

Projecte Final de Carrera

Enginyer Industrial

**Càlcul i disseny d'un sistema
de seguretat coactiva en la construccio**

MEMÒRIA I ANNEXES

Autor: Héctor Parra Carrasquer

Director: Pere Alavedra Ribot

Convocatòria: Novembre 2010 (Pla 94)



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**



RESUM

El present projecte es basa en el càlcul i el disseny d'un sistema de seguretat coactiva en la construcció. S'ha estudiat un suport per una protecció provisional de vora que no va suportar les sol·licitacions esmentades a la normativa. A partir d'aquest estudi s'ha intentat trobar una solució amb la finalitat que no es torni a produir una fallida de la protecció.

Els punts desenvolupats per dur a terme el present projecte són l'anàlisi de la normativa vigent per saber els requisits que ha de tenir el sistema de seguretat. Tanmateix s'han estudiat, les sol·licitacions que ha de suportar l'esmentat suport tenint-les en compte en el seu càlcul i disseny.





SUMARI

| | |
|---|-----------|
| RESUM | 1 |
| SUMARI | 3 |
| 1.- PREFACI | 5 |
| 1.1.- Origen del projecte..... | 5 |
| 1.2.- Motivació | 5 |
| 2.- INTRODUCCIÓ | 7 |
| 2.1.- Objectius del projecte | 7 |
| 2.2.- Abast del projecte..... | 7 |
| 3.- ANÀLISIS DE LA NORMATIVA ACTUAL | 9 |
| 3.1.-Requisits dels sistemes provisionals de vora | 9 |
| 3.2.-Materials | 13 |
| 3.3.-Càlcul de les estructures..... | 14 |
| 4.- DISSENY DEL SUPORT PER LA BARANA | 17 |
| 4.1.- Situació actual | 17 |
| 4.2.- Problemàtica | 19 |
| 4.3.- Estudi del Centre d'Integritat Estructural i Fiabilitat dels Materials | 20 |
| 4.4.- Propostes de proteccions de vora..... | 23 |
| 4.4.1.- Propostes de subjecció dels sistemes provisionals de vora | 23 |
| 4.4.2.- Propostes de baranes i rodapeu | 25 |
| 4.4.3.- Suport per la barana | 26 |
| 4.5.- Solució adoptada..... | 26 |
| 4.5.1.- Materials i tipus de protecció..... | 26 |
| 4.5.2.- Solució al problema..... | 27 |



| | |
|--|-----------|
| 5.- COMPROVACIÓ DE LA RESISTÈNCIA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓ DE VORA | 29 |
| 5.1.- Comprovació de la fletxa màxima admissible..... | 29 |
| 5.2.- Comprovació de la resistència davant una càrrega accidental | 33 |
| 5.3.- Comprovació de la resistència davant una càrrega horitzontal.... | 35 |
| 5.4.- Comprovació de la resistència davant les forces degudes al vent..... | 37 |
| 5.5.- Comprovació de la resistència davant una combinació de càrregues | 44 |
| 6.- IMPACTE MEDI AMBIENTAL | 47 |
| 7.- PRESSUPOST | 49 |
| CONCLUSIONS | 51 |
| AGRAÏMENTS | 53 |
| BIBLIOGRAFIA | 55 |
| ANNEXES | 57 |



1.- PREFACI

1.1.- Origen del projecte

Una empresa va instal·lar unes proteccions provisionals de vora en una obra que van fallar davant unes determinades sol·licitacions. A partir de l'esmentat suport s'ha intentat buscar una solució al problema aparegut a tal fi que la seva durabilitat augmenti i no es torni a produir un fet com el mencionat.

1.2.- Motivació

La motivació per a realitzar el present projecte es basa principalment en la necessitat d'aprendre a elaborar un projecte d'enginyeria, conèixer com s'estructuren i el contingut de cadascuna de les seves parts.

A més, es tracta d'un projecte atractiu ja que s'ha de solucionar un problema important com és la fallida inesperada d'un sistema de protecció, buscar una solució i fer-la viable. Amb la realització del mateix s'aconsegueix una satisfacció al observar que a més de realitzar un projecte d'enginyeria s'ha aconseguit millorar la seguretat a la construcció.





2.- INTRODUCCIÓ

2.1.- Objectius del projecte

L'objectiu del present projecte és trobar una solució per un problema de resistència i durabilitat d'un suport d'una protecció provisional de vora. S'ha de dissenyar un suport per una barana d'un sistema de seguretat coactiva en la construcció que sigui resistent i tingui una alta durabilitat amb la finalitat d'evitar possibles incidents

2.2.- Abast del projecte

L'abast del present projecte és el disseny d'un suport per una barana de seguretat en la construcció. Per fer-ho s'ha hagut d'estudiar la normativa UNE-EN 13374:2004 i extreure les sol·licitacions que ha de suportar el suport. S'ha hagut de fer un anàlisi de la barana mitjançant el càlcul per comprovar que el disseny realitzat complia amb l'esmentada normativa.





3.- ANÀLISIS DE LA NORMATIVA ACTUAL

Primer de tot, és de vital importància conèixer la normativa actual en relació als sistemes provisionals de vora a fi de comprendre millor el contingut i la finalitat del present projecte.

Al Desembre del 2004, AENOR va publicar la norma "UNE-EN 13374:2004 Sistemas provisionales de protección de borde. Especificaciones del producto, métodos de ensayo". Tot i no ésser d'obligat compliment sí és criteri tècnic que s'ha de tenir en compte a l'hora de projectar baranes. Seguint les seves especificacions es pot definir clarament un sistema de protecció de vora contra segur.

Els sistemes provisionals de protecció de vora s'utilitzen en els treballs de construcció, principalment per prevenir la caiguda de persones i objectes a un nivell més baix des de teulades, vores, escales i altres àrees on es requereixi protecció.

3.1.- Requisits dels sistemes provisionals de vora

Requisits bàsics: Un sistema de protecció de vora ha de tenir al menys una barana principal i una barana intermèdia, i ha de permetre fixar-hi un rodapeu.

Puntal o suport: Element vertical rígid que permet l'ancoratge dels sistema a la vora de la zona a protegir. En el puntal es fixen els elements restants que constitueixen el sistema de protecció.

La distància entre els puntals depèn de les longituds dels elements horitzontals, però es recomana no superar els 2,50 m.

Barana principal: La distància entre la part més alta de la protecció de vora i la superfície de treball ha de ser al menys d'1.0 m mesurat perpendicularment a la superfície de treball.

Barana intermèdia: element rígid col·locat en el buit existent entre la barana principal i el rodapeu, destinat a impedir el pas o lliscament d'un treballador per l'esmentat buit.



Rodapeu: La vora superior del rodapeu ha d'estar al menys a 150 mm per sobre de la superfície de treball. El rodapeu ha d'estar dissenyat per evitar obertures entre ell i la superfície de treball normalment horitzontal.

Si hi ha obertures, una esfera amb un diàmetre de 20 mm no ha de passar a través d'elles.

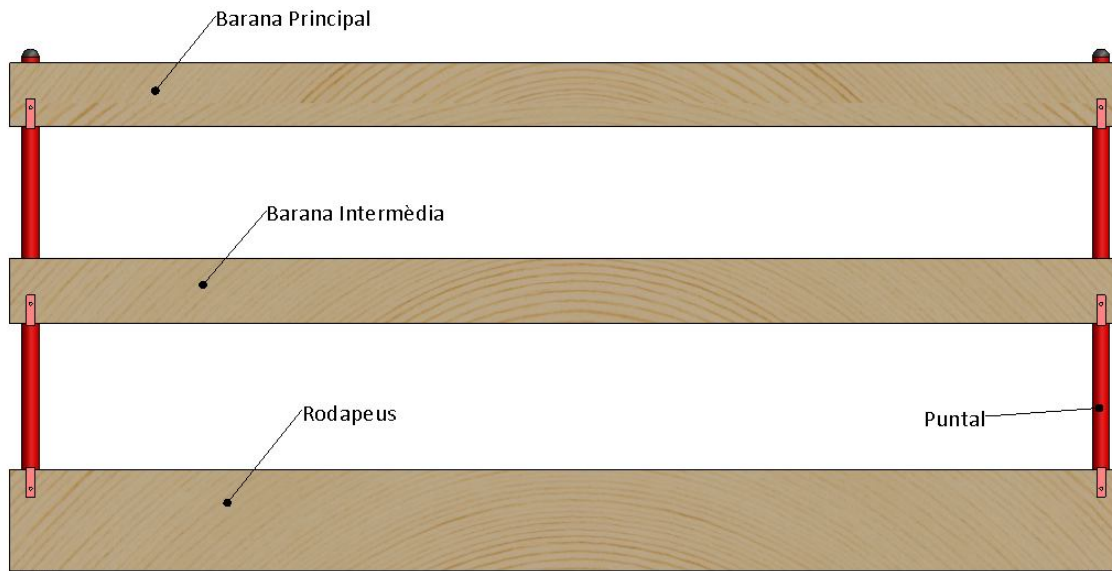


Fig. 3.1. Parts principals del sistema de protecció de vora

La norma UNE-EN 13374 s'aplica als sistemes de protecció de vora per superfícies horitzontals o inclinades i especifica els requisits per tres classes de proteccions provisionals de vora:

Classe A: La protecció classe A proporciona resistència només per càrregues estàtiques basades en els següents requisits:

- Suport per una persona que es recolzi sobre la protecció per subjectar la seva mà quan camina al seu costat.
- Parar a una persona que camina o cau en direcció de la protecció.

Tanmateix, la inclinació dels sistema de protecció de vora classe A no ha de desviar-se de la vertical AC (veure figura 3.5 de la pàgina 14) més de 15°.



Si es preveu una barana intermèdia, qualsevol obertura s'ha de dimensionar de manera que una esfera de 470 mm de diàmetre no passi a través de la protecció. Si no hi ha barana intermèdia o si aquesta no es continua, el sistema de protecció de vora s'ha de dimensionar de manera que una esfera amb un diàmetre de 250 mm no passi a través del mateix.

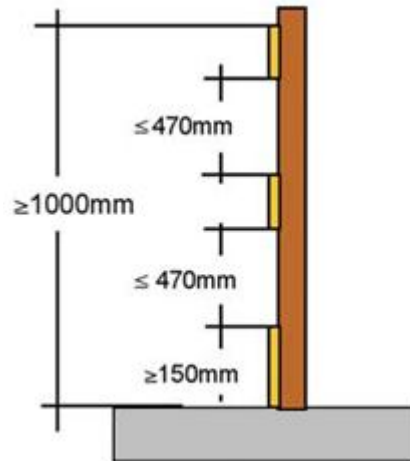


Fig. 3.2. Protecció classe A dissenyada per a càrregues estàtiques

Classe B: La protecció classe B proporciona resistència només per càrregues estàtiques i forces dinàmiques dèbils (de baixa intensitat), basades en els següents requisits:

- Suport per una persona que es recolzi sobre la protecció per subjectar la seva ma quan camina al seu costat.
- Parar a una persona que camina o cau en direcció de la protecció.
- Parar la caiguda d'una persona que llisca per una superfície inclinada.

La inclinació del sistema de protecció de vora classe B no ha de desviar-se de la línia vertical AC (veure figura 3.5 de la pàgina 14) més de 15°.

Qualsevol obertura en una protecció lateral classe B s'ha de dimensionar de manera que una esfera de 250 mm de diàmetre no passi a través de la protecció.



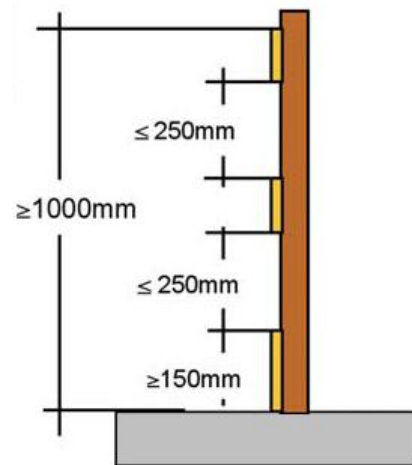


Fig. 3.3. Protecció classe B dissenyada per a càrregues estàtiques i dinàmiques de petita magnitud

Classe C: La protecció classe C proporciona resistència per forces dinàmiques elevades basades en els requisits per parar la caiguda d'una persona que llisca per una superfície de fort pendent.

La inclinació de la protecció lateral ha d'estar entre la vertical AC i la perpendicular a la superfície BC (veure figura 3.5 de la pàgina 14). Les obertures en la protecció de vora classe C s'han de dimensionar de manera que una esfera amb un diàmetre de 100 mm no passi a través de la obertura.

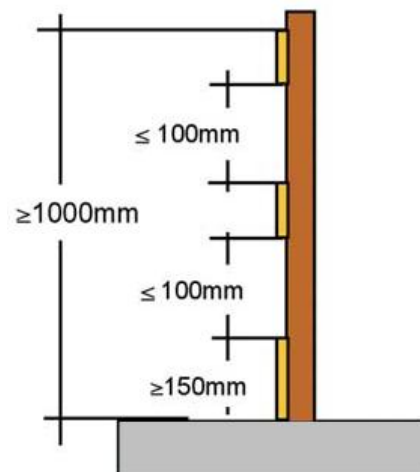


Fig. 3.4. Protecció classe C dissenyada per a càrregues dinàmiques de gran magnitud



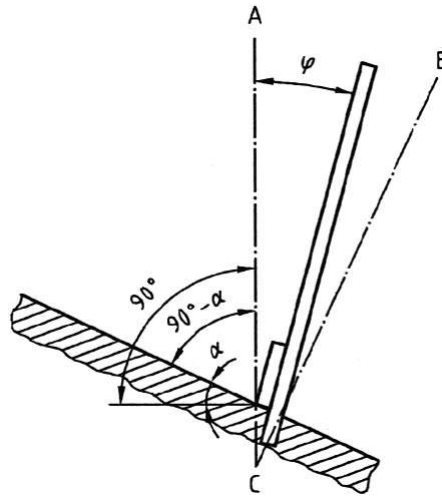


Fig. 3.5. Inclinació dels sistemes de protecció de vora classes B i C

3.2.- Materials

Els materials han de satisfer els requisits definits a les normatives europees, on es proporcionen les dades de disseny. Per altres materials, han d'estar d'acord amb les normatives europees adients. Si no existeixen normatives europees, es podran aplicar les Normes ISO.

Els materials han de ser el suficientment robusts i durades per resistir la seva utilització de manera satisfactòria.

A la Norma EN 12811-2 es troba informació relativa als materials més emprats normalment.

Acer: Els acers de desoxidació tipus FU (no calmats) no s'han d'utilitzar.

A la Norma EN 12811-2 es troba informació sobre els tipus més comuns de protecció contra la corrosió.

Si es preveu utilitzar acoblaments segons el projecte de Norma prEN 74-1, els tubs de la protecció han de tenir un límit d'elasticitat aparent nominal de, al menys, 235 N/mm^2 i un gruix de paret normal mínim de 3.2 mm.

Alumini: Quan s'utilitzin acoblaments segons el projecte de Norma prEN 74-1 per connectar tubs lliures, els tubs han de tenir un límit d'elasticitat nominal al 0.2%, al menys, 195 N/mm^2 i un gruix de paret nominal mínim de 4.0 mm.



Fusta: La fusta ha de correspondre a una classe de resistència segons la Norma EN 338.

Si s'utilitza un revestiment de protecció, no ha d'impedir la detecció dels defectes del material.

Els panells de contraxapa han de tenir, al menys, 5 capes i han de tenir un gruix mínim de 9 mm. D'altra banda, el contraxapat ha de tenir una bona durabilitat respecte de les condicions climàtiques.

3.3.- Càlcul de les estructures

$F_D = 1.25$ kN; Càrrega accidental.

$F_{T1} = 0.3$ kN; Força aplicada per complir els requisits de fletxa. (aplicada a les baranes i postes, perpendicularment al pla del sistema)

$F_{T2} = 0.2$ kN; Força aplicada per complir els requisits de fletxa. (aplicada al rodapeu)

$F_{H1} = 0.3$ kN; Força aplicada per complir els requisits de resistència. (aplicada en un punt qualsevol perpendicular al pla del sistema, excepte el rodapeu)

$F_{H2} = 0.3$ kN; Força aplicada per complir els requisits de resistència. (aplicada al rodapeu)

Àrea d'aplicació de les càrregues: Les càrregues abans esmentades són essencialment càrregues puntuals però s'han de considerar com uniformement repartides sobre una superfície de 100 mm x 100 mm.

Forces degudes la vent: El sistema de protecció de vora ha de resistir la força procedent de la càrrega deguda al vent.

Les forces degudes al vent F_w , s'han de calcular suposant que la pressió del vent s'exerceix sobre una superfície efectiva del sistema de protecció de vora, sense tenir en

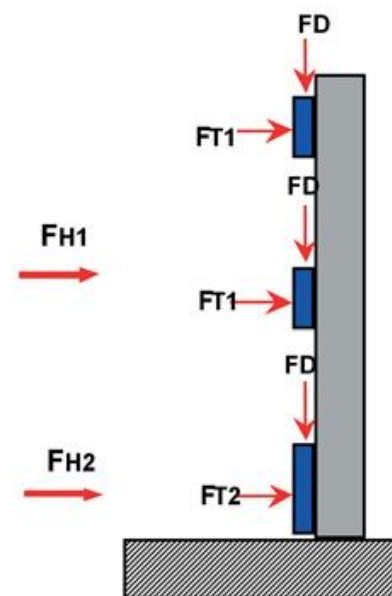


Fig. 3.6. Esquema d'aplicació de càrregues estàtiques



compte els apantallaments. S'ha de determinar segon l'equació:

$$F_W = \sum(C_{fi} \cdot q_i \cdot A_i) \quad (\text{Eq. 3.1})$$

on

F_W és la resultant de les forces degudes al vent;

C_{fi} és el coeficient de força aerodinàmica pel component i de la protecció de vora (C_{f0} pot ser emprat sense correcció);

C_{f0} és el coeficient de força d'un component amb esveltesa infinita;

q_i és la pressió sobre els components i , s'ha de prendre igual a 0.6 kN/m^2 valor que està basat en considerar alçades de 40 m, i un període d'exposició de 6 mesos, representant una velocitat aproximada de 30 m/s que cobreix gran part de les condicions d'Europa tot i que poden presentar-se condicions més desfavorables;

A_i és l'àrea de referència dels components de la protecció de vora

El coeficient C_{fi} es troba a la Norma Europea Experimental ENV 1991-2-4.

Per qualsevol secció transversal, no inclosa en la ENV 1991-2-4, el coeficient de força aerodinàmica es pot considerar no inferior a 2.0, a menys que hagi sigut establert mitjançant assaig.

Quan el vent s'identifiqui com l'estat de càrrega principal, per exemple, els seus efectes són més grans que l'efecte dels 0.3 kN especificats, s'ha de demostrar que la protecció de vora resisteix la càrrega deguda al vent mitjançant el càlcul.

Combinacions de càrregues: Les combinacions de càrregues, comprenen el tipus de càrrega següents i han d'establir-se per:

- Les càrregues horitzontals esmentades anteriorment.
- La càrrega deguda al vent d'acord amb l'apartat anterior, on q_i pot prendre's com igual a 0.2 kN/m^2 .

Només s'ha de considerar l'estat límit últim.



Estat límit de servei: La fletxa elàstica no ha de ser més gran de 55 mm. La fletxa elàstica especificada es defineix com la fletxa de tot el sistema muntat al que se li apliquen les forces F_{T1} o F_{T2} , a la posició més desfavorable.

Càrrega accidental: Tota barana principal o barana intermèdia o rodapeu, independentment del seu sistema de suport, ha de poder resistir una càrrega puntual cap a baix $F_D = 1.25$ kN sobre una longitud de 100 mm. Això s'aplica també a qualsevol altre component del sistema de protecció de vora, tals com les estructures de tipus malla, amb obertura d'una amplada superior a 100 mm.

Aquesta càrrega s'ha d'aplicar en la posició més desfavorable dels sistema de protecció de vora en sentit descendent, dins d'un sector de $\pm 10^\circ$ des de la vertical.

Càrrega dinàmica

Sistema de protecció de vora classe A: No s'especifica cap càrrega dinàmica per aquesta classe.

Sistema de protecció de vora classe B: La protecció de vora classe B ha de poder absorbir una energia cinètica de 1100 J en qualsevol lloc al llarg de la protecció, au na alçada de 200 mm per sobre de la superfície de treball i de 500 J en totes les parts a més alçada.



4.- DISSENY DEL SUPORT PER LA BARANA

4.1.- Situació actual

El suport per la barana proporcionat per l'empresa consta de dues peces. La principal, un tub de 1190 mm de longitud, 40 mm de diàmetre i gruix d'1.6 mm amb tres angles laterals acoblats per poder-hi col·locar una barana principal, una intermèdia i un rodapeu. L'altra part és la peça d'ancoratge, que consta d'un tub de 200 mm de longitud, diàmetre 35 mm i gruix 1.5 mm soldat a una peça en forma de planxa quadrada de 100 mm de costat i 5.5 mm de gruix que és colla mitjançant perns.

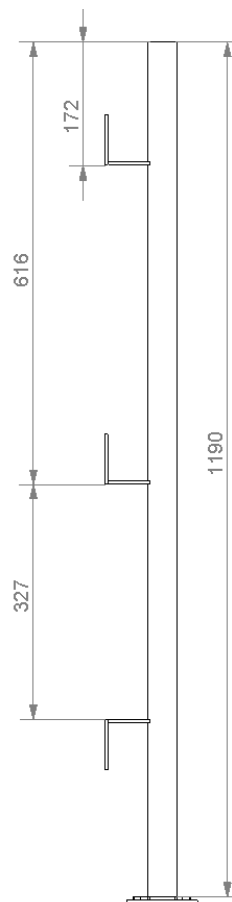


Fig. 4.1. Posició dels tres angles laterals del suport de la protecció de vora

Es pot observar en la figura 4.1 que el puntal del suport té una mesura de 1190 mm que és un valor superior als 1000 mm que diu la normativa. En quant a les dimensions de les obertures que hi puguin haver entre la barana principal i la intermèdia i aquesta amb el rodapeu dependran de les dimensions de les mateixes.



El suport en qüestió només pot ésser emprat com a protecció de classe A ja que la distància entre el punt inferior de la barana intermèdia i el punt superior del rodapeu és de 333 mm. Aquest valor és superior als 250 mm màxims de la classe B i encara més superiors als 100 mm màxims de la classe C. Per tant, aquest suport només ha de suportar càrregues estàtiques com el pes d'una persona que es recolzi sobre la protecció o per subjectar la seva ma quan camina i parar una persona que camina o cau en direcció de la protecció.

En quant al tipus de subjecció al terra el cas que ens pertoca consisteix en un sistema fixat a terra mitjançant quatre pernns situats a la base del suport. Aquesta base consisteix en un tub de 200 mm de llarg unit en un dels seus extrems a una base quadrada de 100 mm de costat i 5.5 mm de gruix. Aquest tub es fixa a terra mitjançant l'esmentat sistema i tot seguit s'hi col·loca el suport per la barana de manera que el tub de la base queda inserit dins el tub del suport al ésser aquest últim 5mm més gran en quant a diàmetre. Aquest sistema és simple i a l'hora útil i eficient. El fet que la base es pugui fixar al terra de manera separada fa que sigui molt més senzill i còmoda aquesta feina. No cal carregar amb tot el suport de 1190 mm i un pes de més de 4 kg sinó que n'hi ha prou amb les bases amb un pes i unes dimensions molt mes reduïdes. Un cop fixades totes les bases als punt adients només cal col·locar els suports per les proteccions de vora.

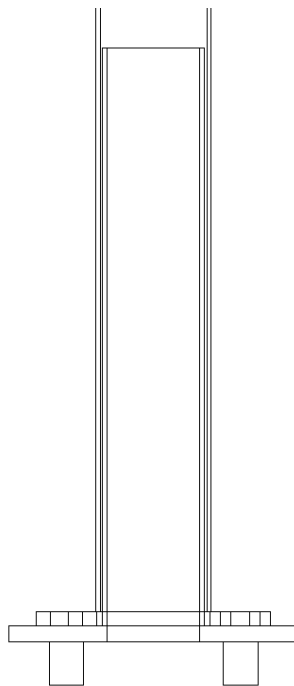


Fig. 4.2. Detall de la peça d'ancoratge inserida dins els suport



4.2.- Problemàtica

L'empresa disposa d'uns suports per la protecció provisional de vora com els esmentats anteriorment. El tub rodó que serveix de puntal on fixar-hi les baranes i el rodapeu és buit. D'aquesta forma s'aconsegueix un suport molt més lleuger i barat que si fos completament massís. Tot i les avantatges que presenta aquest tipus de solució presenta també alguns desavantatges. El principal és que l'aigua de la pluja pot entrar pel seu extrem superior.

El suport es fixa a terra mitjançant un tub de 200 mm i una base de 10 mm de costat i 5.5 mm de gruix que es colla mitjançant perns al forjat. L'esmentat tub s'insereix dins del tub del suport. Aquest tub també està buit però la base a la qual està soldat és totalment massissa i sense cap obertura. D'aquesta forma, l'aigua que entra per l'extrem superior del suport i que baixa per tot el tub fins a l'altre tub i arriba a la base s'acumula sense possibilitat de sortida. Aquesta aigua és pot acumular durant tot el temps que duri l'obra que en casos excepcionals pot arribar a ser extens si aquesta roman aturada per alguna raó, com és el cas que estem vivint recentment. L'aigua, en contacte amb l'acer, accelera el procés natural d'oxidació. Quant més temps estigui en contacte l'aigua amb l'acer més acusada serà la seva corrosió. És difícil pensar que una barana d'acer pugui fallar per aquest procés però si es té en compte que aquestes baranes s'utilitzen durant anys en diferents obres les possibilitats augmenten considerablement.

El punt més dèbil del suport per la protecció provisional de vora és la base, en la unió del tub amb la placa que serveix per collar-hi els cargols. Aquesta unió està feta mitjançant una soldadura. La peça està soldada per la part exterior la qual cosa fa que pel seu interior no hi hagi un perfecte segellat entre el tub i la placa de la base. L'aigua que s'acumula al seu interior penetra per les esclatxes i petits orificis entre aquestes dues peces i debilita de manera considerable la unió. És per aquesta raó que el punt més propici per a que aquest sistema de seguretat falli és la soldadura de la base.





Fig 4.3. Vista de les zones de trencament. Es pot observar el fenomen de la corrosió

4.3.- Estudi del Centre d'Integritat Estructural i Fiabilitat dels Materials (CIEFMA)

PROTECCIONES COLECTIVAS, S.L. va enviar unes mostres que s'hauria descobert recentment que haurien deixat d'acomplir la seva funció de manera eficaç, doncs s'hauria produït el trencament sota l'aplicació d'una càrrega relativament moderada.

Les esmentades mostres van ésser analitzades pel Centre d'Integritat Estructural i Fiabilitat dels Materials de la Universitat Politècnica de Catalunya obtenint diferents conclusions.

L'estudi s'ha dividit en quatre parts principals per intentar esbrinar les causes de la fallida de la protecció.

La primera de les parts consta d'una observació macroscòpica, primerament a simple vista, i després mitjançant un microscopi estereoscòpic. La inspecció a simple vista revela fenòmens de corrosió de diferent grau en el tub interior que forma part de la peça d'ancoratge. La corrosió present en aquestes zones resulta més acusada a uns 10mm de la platina base. En aquesta zona el gruix de la paret s'ha reduït d'1.5 mm aproximadament del



tub en perfecte estat fins als 0.5 mm del tub que va fallar.

També s'observen fenòmens de corrosió en les parts del tub interior a prop de la base, però en aquest cas el gruix de la paret només s'ha vist reduït en 1 o 2 mm

Després d'aquesta inspecció visual es pot determinar que les causa del deteriorament hauria estat un fenomen de corrosió en la cavitat interior del tub de la peça d'ancoratge, a causa de la retenció de líquids o humitats en la zona propera a la soldadura amb la platina de la base.

El següent punt en l'informe presentat pel centre CIEFMA consta d'una observació microscòpica, prèvia preparació de provetes, de les zones de fallada que no fa sinó reafirmar les conclusions de la inspecció visual.

El tercer punt de l'estudi és realitzar un assaig de duresa Vickers per comprovar que el material emprat té les prestacions mecàniques necessàries per a complir el seu comés. Els resultats obtinguts són els següents:

| Peça | Duresa de nucli HV1 | Resistència (MPa) |
|--------------|---------------------|-------------------|
| Tub exterior | 160-190 | 515-605 |
| Tub interior | 170-190 | 540-605 |
| Platina base | 145-155 | 490-505 |

Taula 4.1. Dureses i resistència dels diferents components de la protecció de vora

Mitjançant unes taules d'equivalència entre duresa Vickers i resistència es pot observar com els valors de resistència de les tres peces són molt propers i tenen tots un valor raonables en acers de construcció. Així doncs, d'aquest assaig es pot extreure que el material emprat era el correcte i que la fallida de la protecció no depèn del mateix.

Finalment l'informe finalitza amb una analítica del sistema EDX acoblat al SEM. Es tracta de l'anàlisi d'espectroscòpia d'energia dispersiva de rajos-X dut a terme per mitjà de la SEM. Permet determinar la composició química d'una mostra així com la seva morfologia i estructura.

Per poder tenir una visió general de les característiques de l'acer emprat i els components utilitzats per evitar la corrosió s'han fet analítiques directament a les mateixes



superfícies de fractura, tant dels diferents materials dipositats, com també de la pintura de color vermell que recobreix la peça d'ancoratge. Tanmateix s'han analitzat també algunes de les preparacions metal·logràfiques a fi de poder caracteritzar els aliatges emprats sense la interferència de productes contaminants o aliens.

Els espectres EDX obtinguts a partir de les preparacions metal·logràfiques de les tres peces del puntal de la barana revelen línies espectrals corresponents a l'element Ferro exclusivament. Aquest fet només indica que les peces estan manufacturades única i exclusivament amb acer sense elements d'aliatge.

D'altra banda, agafant com a referència els espectres mencionats anteriorment, al analitzar la zona de fractura mitjançant aquest mètode, qualsevol altre línia espectral diferent de l'element Ferro ha de tenir el seu origen en els productes i matèries presents a l'entorn.

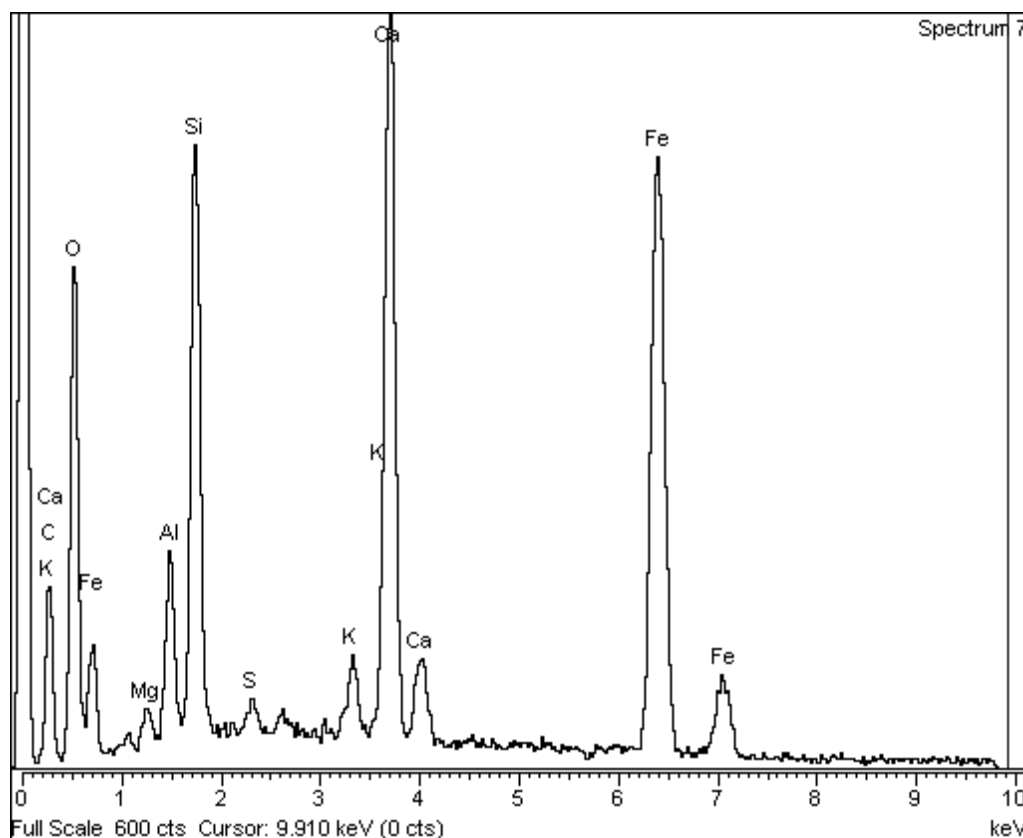


Fig. 4.4. Espectre EDX obtingut a la zona de fractura

Com es pot observar en la figura 4.4, es poden apreciar senyals dels elements Oxigen



(O), Silici (Si), Calci (Ca), Ferro (Fe), Carboni (C), Magnesi (Mg), Alumini (Al), Potassi (K) i Sofre (S).

A la vista de l'anterior espectre queda clar que els senyals diferents dels de l'element Ferro són aliens a les peces i per tant provenen de l'entorn. Per exemple, el ciment Portland conté $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ així com 3CaOSiO_2 , compostos amb els elements observats en l'anterior espectre. Tanmateix, el Carboni (C) i l'Oxigen (O) es poden trobar a la part polimèrica de la pintura. Altres elements com el Silici (Si), Sofre (S) i Calci (Ca) podrien aparèixer relacionats amb diversos productes inorgànics que acostumen a formar part de les formulacions de les pintures.

A la vista de l'espectre anterior es pot afirmar que molt probablement, en els productes derivats degut a la corrosió del tub interior hi trobem silicats, carbonats, sulfat, aluminats i òxids. Tots aquest compostos són, com s'ha mencionat anteriorment, habituals en les formulacions tant dels materials de construcció, com el ciment, com de les pintures emprades per protegir el puntal i el suport.

Per explicar el ràpid i inusual deteriorament del suport que va provocar un minvament important en el gruix del mateix, podem trobar respostes en la barreja d'alguns d'aquests compostos. La presència de ions clorur, fluorur, àcid sulfúric i ions sulfurosos acceleren la corrosió encara més tenint en compte que la velocitat del fluid en contacte és zero ja que es troba confinat.

Les humitats retingudes a l'interior de la peça d'ancoratge i els materials propis de la construcció haurien accelerat el fenomen de corrosió comportant les conseqüències esmentades anteriorment.

Tot i així, l'origen i factor més important del fenomen de corrosió no és cap altre que el confinament a l'interior del tub de la peça d'ancoratge d'aigua i humitats.

4.4.- Propostes de proteccions de vora

4.4.1.- Propostes de subjecció dels sistemes provisionals de vora

Un dels punts més importants dins dels sistemes provisionals de protecció de vora és la subjecció del mateix. Sense un sistema de subjecció prou resistent de poc importa la



resistència dels materials emprats o el total compliment de la normativa ja que no serà capaç de suportar el pes d'una persona que cau en la direcció de la protecció.

Existeixen fonamentalment 7 tipologies diferents de sistemes de subjecció que difereixen entre si en com s'agafen a la superfície de treball o al lloc on es fixen. Els dos primers, el sistema de mordassa per forjats i el sistema fixat a terra són els més emprats dins la construcció.

Sistema de mordassa per forjats (serjants): El que diferencia a aquest sistema amb altres sistemes és el puntal del suport. Aquest es fixa al costat del forjat mitjançant una mordassa a mode de gat. Aquest puntal del suport es realitza amb tub d'acer quadrat.

La mordassa o pinça és regulable per poder adaptar-se als diferents costats del forjat.

S'ha d'instal·lar una fusta a la part superior de la mordassa per evitar que aquesta rellisqui. El sistema d'estrenyiment pot estar situat junt a la mordassa o en l'extrem superior del puntal del suport.

Sistema fixat a terra: És un sistema que consisteix en fixar el puntal al forjat mitjançant dos elements. Cartutxos de PVC que s'introdueix en el formigó quan està fresc i casquets fabricats amb xapa i tub d'acer. Aquests s'ancoren al suport (generalment al forjat) mitjançant cargols embeguts en tacs d'expansió.

Els sistemes de subjecció de protecció de vora que venen a continuació no són massa utilitzats ja que només s'utilitzen en ocasions específiques quan la protecció s'ha de fixar a una biga o una columna.

Sistema contrapesat: Aquest sistema utilitza contrapesos per assegurar l'estabilitat i resistència de la protecció. El pesos emprats han d'estar degudament marcats amb el pes.

Un dels inconvenients més importants és que el volum del contrapès ha de ésser gran ja que han de tenir un pes suficient per donar la resistència necessària a la protecció i per tant ocupa un espai a diferència d'altres sistemes.

Sistema de mordassa per l'ala superior de la biga: Mitjançant una mordassa universal es fixa a l'ala superior de la biga.



Sistema de mordassa per columnes – forjats i cobertes horitzontals: Emprant una mordassa es fixa la protecció de vora a una columna.

Sistema de mordassa per l'ala inferior d'una biga: Sistema similar al de la mordassa per l'ala superior de la biga però en aquest cas, per una o altre raó s'ha de fixar a l'ala inferior.

Sistema de mordassa per columnes – cobertes inclinades: Es procedeix de manera anàloga al sistema de mordassa per columnes en forjats i cobertes horitzontals però en aquest cas la protecció de vora queda inclinada de manera que forma un angle recte amb el pla de treball.

4.4.2.- Propostes de materials per baranes i rodapeu

Els materials emprats en les baranes i el rodapeu depenen en gran mesura del tipus de protecció de vora.

En una protecció de vora classe A on les obertures entre la barana principal i la intermèdia i aquesta amb el rodapeu són prou elevades, és molt comú trobar tubs d'acer buit de diàmetre de 30 mm, gruix $e=1,5$ mm, i una longitud de $\pm 2,50$ m, amb anelles extremes ("orelles", "nanses", etc.) per a la seva fixació als escaires soldats del puntal. Aquests tubs s'utilitzen per la barana principal i la intermèdia mentre que pel rodapeu es destina un tauló de fusta que normalment té un 3 cms d'espessor, convenientment revisat i sense pintar. Aquesta diferència de material es deguda a que el rodapeu ha de tenir una alçada mínima de 150 mm i per tant no es poden emprar tubs rodons.

Altres proteccions de vora tenen tant les baranes com el rodapeu de fusta fent així més fàcil que les obertures entre ells siguin inferiors i poder tenir així una protecció classe B, per exemple.

Un altre tipus de material emprat tant en les baranes com en el rodapeu és l'alumini. Aquest material permet fer baranes i rodapeus prou amples amb un pes prou reduït i amb una resistència tant per càrregues estàtiques com dinàmiques suficient.



4.4.3.- Suport per la barana

L'element més important del sistema de protecció de vora és el puntal on es fixen tant les baranes com el rodapeu. Si aquest puntal no té la suficient resistència la protecció no aguantarà les sol·licitacions. És per aquesta raó que el material més estès en la fabricació de puntals per suports de barana és l'acer. L'acer és un material molt barat i amb unes característiques resistents molt bones i és per aquesta raó que és un dels materials més emprats dins del món de la construcció.

Se solen realitzar en tub d'acer buit de 40 mm de diàmetre, gruix $e=1,5$ mm, i 1,50 m d'altura, amb escaires soldats per suportar les baranes. Tot i que no és estrany torbar tubs amb gruix de 2 mm i una alçada inferior tot i que superior a 1 m per poder complir amb la normativa.

4.5.- Solució adoptada

4.5.1.- Materials i tipus de protecció

Un cop analitzada la barana proporcionada per PROTECCIONES COLECTIVAS S.L. y estudiades totes les possibles alternatives en quant a materials i a variacions en el suport es refereix, podem arribar a una solució.

La barana que es dissenyarà tindrà unes dimensions idèntiques a la proporcionada. Aquesta solució es pren degut a que la protecció de vora s'ha de decantar per una classe, ja sigui A, B o C. En aquest cas la classe seleccionada serà la A. Com ja s'ha mencionat anteriorment, les mides de la barana proporcionada només permetien obtenir una protecció de vora d'aquesta classe.

Tot i així, per poder emprar la protecció com un altre classe, s'haurien de modificar les posicions dels suports per les baranes i comprovar que la protecció és resistent davant les càrregues dinàmiques que especifica la normativa. Tanmateix, l'amplada de les baranes hauria de ésser més gran per tal de reduir els espais entre les mateixes i així complir la normativa per les classe A i B.

El puntal del suport serà un tub buit d'acer de 40 mm de diàmetre i un gruix de 2mm amb escaires soldat, també d'acer, per suportar les baranes. Aquest és un material amb unes



bones propietats mecàniques i un preu molt assequible i, per tant adient per a un sistema de protecció.

En quant a la tipologia d'ancoratge a la superfície de treball s'ha seleccionat aquella que va directament collada al forjat. Aquest és un dels sistemes més emprats juntament amb la mordassa per forjats utilitzant serjants. És un sistema senzill que no requereix cap mena d'element que no sigui la pròpia protecció de vora i cargols per collar-la al forjat.

Les baranes i el rodapeu seran de fusta. S'utilitzaran taulons de 3 cms de gruix convenientment revisats i sense pintar. Aquesta és una solució suficientment resistent i amb uns costos molt baixos que permeten obtenir una protecció de vora segura, fàcil de muntar i amb uns resultats excel·lents.

4.5.2.- Solució al problema

Finalment, totes aquestes solucions no són cap mena de novetat respecte solucions que ja hagin adoptat altres empreses. El problema esmentat que va provocar la fallida de la protecció de vora proporcionada es pot tornar a repetir si no es realitza algun canvi substancial en quant a disseny.

Es per aquesta raó que s'ha pensat un sistema per tal que l'aigua no entri dins el puntal del suport sense haver de fer aquest massís ja que tant el pes com el cost es veuria incrementat de manera sensible. La solució, senzilla però eficient, és col·locar un tap de plàstic (figura 4.5) a la obertura superior. La col·locació del tap impediria la penetració de l'aigua de la pluja dins el suport tot evitant la seva acumulació. Aquesta és una solució barata i senzilla que no requereix canvis substancials.



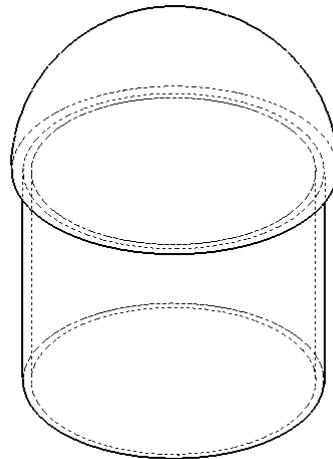


Fig. 4.5. Tap per impedir l'entrada d'aigua en el suport

D'altra banda, cal fer un altre variació respecte al suport original. És molt possible que un cop a l'obra, quan es comença a muntar la protecció de vora, el número de puntals i taps no sigui el mateix. Si això passa alguns puntals quedarien sense tap i l'aigua podria entrar al seu interior sense cap orifici de sortida. Si posteriorment arriben més taps però ha plogut durant el temps que ha transcorregut entre la instal·lació de la protecció i l'arribada dels taps, s'hauria de desmuntar aquells puntals que no tenen tap per poder treure l'aigua que podria haver-hi en el seu interior.

Un altre problema que ens podem trobar és que tot hi haver-hi taps en tots els puntals, una mica d'aigua penetrés per les escletxes que hi puguin haver, provocant una acumulació de la mateixa i esdevenint un procés de corrosió més ràpid que el natural. Tots aquests problemes es poden resoldre realitzant un orifici a la part inferior de la protecció. D'aquesta manera qualsevol possibilitat d'acumulació d'aigua quedaria reduïda de manera considerable.



5.- COMPROVACIÓ DE LA RESISTÈNCIA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓ DE VORA

5.1.- Comprovació de la fletxa màxima admissible

La fletxa elàstica no ha de ésser més gran de 55 mm. Aquesta fletxa es defineix com tot el sistema muntat on se li apliquen les forces FT1 o FT2 en la posició més desfavorable. Per procedir amb el càlcul s'emprarà el mètode dels estats límits, en aquest cas el de servei.

En l'estat límit de servei els coeficients parcials de seguretat han de ser:

- $\gamma_F = 1.0$ per totes les càrregues;
- $\gamma_M = 1.0$ per tots els materials.

Degut a que tant el coeficient de minoració de les propietats dels materials com el coeficient de majoració de les càrregues són igual a 1 no caldrà modificar les propietats ni les càrregues.

Forces aplicades directament sobre el puntal

Per simplificar els càlculs la fletxa màxima es calcularà modelitzant el puntal com una biga en bolada on se li aplica una força en un punt.

Per poder fer els càlculs pertinents primer de tot s'ha de calcular la inèrcia de la secció:

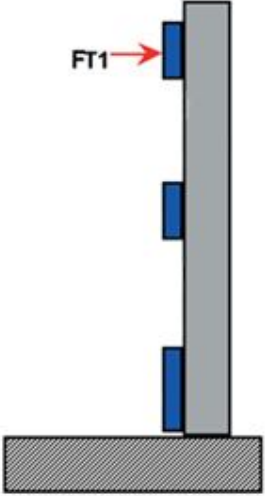
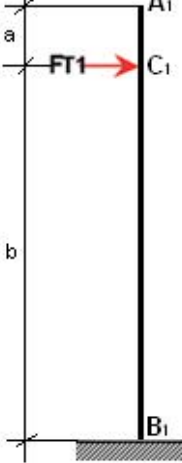
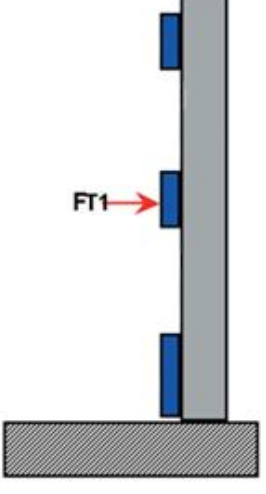
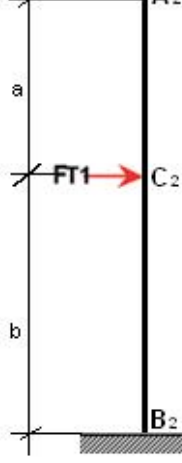
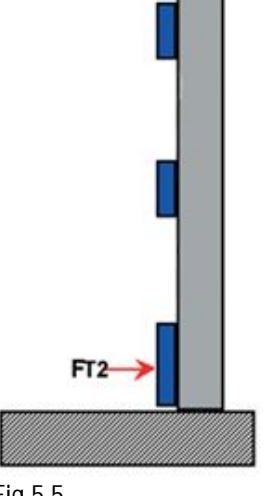
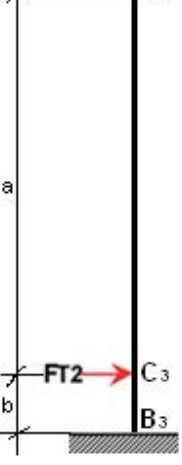
$$I_{puntal} = \frac{\pi}{4} \cdot (Re^4 - Ri^4) = \frac{\pi}{4} \cdot (20^4 \cdot 18.4^4) = 35639.1 \text{ mm}^4 \quad (\text{Eq. 5.1})$$

On Re és el radi exterior i Ri el radi interior.

A continuació es faran els càlculs pertinents per comprovar la fletxa màxima admissible. A la taula 5.1 es mostren tots els càlculs realitzats juntament amb les figures que indiquen on s'apliquen les forces i un esquema que simplifica el puntal per fer-ho més entenedor. La formula emprada per trobar la fletxa és la següent (Eq. 5.2).

$$f_{A_1} = \frac{P \cdot b^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (2b + 3a) \quad (\text{Eq. 5.2})$$



| | | |
|--|---|--|
| <p>Barana Principal</p>  <p>Fig. 5.1</p> |  <p>Fig. 5.2</p> | <p>$a = 97 \text{ mm}$</p> <p>$b = 1093 \text{ mm}$</p> <p>$FT1 = 0.3 \text{ kN}$</p> <p>Fletxa màxima:</p> $f_{A_1} = \frac{P \cdot b^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (2b + 3a) =$ $= \frac{300 \cdot 1093^2}{6 \cdot 210000 \cdot 35639.1} \cdot (2 \cdot 1093 + 3 \cdot 97) =$ <p>$= 19.77 \text{ mm}$</p> |
| <p>Barana intermèdia</p>  <p>Fig. 5.3</p> |  <p>Fig. 5.4</p> | <p>$a = 541 \text{ mm}$</p> <p>$b = 649 \text{ mm}$</p> <p>$FT1 = 0.3 \text{ kN}$</p> <p>Fletxa màxima:</p> $f_{A_2} = \frac{P \cdot b^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (2b + 3a) =$ $= \frac{300 \cdot 649^2}{6 \cdot 210000 \cdot 35639.1} \cdot (2 \cdot 649 + 3 \cdot 541) =$ <p>$= 8.22 \text{ mm}$</p> |
| <p>Rodapeus</p>  <p>Fig. 5.5</p> |  <p>Fig. 5.6</p> | <p>$a = 1064 \text{ mm}$</p> <p>$b = 126 \text{ mm}$</p> <p>$FT2 = 0.2 \text{ kN}$</p> <p>Fletxa màxima:</p> $f_{A_3} = \frac{P \cdot b^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (2b + 3a) =$ $= \frac{200 \cdot 126^2}{6 \cdot 210000 \cdot 35639.1} \cdot (2 \cdot 126 + 3 \cdot 1064) =$ <p>$= 0.24 \text{ mm}$</p> |

Taula 5.1. Comprovació de les fletxes màximes per a cadascun dels tres casos possibles



Es pot observar com en cap cas la fletxa màxima arriba als 55 mm que marca la normativa. Tot i així, aquest podria no ésser el pitjor cas i per tant s'ha d'investigar alternatives més crítiques.

Forces aplicades sobre les baranes

El segon cas possible és que la força s'apliqui en el centre de les baranes i del rodapeus. Per procedir a calcular la fletxa que hi ha en el punt mig s'ha modelitzat la barana com una biga recolzada en els dos extrems amb una força aplicada just al punt central. Es calcularà la fletxa que resulta de la força i per trobar la fletxa total s'haurà de sumar la meitat de la fletxa trobada en el cas anterior. Això es degut a que al aplicar la força al punt central de la barana aquesta es reparteix de igual manera en cadascun dels dos puntals.

Tanmateix, primer de tot s'ha de calcular la inèrcia de la secció de les baranes i el rodapeus:

$$I_{baranes} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{150 \cdot 30^3}{12} = 337500 \text{ mm}^4 \quad (\text{Eq. 5.3})$$

$$I_{rodapeus} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{242 \cdot 30^3}{12} = 544500 \text{ mm}^4$$

Per procedir amb el càlcul s'ha agafat un mòdul d'elasticitat de la fusta de 10000 N/mm². Aquest és un valor mig per a les fustes emprades en la construcció i per tant se'n poden trobar amb mòduls d'elasticitat superiors.

Barana principal i intermèdia

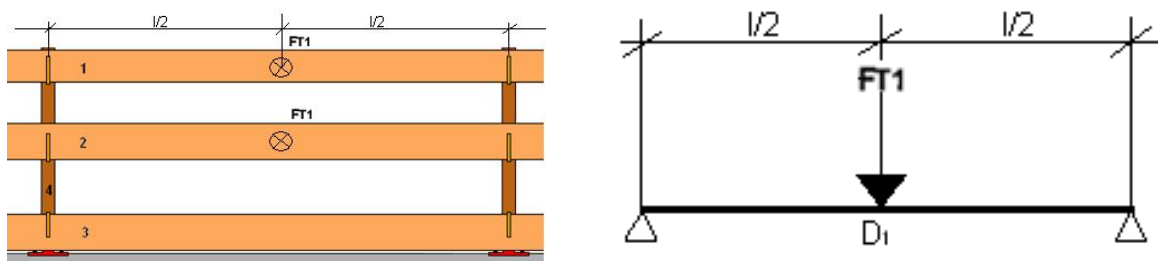


Fig. 5.7. Esquema de l'aplicació de les càrregues sobre les baranes



Barana principal

$$f_{D_1} = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{300 \cdot 2600^3}{48 \cdot 10000 \cdot 337500} = 32.55 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 5.4})$$

A aquest valor se li ha de sumar la meitat del valor trobat anteriorment:

$$f_{D_{1TOTAL}} = \frac{19.77 \text{ mm}}{2} + 32.55 = 42.44 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 5.5})$$

Barana intermèdia

$$f_{D_1} = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{300 \cdot 2600^3}{48 \cdot 10000 \cdot 337500} = 32.55 \text{ mm}$$

A aquest valor se li ha de sumar la meitat del valor trobat anteriorment:

$$f_{D_{1TOTAL}} = \frac{8.22 \text{ mm}}{2} + 32.55 = 36.66 \text{ mm}$$

Rodapeus

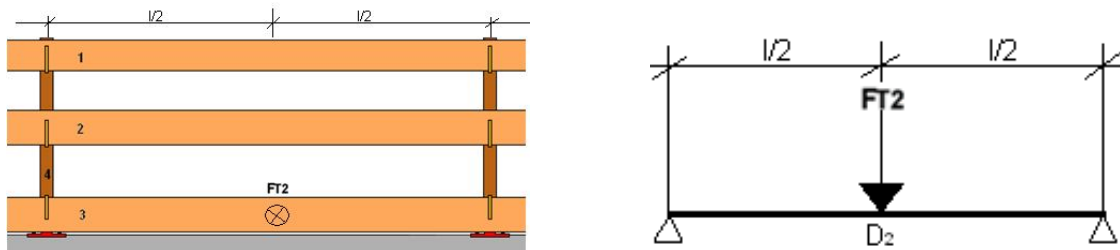


Fig. 5.8. Esquema de l'aplicació de les càrregues sobre el rodapeus

$$f_{D_2} = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{200 \cdot 2600^3}{48 \cdot 10000 \cdot 544500} = 13.45 \text{ mm}$$

A aquest valor se li ha de sumar la meitat del valor trobat anteriorment:

$$f_{D_{2TOTAL}} = \frac{0.24 \text{ mm}}{2} + 13.45 = 13.57 \text{ mm}$$

Després de fer la segona comprovació s'observa com aquest últim cas és més crític que el primer però que tot i així en cap cas s'arriben a superar els 55 mm de fletxa màxima. La situació més desfavorable és l'aplicació de la força en el punt central de la barana principal que provocaria una fletxa de 42.44 mm.



5.2.- Comprovació de la resistència davant una càrrega accidental

S'ha de comprovar que tant les baranes com el rodapeus poden resistir una càrrega accidental en direcció descendent de 1.25 kN aplicada sobre una longitud de 100 mm.

Per a tal efecte s'han d'aplicar els següents coeficients de seguretat:

- $\gamma_F = 1.5$ per totes les càrregues;
- $\gamma_M = 1.1$ pels materials metàl·lics;
- $\gamma_M = 1.3$ per la fusta.

L'esquema que es seguirà serà el d'una biga recolzada en els dos extrems amb una càrrega repartida en la seva part central (figura 5.9):

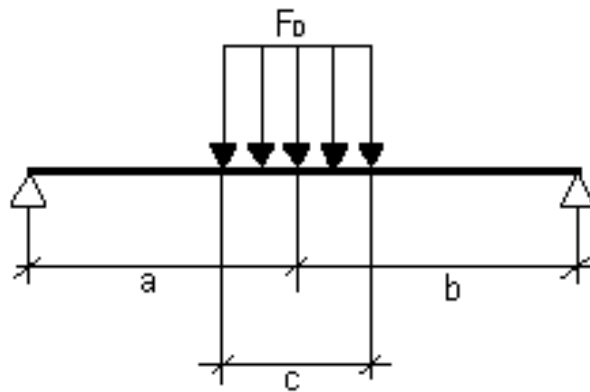


Fig. 5.9. Esquema de l'aplicació de la càrrega accidental

On:

- $a = 1300$ mm
- $b = 1300$ mm
- $l = a + b$
- $c = 100$ mm
- $F_D = 1.25$ kN aplicats sobre 100 mm = 12.5 N/mm

Baranes principal i intermèdia

Primer s'ha de majorar la càrrega:

$$F_{D\text{majorada}} = F_D \cdot \gamma_F = 12.5 \text{ N/mm} \cdot 1.5 = 18.75 \text{ N/mm}$$

(Eq. 5.6)



Tot seguit es procedeix al càlcul del moment màxim que es troba en el punt central de la barana:

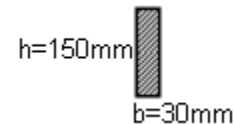
$$M_{m\grave{a}x} = \frac{F_{Dmajorada} \cdot b \cdot c}{2 \cdot l} \cdot \left(2 \cdot a - c + \frac{b \cdot c}{l} \right) \quad (Eq. 5.7)$$

$$M_{m\grave{a}x} = \frac{18.75 \cdot 1300 \cdot 100}{2 \cdot 2600} \cdot \left(2 \cdot 1300 - 100 + \frac{1300 \cdot 100}{2600} \right) = 1195312.5 \text{ Nmm}$$

A continuació es calcularà la tensió de flexió màxima que s'haurà de comparar amb la resistència del material per verificar que la barana suporta la força aplicada.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \quad (Eq. 5.8)$$

On $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ és el moment resistent de la secció d'estudi.



Així doncs, la tensió de flexió màxima resultant és:

Fig 5.10. Secció a estudi

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot 1195312.5}{30 \cdot 150^2} = 10.625 \text{ N/mm}^2$$

En quant a la fusta emprada, s'ha seleccionat una classe resistent C24 que és la corresponent per a fustes procedents dels pins més comuns a Espanya.

Fusta classe C24: $f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$

Minorem la resistència de la fusta:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{24}{1.3} = 19.45 \text{ N/mm}^2 \quad (Eq. 5.9)$$

Comprovació de la resistència tant de la barana principal com intermèdia fent el quocient entre la tensió de flexió màxima i la resistència del material (Eq. 5.10).

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{10.625}{19.45} = 0.55 < 1 \quad (Eq. 5.10)$$

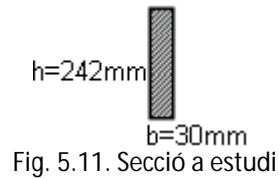
Es pot comprovar com el resultat del quocient entre la tensió de flexió màxima i la resistència de la fusta és menor a 1. Això indica que encara no s'ha arribat al límit del que poden aguantar tant la barana com el rodapeus i que per tant suporten amb garanties les



sol·licitacions.

Rodapeus

Anàlogament amb el procediment anterior es procedirà al càlcul del rodapeus tot tenint en compte la diferent secció que aquest presenta.



El moment màxim segueix essent el mateix ja que aquest no depèn de la secció. Tanmateix l'únic que canvia és la tensió de flexió màxima (Eq. 5.8) ja que aquesta sí que depèn de la secció a estudi.

$$\sigma_{m,d} = \frac{6 \cdot 1195312.5}{30 \cdot 242^2} = 4.08 \text{ N/mm}^2$$

Tot seguit ja es pot procedir a comprovar la resistència del rodapeus (Eq. 5.10):

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{4.08}{19.45} = 0.21 < 1$$

Igual que en el cas de les baranes, el quocient entre la tensió de flexió màxima i la resistència de la fusta és menor a 1, per tant, el rodapeus també resisteix els 1.25 kN de càrrega accidental.

5.3.- Comprovació de la resistència davant una càrrega horitzontal

Un altre comprovació que s'ha de realitzar és que les baranes han de ser capaces de resistir una càrrega $F_{H1}=0.3$ kN aplicada perpendicularment al eix del puntal. Tanmateix, el rodapeus també ha de ser capaç de resistir una càrrega $F_{H2}=0.3$ kN aplicada, igualment, de forma perpendicular al eix del puntal.

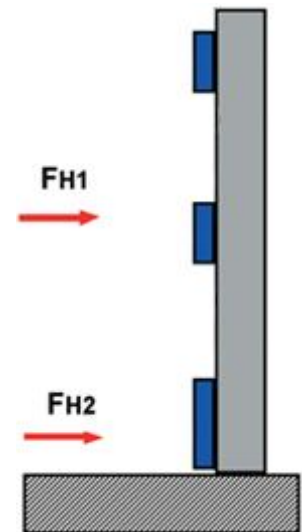


Fig. 5.12. Esquema de forces per Comprovar resistència

Per procedir amb el càlcul de la resistència es modelitzarà el cas que ens pertoca com una biga recolzada en els seus dos extrems amb una força puntual al punt mig tal com es mostra a la figura 5.13



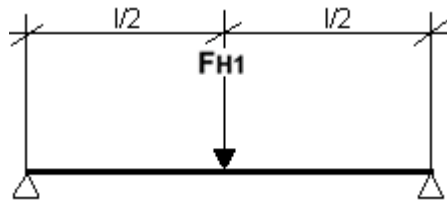


Fig. 5.13. Esquema de l'aplicació de les forces

El procediment a seguir en aquest cas és el mateix que en el cas anterior. La diferència més important és que ara la biga no treballa en un altre direcció el que li proporciona menys resistència com es comprovarà a continuació.

Com ens torbem en estat límit últim hem d'emprar els coeficients de seguretat esmentats anteriorment. Així doncs, primer s'ha de majorar la càrrega (Eq. 5.11):

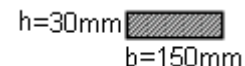
$$F_{H1\text{majorada}} = F_{H1} \cdot \gamma_F = 300 \text{ N} \cdot 1.5 = 450 \text{ N} \quad (\text{Eq. 5.11})$$

Comprovació de la resistència de les baranes

Tot seguit es procedeix al càlcul del moment màxim que es troba en el punt mig de la barana:

$$M_{\text{màx}} = \frac{F_{H1\text{majorada}} \cdot l}{4} = \frac{450 \cdot 2600}{4} = 292500 \text{ Nmm} \quad (\text{Eq. 5.12})$$

Anàlogament amb el procediment anterior s'ha de calcular la tensió de flexió màxima per la secció que ens pertoca:



$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{6 \cdot 292500}{150 \cdot 30^2} = 13 \text{ N/mm}^2$$

Fig. 5.14. Secció a estudi

Tot seguit ja es pot procedir a comprovar la resistència de les baranes:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{13}{19.45} = 0.67 < 1$$

S'ha obtingut 0.67 que està per sota 1, per tant la seguretat està més que garantida.

Comprovació de la resistència del rodapeus

El moment màxim és el mateix que el calculat per les baranes ja que la força és la



mateixa i no depèn de la secció.

$$M_{m\grave{a}x} = 292500 \text{ Nmm}$$

Anàlogament amb el procediment anterior s'ha de calcular la tensió de flexió màxima per la secció que ens pertoca:

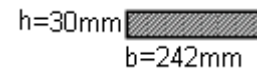


Fig. 5.14. Secció a estudi

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{6 \cdot 292500}{242 \cdot 30^2} = 8.06 \text{ N/mm}^2$$

Tot seguit ja es pot procedir a comprovar la resistència de les baranes:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{8.06}{19.45} = 0.41 < 1$$

En el cas del rodapeus el valor del quocient entre la tensió de flexió màxima i el moment màxim està molt més allunyat d'1 degut a la diferent secció entre un i altre cas.

5.4.- Comprovació de la resistència davant les forces degudes al vent

El sistema de protecció de vora ha de ser capaç de resistir la força deguda al vent. Aquesta força depèn de la situació geogràfica on es trobi l'element a estudi, la barana en el nostre cas, així com el tipus d'exposició als elements.

L'acció de vent, en general una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o pressió estàtica, q_e pot expressar-se com (Eq. 5.13):

$$q_e = h \cdot q_b \cdot C_e \cdot C_p \quad (\text{Eq. 5.13})$$

sent:

q_b la pressió dinàmica del vent. De forma simplificada, com a valor en qualsevol punt del territori espanyol, pot prendre's 0,5 kN/m². Tot i que es poden obtenir valors més precisos.



C_e el coeficient d'exposició, variable amb l'altura del punt considerat, en funció del grau d'aspror de l'entorn on es troba situada la construcció. En edificis urbans de fins a 8 plantes pot prendre's un valor constant, independent de l'altura, de 2,0.

C_p el coeficient eòlic o de pressió, dependent de la forma i orientació de la superfície respecte al vent, i si escau, de la situació del punt respecte a les vores d'aquesta superfície; un valor negatiu indica succió.

Pressió dinàmica

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot V_b^2 \quad (\text{Eq. 5.14})$$

On δ és la densitat de l'aire que pot prendre's com 1.25 kg/m^3 i V_b^2 és el valor bàsic de la velocitat del vent que per la zona de Barcelona (Zona C), lloc on estudiarem la força del vent, és de 29 m/s . Així doncs obtenim:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot V_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot 29^2 = 0.52 \text{ kN/m}^2$$

Coeficient d'exposició

El coeficient d'exposició es pot calcular amb les següents expressions, Eq. 5.15, Eq. 5.16.

$$C_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) \quad (\text{Eq. 5.15})$$

$$F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z)}{L}\right) \quad (\text{Eq. 5.16})$$

Essent k , L i Z paràmetres característics de cada tipus d'entorn i z l'alçada a que es troba el lloc d'estudi sobre el nivell del mar.

Tenint en compte que farem l'estudi per la ciutat de Barcelona, s'han agafat els coeficients corresponents a una zona urbana en. Així, obtenim uns valors pels paràmetres i un resultat del coeficient d'exposició:



$$k = 0.22$$

$$L = 0.3 \text{ m}$$

$$Z = 5.0 \text{ m}$$

$$z = 25 \text{ m}$$

$$F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z,Z)}{L}\right) = 0.22 \cdot \ln\left(\frac{\max(25,5)}{0.3}\right) = 0.97$$

$$C_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) = 0.97 \cdot (0.97 + 7 \cdot 0.22) = 2.4$$

Coefficient eòlic o de pressió

El coeficient eòlic o de pressió es troba en una taula al CTE DB SE-AE. Per poder accedir-hi primer s'ha de calcular el coeficient d'esveltesa al pla paral·lel al vent.

$$Esveltesa = \frac{h}{d} = \frac{0.15}{0.03} = 5 \quad (\text{Eq. 5.17})$$

| | Esveltesa en el plano paral·lel al vent | | | | | |
|------------------------------------|---|------|------|------|------|--------|
| | < 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | ≥ 5,00 |
| Coeficient eòlic de pressió, C_p | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Coeficient eòlic de succió, C_s | -0,3 | -0,4 | -0,4 | -0,5 | -0,6 | -0,7 |

Taula 5.1. Coeficients eòlics de pressió i succió

En el cas que ens pertoca, degut a que l'esveltesa és igual a 5, el coeficient eòlic de pressió és 0,8 i el de succió -0,7 (veure taula 5.1). A efectes de càlcul, el coeficient que s'ha d'emprar per calcular la força deguda al vent és la suma en mòdul dels dos coeficients trobats anteriorment. Això es deu a que el coeficient C_p fa referència a la força que apareix en la part frontal de la barana, just on incideix el vent, mentre que el coeficient C_s , fa referència a la part de darrera on es crea una succió i per això és negatiu.



Ara ja ens trobem en disposició de calcular la força perpendicular a la superfície de cada punt exposat al vent. Per trobar una força lineal la multiplicarem per la amplada h de 150 mm en el cas de les baranes i 242 mm pel rodapeus.

Força que reben les baranes

$$q_e = h \cdot q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0.15 \cdot 0.52 \cdot 2.4 \cdot (0.8 + 0.7) = 0.28 \text{ kN/m}$$

Força que rep el rodapeus

$$q_e = h \cdot q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0.242 \cdot 0.52 \cdot 2.4 \cdot (0.8 + 0.7) = 0.45 \text{ kN/m}$$

Comprovació de la resistència de les baranes

El moment màxim ve donat per la següent expressió i es troba en el punt mig de les baranes.

$$M_{m\grave{a}x} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0.28 \cdot 2600^2 = 236600 \text{ Nmm} \quad (\text{Eq. 5.18})$$

Anàlogament amb els processos seguits anteriorment, s'ha de calcular la tensió de flexió màxima per la secció per comparar-lo després amb la resistència de la fusta.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{6 \cdot 236600}{150 \cdot 30^2} = 10.52 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{10.52}{19.45} = 0.54 < 1$$

Observem que el resultat obtingut és menor a 1 i per tant indicatiu de la resistència de les baranes.

Comprovació de la resistència del rodapeus

El moment màxim és diferent que el trobat anteriorment ja que la superfície del



rodapeus és més gran que en el cas de les baranes.

$$M_{m\grave{a}x} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0.45 \cdot 2600^2 = 380250 \text{ Nmm}$$

Tanmateix, el procés seguit per comprovar la resistència de la barana és el mateix canviant les mesures corresponents degudes a la diferent secció entre barana i rodapeus.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{6 \cdot 380250}{242 \cdot 30^2} = 10.47 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{10.47}{19.45} = 0.54 < 1$$

Finalment es comprova que les baranes i el rodapeus estan correctament dimensionades i suporten la força del vent.

Comprovació del puntal

Per acabar amb totes les comprovacions de la resistència de cadascun dels components que conformen el sistema de protecció de vora, cal analitzar el puntal que serveix per suport tant per la barana com pel rodapeus.

De totes les forces aplicades sobre la barana, la més gran és la del vent. Tal i com diu la normativa, quan la força del vent sigui la principal s'ha de calcular que tot el sistema aguanta dita força. Així doncs, després de comprovar que les baranes i el rodapeus suporten la força del vent, comprovant que també ho fa el puntal, podrem assegurar que el sistema de protecció de vora compleix amb la normativa i és capaç de resistir les accions que en ella es detallen.

Es faran dues comprovacions, la primera, amb la força resultant de l'aplicació a la barana principal ja que la distància fins l'extrem encastat el forjat és la més gran. La segona, amb la força aplicada al rodapeus ja que resulta més gran que la primera.



Força resultant de l'aplicació a la barana principal

Seguint el procés realitzat en el primer càlcul, s'ha modelat la situació com una biga en voladís on la força F està aplicada a una distància $L = 1093 \text{ mm}$.

La força F_D que rep el puntal es la meitat de la força total aplicada a la barana, per tant:

$$F_D = \frac{0.28 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 2600 \text{ mm}}{2} = 364 \text{ N} \quad (\text{Eq. 5.19})$$

El primer pas és la majoració de la càrrega:

$$F_{D\text{majorada}} = F_D \cdot \gamma_F = 364 \text{ N} \cdot 1.5 = 546 \text{ N}$$

Tot seguit es procedeix al càlcul del moment màxim que es troba en el punt central de la barana:

$$M_{\text{màx}} = F_{D\text{majorada}} \cdot L = 420 \cdot 1093 = 596778 \text{ Nmm} \quad (\text{Eq. 5.20})$$

A continuació es calcularà la tensió de flexió màxima que s'haurà de comparar amb la resistència del material per verificar que la barana suporta la força aplicada.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$$

$$\text{On } W = \frac{\pi}{4} \cdot (R_e^2 - R_i^2) \quad (\text{Eq. 5.21})$$

és el moment resistent de la secció d'estudi i és igual a:

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot (20^3 - 18.4^3) = 1390.54 \text{ mm}^3$$

Així doncs, la tensió de flexió màxima resultant és:

$$\sigma_{m,d} = \frac{596778}{1390.54} = 429 \text{ N/mm}^2$$

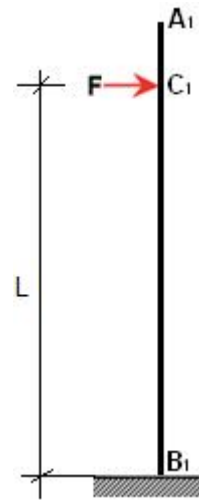


Fig. 5.15. Esquema d'aplicació de la càrrega



L'acer seleccionat ha estat el S450 ja que els valors obtinguts de resistència a la tracció en l'informe del CIEFMA detallat amb anterioritat concorden amb aquest tipus d'acer. La seva tensió de ruptura en aquest cas és $f_u = 550 \text{ N/mm}^2$

Minorem la resistència de l'acer:

$$f_{u,d} = \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{550}{1.1} = 500 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Eq. 5.22})$$

Comprovació de la resistència del puntal:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{429}{500} = 0.86 < 1$$

El quocient entre la tensió de flexió màxima i el moment màxim majorat és menor a 1 i per tant satisfactori ja que indica la resistència del puntal.

Força resultant de l'aplicació al rodapeus

Seguint el procés realitzat en el primer càlcul, s'ha modelat la situació com una biga en voladís on la força F està aplicada a una distància $L = 126 \text{ mm}$.

La força F_D que rep el puntal es la meitat de la força total aplicada a la barana, per tant:

$$F_D = \frac{0.45 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 2600 \text{ mm}}{2} = 585 \text{ N}$$

El primer pas és la majoració de la càrrega:

$$F_{D\text{majorada}} = F_D \cdot \gamma_F = 585 \text{ N} \cdot 1.5 = 877.5 \text{ N/mm}$$

Tot seguit es procedeix al càlcul del moment màxim que es troba en el punt central de la barana:

$$M_{\text{màx}} = F_{D\text{majorada}} \cdot L = 877.5 \cdot 126 = 110565 \text{ Nmm}$$



Fig. 5.16. Esquema d'aplicació de la càrrega



Seguint el mateix procés es calcularà la tensió de flexió màxima que s'haurà de comparar amb la resistència del material per verificar que la barana suporta la força aplicada.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{110565}{1390.54} = 79.5 \text{ N/mm}^2$$

Comprovació de la resistència del puntal:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{79.5}{500} = 0.16 < 1$$

En aquest darrer cas es torna a corroborar la resistència del puntal i per tant de tot el sistema de protecció de vora.

L'últim càlcul a realitzar per a la comprovació de la resistència tant del sistema de protecció de vora és la combinació de càrregues. Es podria donar el cas que una persona es recolzes amb el sistema de protecció i a l'hora i hagués un fort vent que faria que la força resultant fos superior. La normativa diu que en el cas de les combinacions de càrregues, la força del vent ha d'ésser menor que si només es té en compte aquesta força. Tenint en compte tot això es procedeix a la comprovació.

5.5.- Comprovació de la resistència davant una combinació de càrregues

La norma UNE-EN 13374:2004 Sistemas provisionales de protección de borde, diu que en el cas de combinació de càrregues q_b ha de prendre's igual a 0.2 kN/m^2 així doncs, la força del vent per aquest cas serà:

Força que reben les baranes

$$q_e = h \cdot q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0.15 \cdot 0.20 \cdot 2.4 \cdot (0.8 + 0.7) = 0.10 \text{ kN/m}$$

Força que rep el rodapeus

$$q_e = h \cdot q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0.242 \cdot 0.20 \cdot 2.4 \cdot (0.8 + 0.7) = 0.17 \text{ kN/m}$$

La norma també diu que s'han de tenir en compte tant la força del vent com les



càrregues horitzontals de 0.3 kN per complir els requisits de resistència.

Per saber quin seria l'equivalent en forma de força puntual al centre de la barana de la càrrega repartida corresponent al vent, s'han igualat les fletxes i aïllat la força que provocaria la mateixa fletxa que el vent (Eq. 5.23).

$$f_{\text{fletxa}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (\text{Eq. 5.23})$$

Substituint totes les dades i aïllant, obtenim $F = 155 \text{ N}$

Ara ja es pot procedir al càlcul de la resistència de les baranes

Comprovació de la resistència de les baranes

Majoració de la càrrega ja que la norma diu que només s'ha de tenir en compte l'estat límit últim.

$$F_{\text{majorada}} = F \cdot \gamma_F = (155 + 300) \text{ N} \cdot 1.5 = 682.5 \text{ N}$$

Tot seguit es procedeix al càlcul del moment màxim que es troba en el punt mig de la barana:

$$M_{\text{màx}} = \frac{F_{\text{majorada}} \cdot l}{4} = \frac{682.5 \cdot 2600}{4} = 426562 \text{ Nmm} \quad (\text{Eq. 5.24})$$

Anàlogament amb el procediment anterior s'ha de calcular la tensió de flexió màxima per la secció que ens pertoca:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{6 \cdot 426562}{150 \cdot 30^2} = 18.96 \text{ N/mm}^2$$

Tot seguit ja es pot procedir a comprovar la resistència de les baranes:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{18.96}{19.45} = 0.97 < 1$$

En aquest darrer cas el quocient entre tensió de flexió màxima i moment màxim és molt proper a 1 tot i que inferior. Hom podria pensar que la secció en qüestió es troba propera a trencar-se. La realitat és que s'apliquen uns coeficients majoradors de càrregues i minoradors de propietats resistents dels materials per a que resultats com el que acabem de trobar, no indiquin que estem al límit resistent de la secció a estudi.



Comprovació de la resistència del rodapeus

Anàlogament al procés seguit anteriorment, s'igualen les fletxes pel cas de càrrega repartida i càrrega puntual per trobar la força F equivalent (Eq. 5.23).

$$fletxa = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

Substituint les noves dades i aïllant, obtenim $F = 250 \text{ N}$

$$F_{\text{majorada}} = F \cdot \gamma_F = (250 + 300) \text{ N} \cdot 1.5 = 825 \text{ N}$$

El moment s'ha de tornar a calcular ja que la força deguda al vent és

$$M_{\text{màx}} = \frac{F_{\text{majorada}} \cdot l}{4} = \frac{825 \cdot 2600}{4} = 515625 \text{ Nmm}$$

Anàlogament amb el procediment anterior s'ha de calcular la tensió de flexió màxima per la secció que ens pertoca:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{6 \cdot 515625}{242 \cdot 30^2} = 14.20 \text{ N/mm}^2$$

Tot seguit ja es pot procedir a comprovar la resistència de les baranes:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{14.20}{19.45} = 0.73 < 1$$

En el cas del rodapeus el valor del quocient entre la tensió de flexió màxima i el moment màxim està molt més allunyat d'1 degut a la diferent secció entre un i altre cas.



6.- IMPACTE MEDI AMBIENTAL

L'objectiu del projecte no era un altre que redissenyar un sistema de protecció de vora amb la finalitat de que la seva durabilitat es veiés incrementada de forma considerable. La protecció proporcionada per a dur a terme el seu estudi va quedar malmesa a causa de la corrosió, cosa que va provocar una fallida de la mateixa abans del previst.

Després de les modificacions realitzades a l'esmentada protecció, la seva durabilitat s'ha vist sensiblement incrementada en el temps, així doncs, cadascun dels puntals on s'aguanten les baranes que conformen el sistema de protecció de vora tenen una vida útil més llarga.

L'allargament de la vida útil del sistema de protecció de vora fa que s'hagin de produir els elements que el constitueixen amb menys assiduitat. Així, s'haurà d'emprar menys acer en la fabricació dels puntals, així com menys pintures per protegir-los de la corrosió i dels agents externs.

Alguns exemples de contaminants que es veuran reduïts són els provinents de les fàbriques de ferro i acer que produeixen grans quantitats de desfets sòlids, com escòria d'alt forn així com els solvents i àcids que s'utilitzen per netejar l'acer que són, potencialment, perillosos, i han de ser manipulats, emmagatzemats i eliminats como tal.

Per tant, tot i tenir un impacte ambiental relativament baix, l'allargament de la vida útil de qualsevol element esdevé en una reducció en subproductes tòxics provinents de la seva producció.





7.- PRESSUPOST

En aquest capítol es pretén realitzar una valoració econòmica del projecte, el qual ha tingut una durada aproximada de 6 mesos.

L'import aproximat del cost que genera aquest projecte en concepte de les hores dedicades i de les consultes realitzades a tècnics externs consta de forma detallada a la taula 7.1.

| CONCEPTE | TEMPS | PREU UNITARI | PREU TOTAL |
|-------------------------------|-------|--------------|----------------|
| Hores tècnic sènior | 150 h | 50 €/h | 7500,00 € |
| Hores tècnic junior | 250 h | 25 €/h | 6250,00 € |
| Hores administratiu | 50 h | 15 €/h | 750,00 € |
| Material i altres | - | - | 100,00 € |
| PREU TOTAL (sense IVA) | | | 14600 € |

Taula 7.1.- Cost del projecte

- I.V.A. no inclòs.
- S'aplicarà l'I.V.A. legalment vigent en cada moment.





CONCLUSIONS

La finalitat del present projecte, com ja s'ha mencionat anteriorment, era dissenyar un sistema de protecció de vora amb la finalitat de millorar un disseny ja existent.

El problema que es va plantejar va ésser la fallida d'aquesta protecció davant unes sol·licitacions inferiors a les que teòricament havia de suportar. Es va comprovar que aquest fet es va ser degut a causa de la corrosió provocada per l'acumulació d'aigua i humitats a la cavitat interior del puntal.

En base a aquest problema es va buscar la solució més senzilla i eficient com és la de perforar la base del puntal i col·locar un tap a la part superior del mateix. D'aquesta forma es minimitzaria l'acumulació d'aigua i humitats i s'aconseguiria una durabilitat més gran i més segura.

L'altre punt important és la comprovació que el suport dissenyat compleix la normativa vigent. Les mesures del mateix corresponen a una protecció de vora Classe A i els càlculs realitzats han corroborat el seu correcte disseny i el seu apte ús com a protecció.

Finalment, s'han acomplert els objectius del present projecte. D'altra banda, tot i les modificacions fetes, no es pot garantir que no pugui aparèixer un altre cop el fenomen de la corrosió, és per això, que es recomana una revisió periòdica dels puntals per assegurar la protecció de les persones.





AGRAÏMENTS

La realització d'aquest projecte ha estat possible gràcies a la col·laboració de diferents persones, les quals m'han ajudat, orientat, aconsellat i facilitat informació per poder dur a terme aquesta obra. Així, vull agrair:

Al professor Frederic Marimon Carvajal, per revisar-me tots els càlculs realitzats i orientar-me en la seva realització.

Al professor i recentment nomenat rector de la UIC Pere Alavedra Ribot, pel seu temps, dedicació i suport durant la realització del projecte inclús després d'haver ésser nomenat rector de l'esmentada universitat amb la feina que això comporta.





BIBLIOGRAFIA

Referències bibliogràfiques

- [1] Imágenes protección de borde [www.coaatalicante.org/ficheros/Boletines/37/12-17.pdf, 15 d'Abril de 2010]*[URL, data de consulta]
- [2] UNE-EN 13374:2004 *Sistemas provisionales de protección de borde. Especificaciones del producto, métodos de ensayo*
- [3] Generalidades sobre los sistemas provisionales de borde. [http://www.construmatica.com/construpedia/Generalidades_sobre_los_Sistemas_Provisionales_de_Proteccion_de_Borde#Instalacion, 28 d'Abril 2010]
*[URL, data de consulta]
- [4] UNE-ENV 1991-2-4 *Acciones en estructuras. Acciones del viento.*
- [5] Informe tècnic realitzat pel Centre d'Integritat Estructural i Fiabilitat dels Materials (CIEFMA, UPC)
- [6] Taules d'equivalència entre dureses i resistència. [http://www.schmolzbickenbach.com.mx/fileadmin/user_upload/public_images/Mexico/15PRESH5.pdf, 16 de Juny 2010]*[URL, data de consulta]
- [7] CTE. DOCUMENTO BÁSICO. SEGURIDAD ESTRUCTURAL. ACCIONES EN LA EDIFICACION. [http://www.iit.upcomillas.es/~carnicero/CTE_2008/CTE_Parte_202_20DB_SE-AE.pdf, 6 de Setembre de 2010]*[URL, data de consulta]
- [8] PRONTUARIO ENSIDESA I. *Manual para cálculo de estructuras metálicas. Empresa Nacional Siderúrgica S.A. Tercera edición, Diciembre 1969.*
- [9] ESTRUCTURAS DE MADERA. *Diseño y cálculo. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho, AITIM. Segunda edición, 2000.*



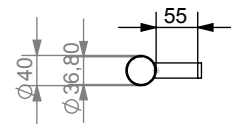
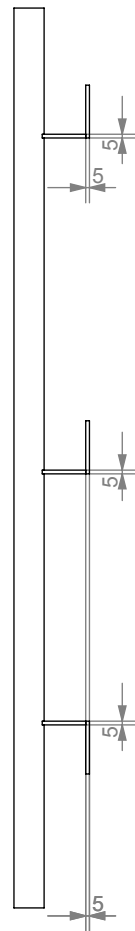
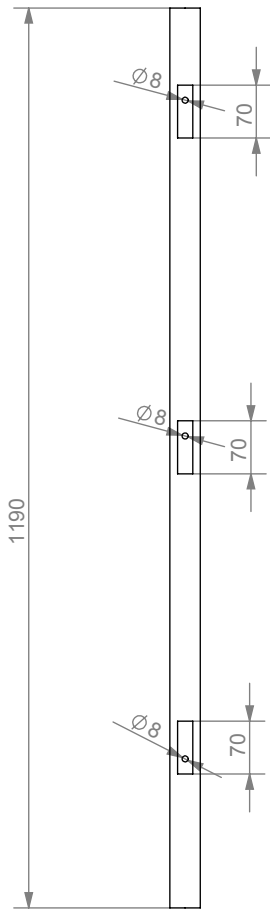
Software emprat


- Microsoft Office; ofimàtica
- Solidworks 2010; modelització i delineació de plànols.

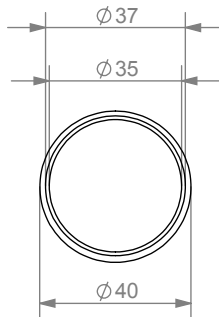
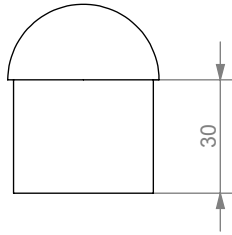


ANNEXES





| | | | | | |
|---|---|-----------|--------------|----------|--------|
|  | CÀLCUL I DISSENY D'UN SISTEMA DE SEGURETAT COACTIVA EN LA CONSTRUCCIÓ | | NOM | DATA | ESCALA |
| | | PROJECTAT | Héctor Parra | 28/10/10 | 1:10 |
| | | REVISAT | Héctor Parra | 28/10/10 | |
| TITOL | SUPPORT | Nº PLÀNOL | | | 1 |



CÀLCUL I DISSENY D'UN SISTEMA
DE SEGURETAT COACTIVA EN LA
CONSTRUCCIÓ

PROJECTAT

NOM

Héctor Parra

DATA

28/10/10

ESCALA

1:2

REVISAT

Héctor Parra

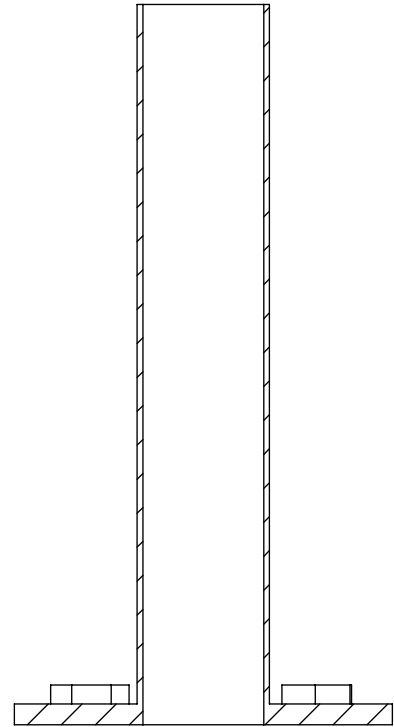
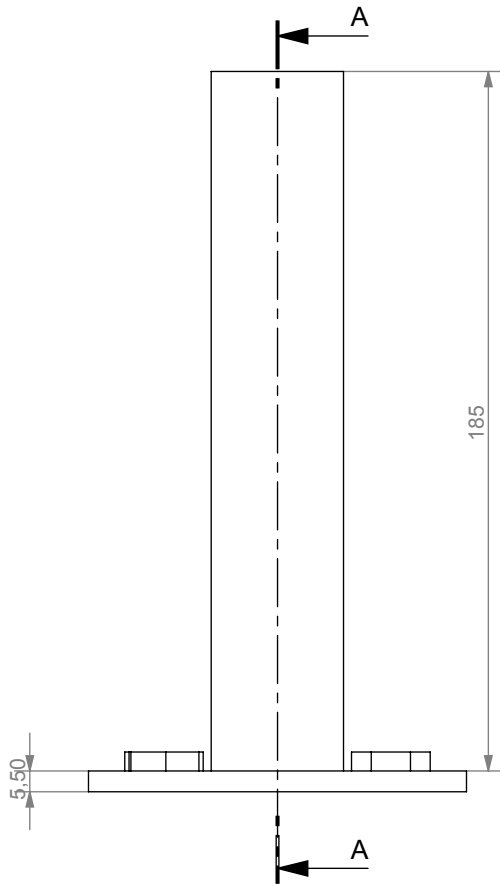
28/10/10

TITOL

TAP

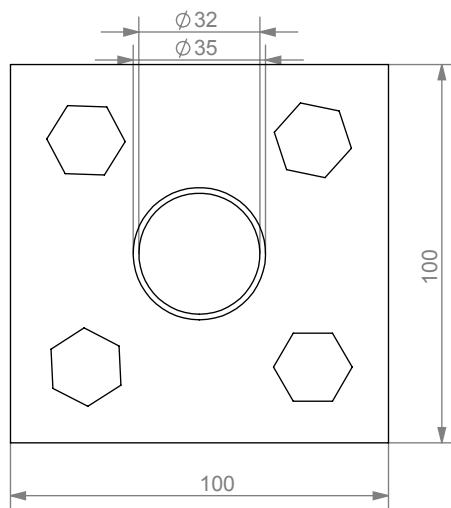
Nº PLÀNOL

2



A-A

Vista auxiliar on s'observa l'orifici realitzat a la base per evitar l'acumulació d'aigua



CÀLCUL I DISSENY D'UN SISTEMA DE SEGURETAT COACTIVA EN LA CONSTRUCCIÓ

PROJECTAT

NOM

Héctor Parra

DATA

28/10/10

ESCALA

1:2

REVISAT

Héctor Parra

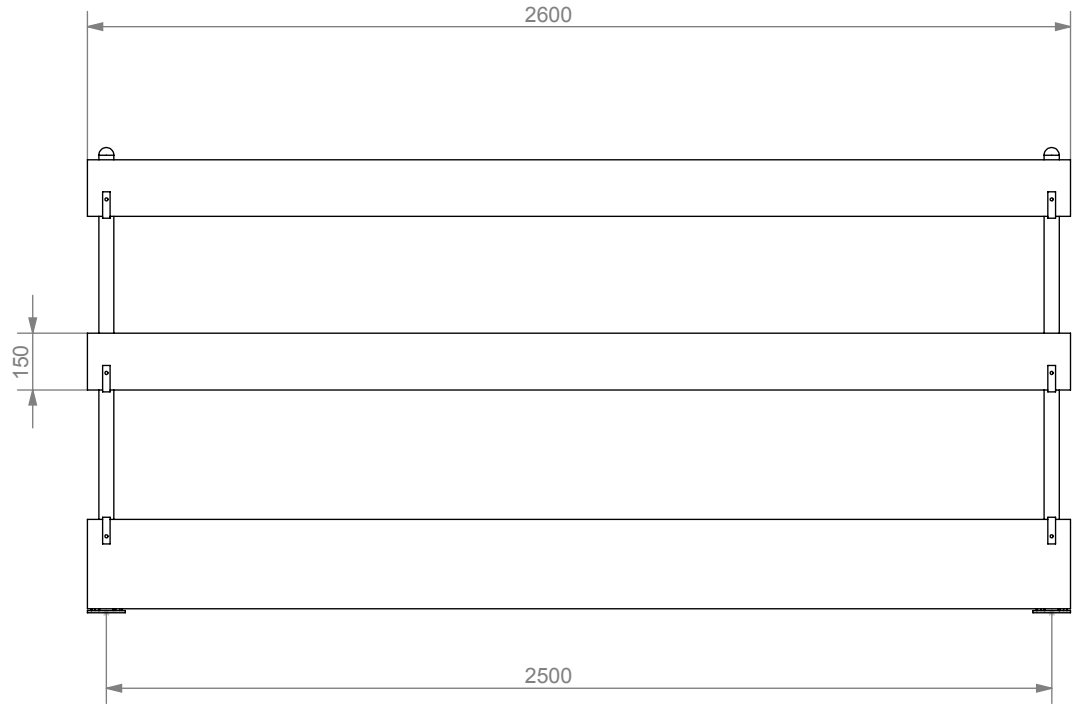
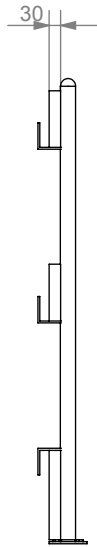
28/10/10


TITOL

PEÇA D'ANCORATGE

Nº PLÀNOL

3



| | | | | | |
|--|---|-----------|--------------|----------|----------------|
|  | CÀLCUL I DISSENY D'UN SISTEMA DE SEGURETAT COACTIVA EN LA CONSTRUCCIÓ | | NOM | DATA | ESCALA |
| | | PROJECTAT | Héctor Parra | 28/10/10 | 1:20 |
| | | REVISAT | Héctor Parra | 28/10/10 | |
| TITOL | SISTEMA DE PROTECCIÓ DE VORA MUNTAT | | | | Nº PLÀNOL 4 |