realimentació hi ha dos interruptors S1 i S2 que tenen la funció de que quan s'activi una branca de relé, l'altre es desactivi. Els contactors K1 i K2 tenen la funció de permetre el pas del corrent als temporitzadors que són KT1 i KT2. Finalment hi ha un tercer interruptor, S3 que activa la electrovàlvula i que és independent a les altres vies.

L'única cosa que varia en els 2 esquemes és que en el primer (comandes del plc omron) cada contactor i interruptor té una notació numèrica a la part superior, que indica a quin terminal del plc està connectat cada component.

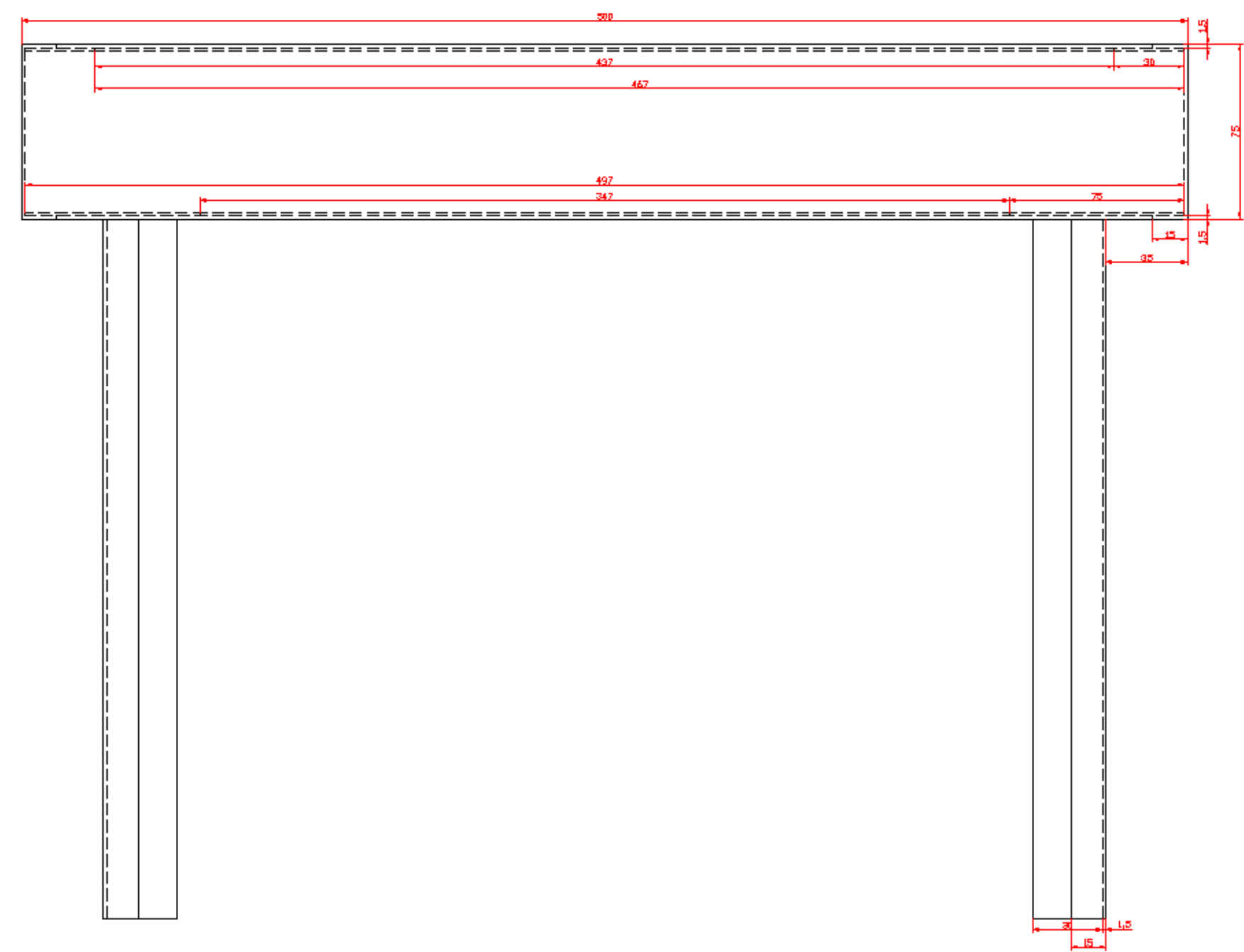
Les connexions quedaran de la següent manera :



9.Plànols

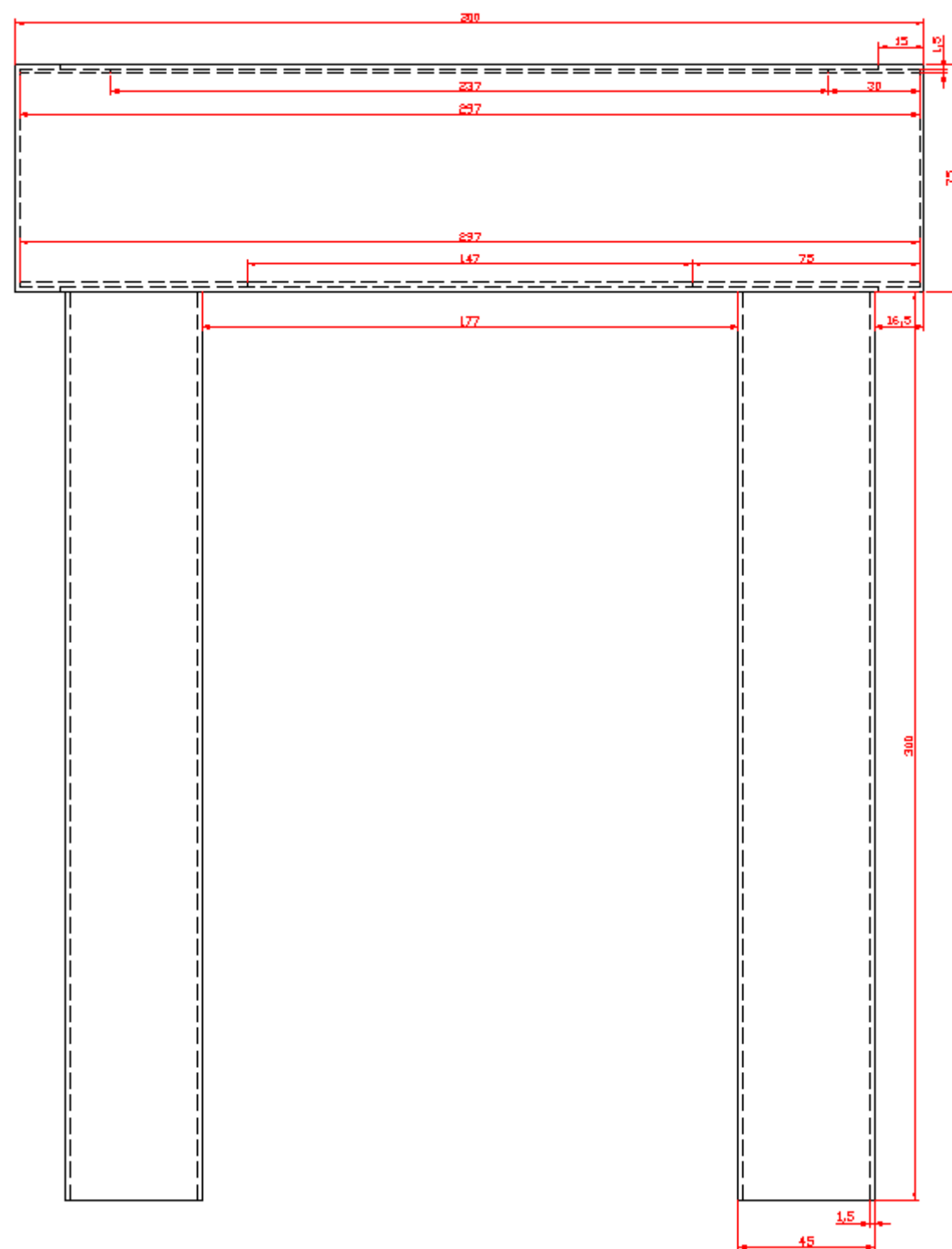
A continuació mostrarem totes les imatges necessàries per tal de poder-vos fer una idea de com és la maqueta del pont grua.

A continuació es mostra el plànol acotat de la projecció lateral de la maqueta.



Projecció lateral
Autors: Alvaro Crespo i Albert Motos
Descripció: Plànol acotat de la projecció lateral de la maqueta
Escala: 1:1
Unitats acotació: mil·límetres

A continuació es mostra el plànol acotat de projecció frontal de la maqueta.

**Projecció superior**

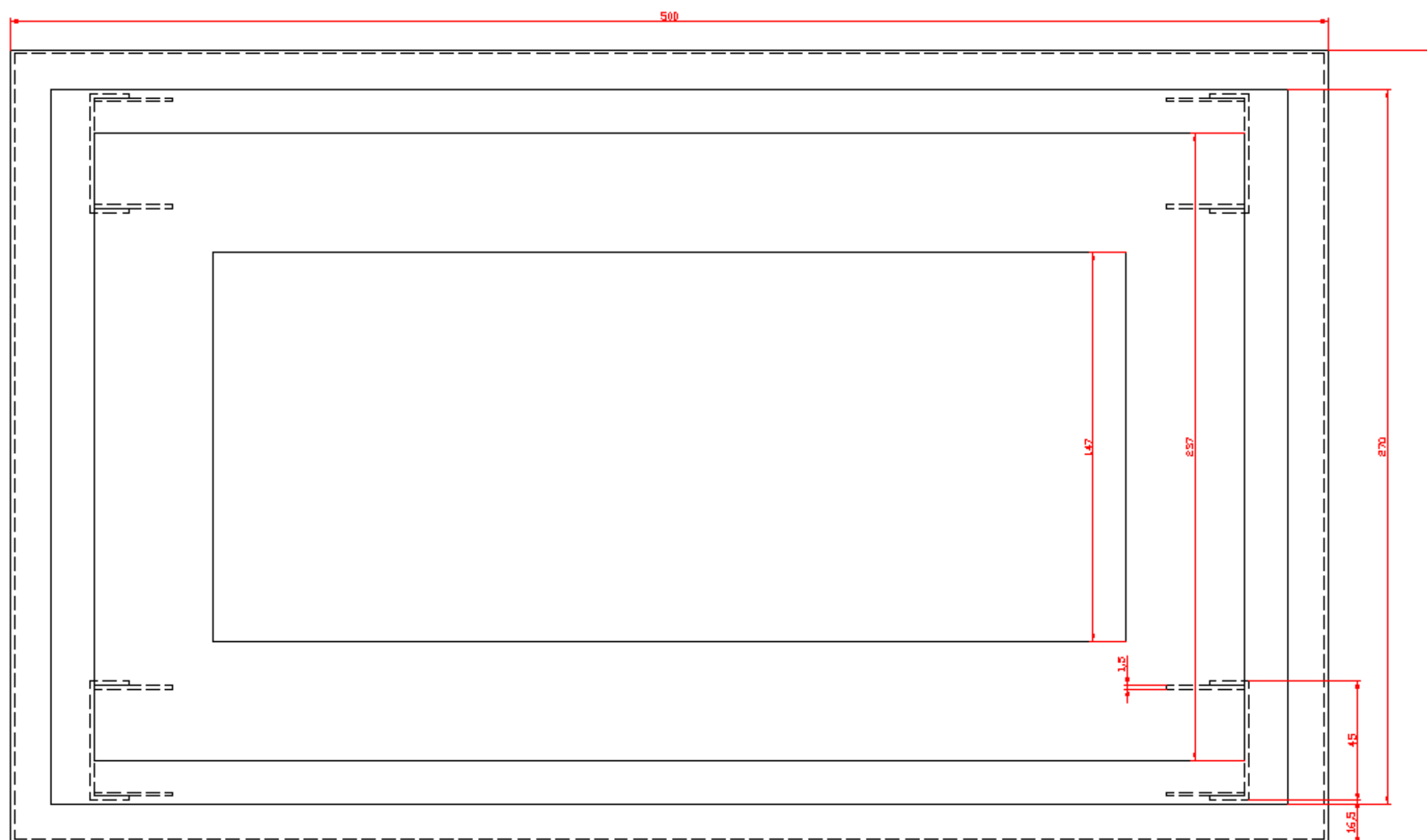
Autors: Alvaro Crespo i Albert Motos

Descripció: Plànol acotat de la projecció superior de la maqueta

Escala: 1:1

Unitats acotació: mil·límetres

A continuació es mostra el plànol acotat de projecció superior de la maqueta.

**Projecció frontal**

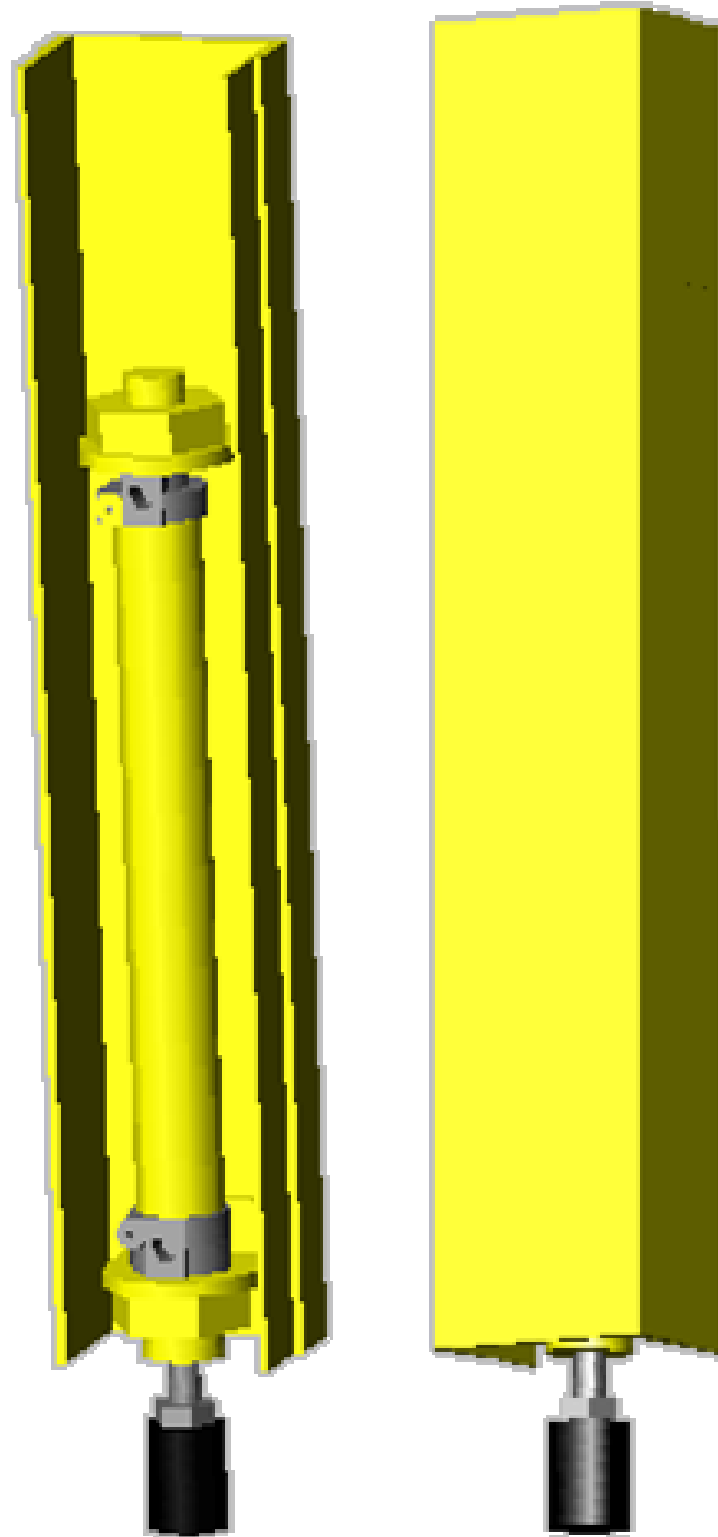
Autors: Alvaro Crespo i Albert Motos

Descripció: Plànol acotat de la projecció frontal de la maqueta

Escala: 1:1

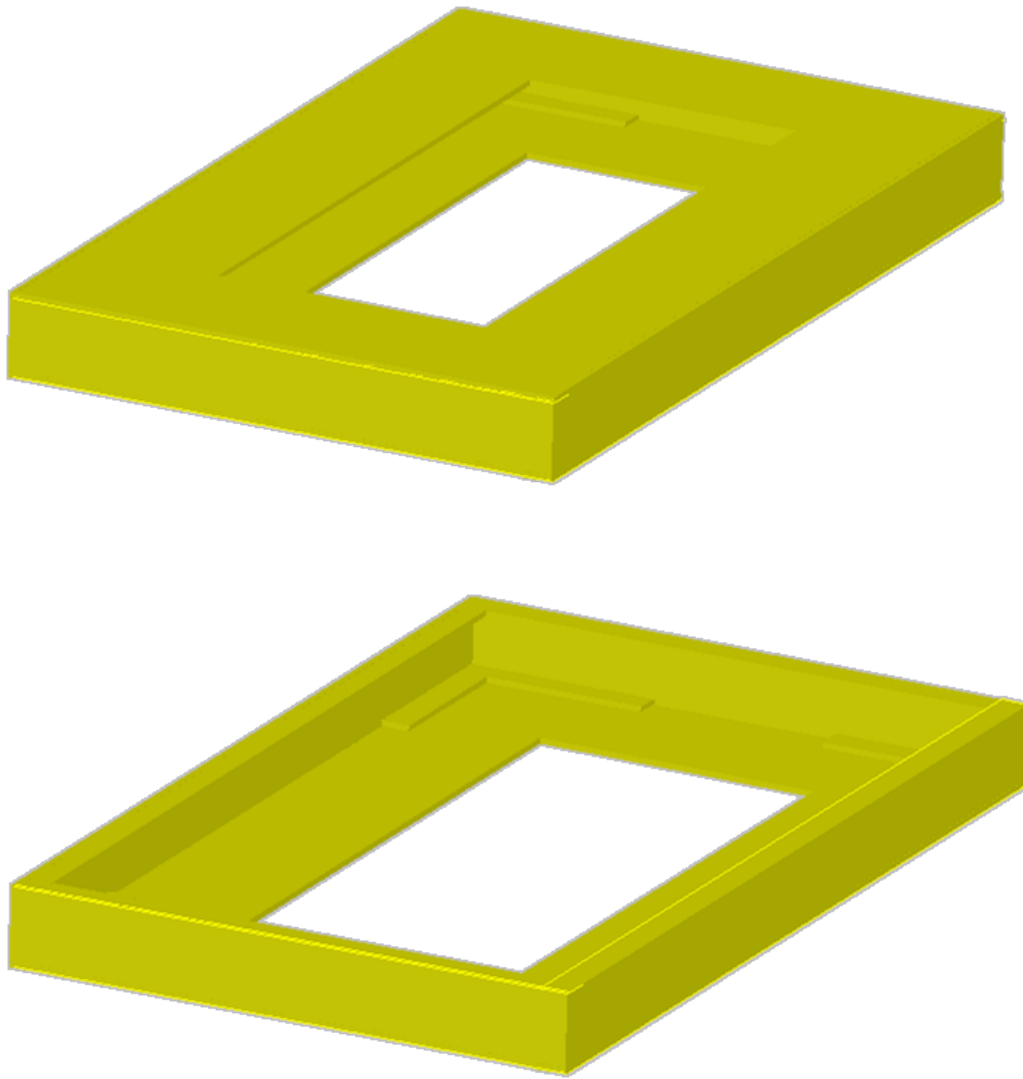
Unitats acotació: mil·límetres

A continuació es mostren unes projeccions en tres dimensions de les potes de la maqueta.



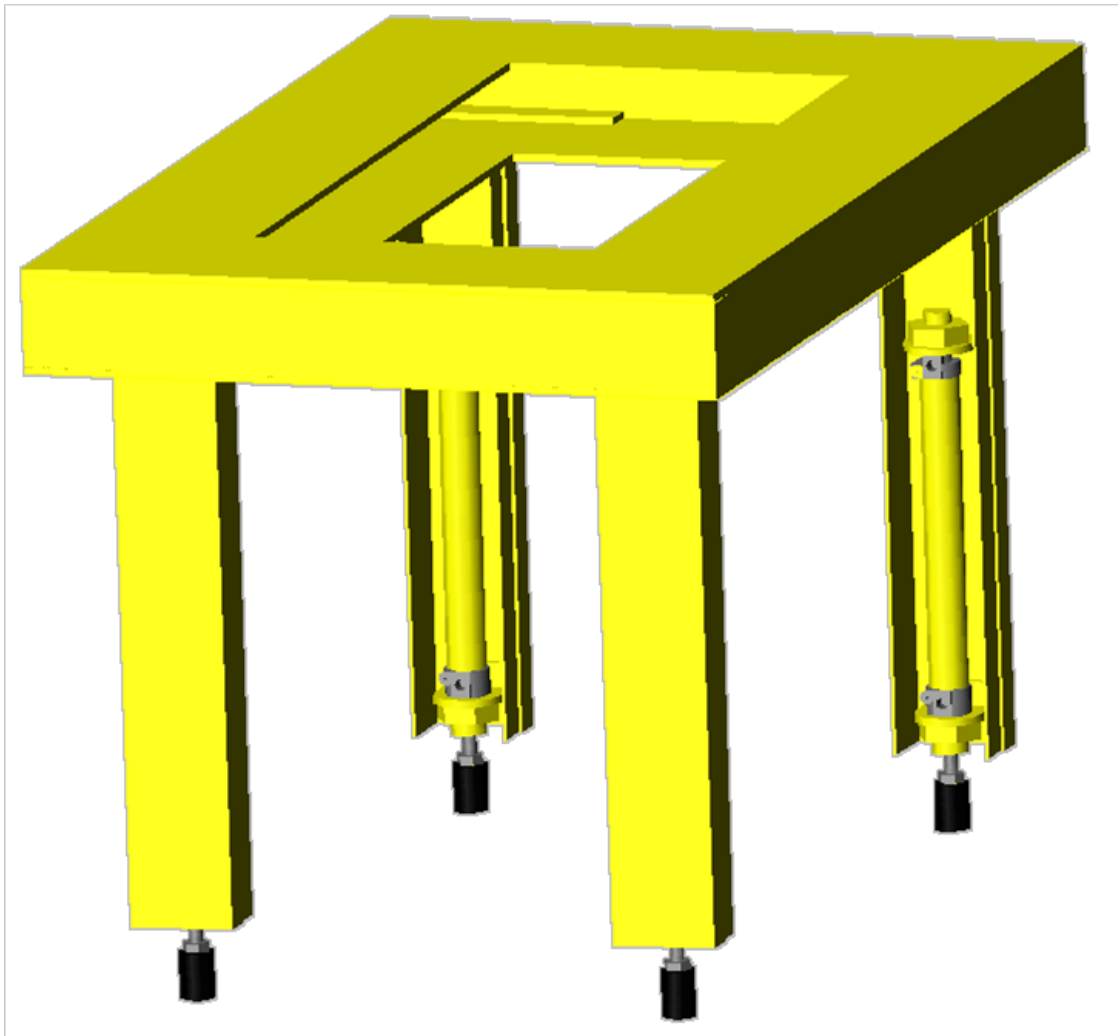
Imatges 9.3 i 9.4 Projeccions en 3 dimensions de les potes de la maqueta.

A continuació es mostren unes projeccions en tres dimensions de la part superior de la maqueta.



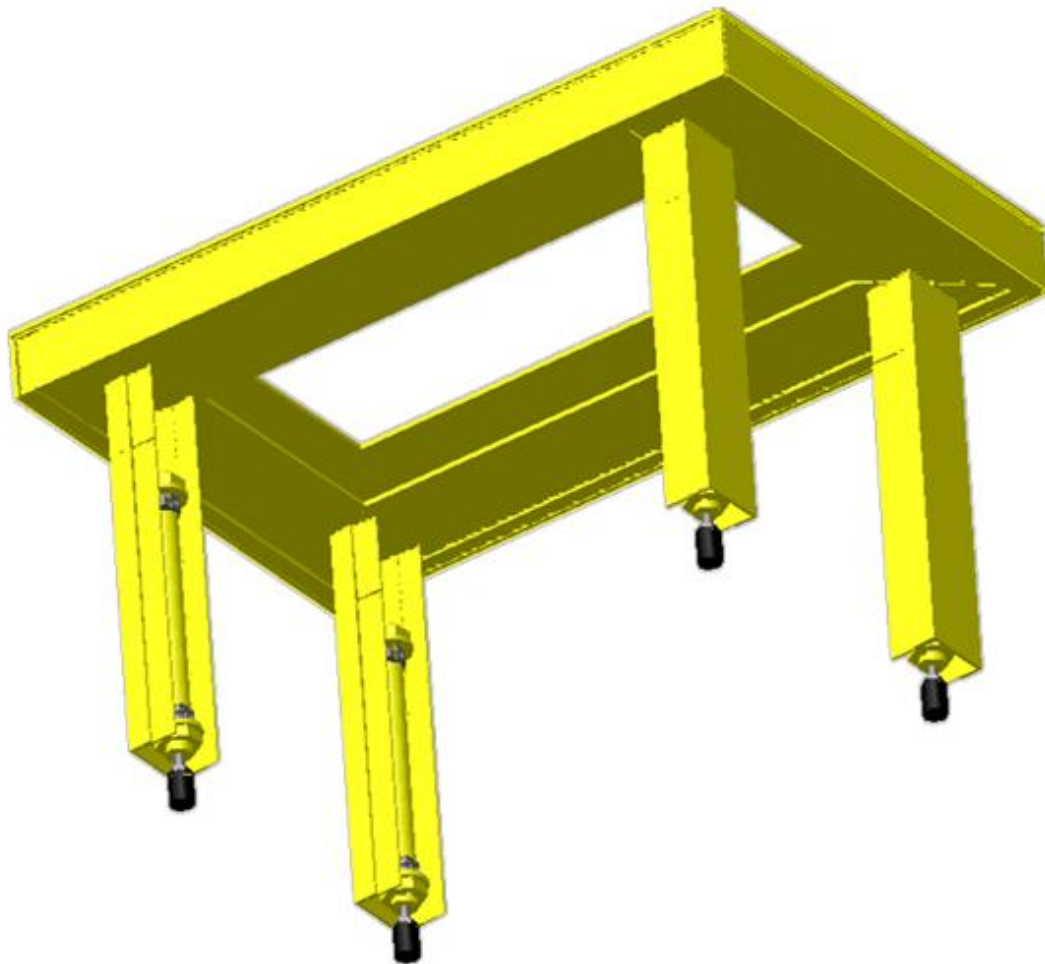
Imatges 9.5 i 9.6 Projeccions en 3 dimensions de les bigues de la maqueta.

A continuació mostrarem una imatge general de la maqueta per tal de poder fer-nos una idea general de la estructura.



Imatge 9.7 Imatge general en 3 dimensions de la maqueta.

A continuació mostrarem una nova imatge general de la maqueta per tal de poder fer-nos una idea general de la estructura.



Imatge 9.8 Imatge general en 3 dimensions de la maqueta.

10. Conclusió

El treball de recerca que hem realitzat durant el curs 2010-2011 ha estat molt important per al nostre coneixement acadèmic i personal de tot el relacionat amb els pont grua i en menor mesura de tot el que engloba l'àmpli món de la construcció i creació de grues.

Ha esdevingut un preàmbul per als nostres futurs estudis acadèmics i un petit mostrari de tot el que se'ns mostrarà tant en l'àmbit teòric com en l'àmbit legislatiu, el qual sempre és important tenir en comte, a l'hora de realitzar tasques d'aquest parell.

Personalment aquest treball ens ha aportat experiència a l'hora de treballar de manera cooperativa essent capaços de superar diferències d'opinions i conceptuals per tal de constituir un treball més complert i correcte. No estàvem gaire familiaritzats amb aquest tipus de projecte i se'ns ha permès tenir coneixement del que possiblement se'ns mostrarà a l'hora de treballar en conjunt al món laboral.

Ens hem endinsat en el món laboral i legislatiu i això ens ha proporcionat una experiència que sense cap mena de dubtes ens ajudarà a desenvolupar-nos amb millor fluïdesa i adequació de cara a diferents reptes o situacions en les quals requerirem de contacte humà i/o legal.

Hem realitzat un treball de recerca que no només s'ha desenvolupat mitjançant una única estructura, sinó que a més, hem pogut realitzar tasques des de diferents punts de vista i amb una notable diversitat conceptual. De tal manera, els coneixements de la pneumàtica mecànica i electrònica s'han vist complementats mitjançant la programació OMRON.

Podem dividir el nostre treball en dos grans blocs.: el teòric i el pràctic. Ens hem ajudat sempre de la part teòrica a l'hora de realitzar les tasques pràctiques tenint sempre en compte respectar i no contradir les nostres afirmacions prèvies. Hem rebut l'ajuda de diferents persones en tots dos àmbits i hem pogut conèixer la diversitat de treballs i tasques laborals que el tema tractat engloba.

Hem aconseguit complir amb els objectius marcats al inici de la creació del treball. Personalment ens sentim reconfortats per haver desenvolupat les tasques sense cap tipus

de confrontacions de caire personal i sempre pensant en el millor pel nostre projecte. És per això i gràcies a la responsabilitat que hi hem abocat que hem estat capaços de complir amb els objectius dins del marc pactat just abans de començar la recerca.

11. Bibliografia

Llibre de l'operador

- **Operador de grúas torre** de Luis Jiménez López ed. Monografías de la construcción

Decrets

- http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_736.pdf
- http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_737.pdf
- http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_738.pdf
- http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_253.pdf

Catàleg empresa ABUS

- <http://www.scribd.com/doc/7667053/Puente-grua>
- <http://www.abusgruas.es/var/abus/storage/original/application/0f231efac3750c38071e4f14b2543011.pdf>
- <http://www.abusgruas.es/var/abus/storage/original/application/876fa2ab3d8233f363cc23734158cc84.pdf>
- http://www.abusgruas.es/Productos/Puentes_grua

Accessoris del pont grua

- http://www.google.es/images?hl=es&biw=1916&bih=937&gbv=2&tbs=isch%3A1&sa=1&q=ganxo+grua&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=
- <http://www.logismarket.com.ar/ortiz-fischer/eslinga-de-fibra-sintetica/1537608180-1179608935-p.html>
- <http://spanish.alibaba.com/product-free-img/suction-cup-lifter3-343461464.html>

Programació OMROM

- Manual de programación Sysmac CQM1/CPM1/CPM1A/SRM1 ed.Omrom

Imatges

- <http://www.jansa.com/data/files/imatges/vigas-armadas-2.jpg>

Teoria càlculs estàtics

- <http://www.demecanica.com/TeoriaEst/TeoriaEst.htm>
- Mecànica ed McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. U.
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/duran_p_da/capitulo3.pdf

12. Agraïments

Volem agrair les aportacions de l'Escola Sant Gervasi pel que fa a la aportació de materials didàctics que han estat necessaris per desenvolupar aquest treball.

També volem agrair el institut Parets en concret el departament de electrònica per les grans aportacions de conceptes que han fet en el treball i per que ens han deixat a la nostra disponibilitat un aula per treballar un conjunt d'eines sense les quals no es pogués haver finalitzat la maqueta.

Gràcies a tots.