

Certificat de Solidesa

El Sr. **Irieix Costa Prieto**, amb DNI [REDACTED], en qualitat d'**arquitecte tècnic/aparellador**, col·legiat al **Col·legi de l'Arquitectura Tècnica de Girona**, amb número 1.593.

En exercici lliure de la meva professió, he estat requerit per l'Ajuntament de Manlleu, propietari de l'edificació situada al Passeig del Ter, s/n, 08560 Manlleu, Barcelona, per realitzar una inspecció OCULAR de l'estat de l'estructura i un anàlisi estructural per a garantir-ne la idoneïtat tècnica i capacitat estructural a fi i a efecte de produir-s'hi un canvi de llumeneres.

CERTIFICO:

Que una vegada realitzada la inspecció únicament OCULAR de les estructures esmenades anteriorment, no s'observen deformacions, ni esquerdes que facin suposar un mal comportament de l'estructura sota les càrregues actuals ni projectades i que per tant, segons aquesta inspecció ocular, **l'estructura compleix amb els requisits de solidesa, estabilitat i seguretat exigits per l'ús de torre d'enllumenat de camp de futbol al que es destina.**

Per poder detectar vicis constructius no aparents (vicis ocults), s'haurien de fer assajos i comprovacions que sobrepassen la mera inspecció ocular i que hauran de ser objecte d'un altre encàrrec.

Per tal de justificar aquest certificat, s'annexa un informe d'anàlisi estructural i un anàlisi visual del material.

I perquè així consti als efectes oportuns, signo el present certificat a Sant Feliu de Guíxols (Girona), a data de la signatura electrònica.

Nom del tècnic responsable: IRIEIX COSTA PRIETO, COL·LEGIAT Nº 1.593 AL CATGi

Signatura:

Sant Feliu de Guíxols, maig del 2026

Se signa aquesta pàgina del document considerant així també signats la resta d'apartats.

Irieix Costa Prieto

Arquitecte Tècnic – Col·legiat nº 1.593 CATGi



catgi
Col·legiat núm:
1.593

IRIEIX COSTA
PRIETO - DNI

[REDACTED]

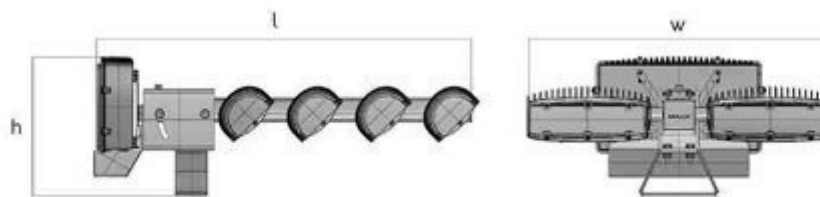
Firmado digitalmente
por IRIEIX COSTA PRIETO
- DNI [REDACTED]
Fecha: 2026.06.10
23:27:16 +02'00'

INFORME DE CÀLCUL PER ELEMENTS FINITS

1. Objecte de l'informe

L'objecte d'aquest informe és aportar una verificació numèrica del comportament estructural i mecànic de la torre després de la substitució de les lluminàries existents per noves unitats d'il·luminació de 4 mòduls lluminosos, model AAA-LUX WS2507 / WS270.

L'anàlisi té per finalitat comprovar que la configuració modificada manté unes condicions adequades de resistència, estabilitat i aptitud al servei davant les accions de càlcul corresponents, d'acord amb la normativa aplicable.



TIPUS	FLUX LLUMINÓS (basat en mesures lm-79 de DEKRA (lm)			MESURES (mm) @ 15° inclinació		
	ST	MP	HT	L1	W1	H1
WS 200	194000	207600	176600	900	700	320
WS 250	194250	207850	176750			
WS 270	194250	207850	176750			
WS 290	195600	209350	178050			

Il·lustració 1. Configuració de la nova lluminària

2. Referències i normativa

La present avaluació s'ha dut a terme d'acord amb les normes, codis i documentació específica del projecte següents:

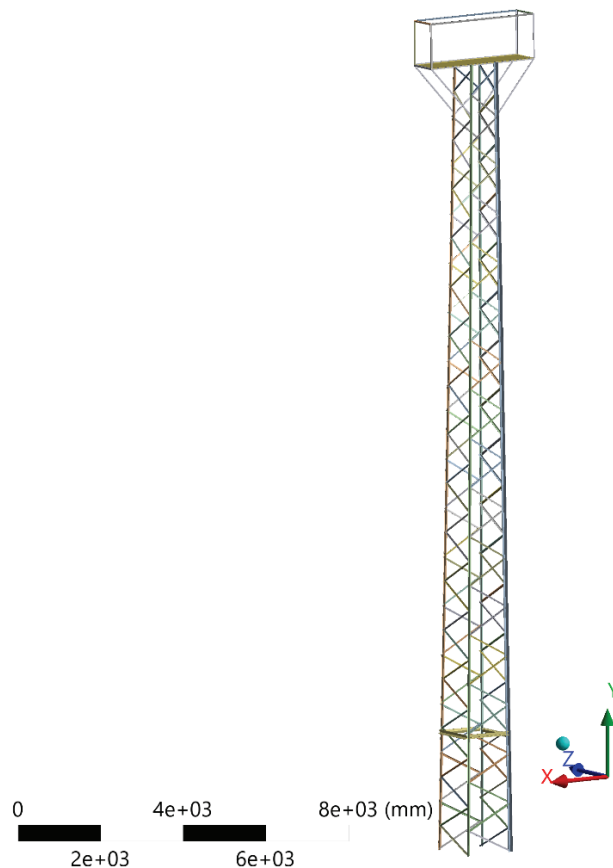
- **CTE DB-SE – Seguretat estructural:** bases de càlcul estructural, incloent-hi la definició dels estats límit i les combinacions d'accions.
- **CTE DB-SE-AE – Accions en l'edificació:** definició de les accions de vent i dels coeficients d'exposició.
- **CTE DB-SE-A – Estructures d'acer:** càlcul i verificació d'elements metàl·lics, plaques, cargols, soldadures i requisits de durabilitat.

- **UNE-EN 1991-1-4 — Eurocodi 1. Accions sobre les estructures:** accions de vent, incloent-hi criteris complementaris aplicables a torres esveltes de gelosia i a elements exposats no convencionals.
- **UNE-EN 40-5:2003 — Columnes d'enllumenat:** requisits per a estructures metàl·liques de suport d'enllumenat, segons la referència inclosa en la documentació del projecte.
- **Fitxa de dades de càlcul estructural — Torres d'enllumenat del camp de futbol de Manlleu:** paràmetres de càlcul específics del projecte i dades estructurals originals, segons els plànols adjunts.

3. Descripció del sistema

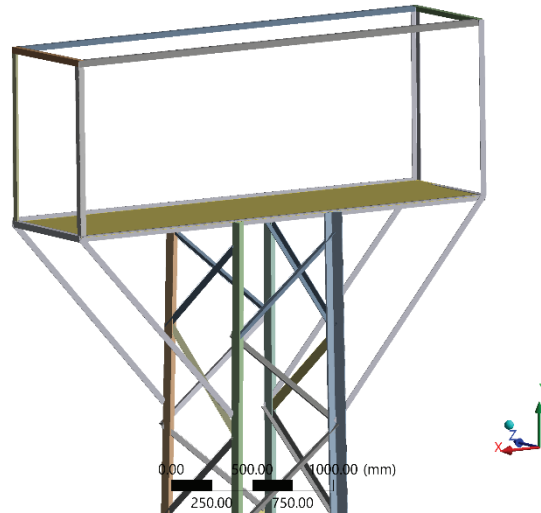
Tal com es pot observar a la Figura 2, l'estructura objecte d'avaluació consisteix en una torre de gelosia de 21 m d'alçada, formada per elements de barra d'acer disposats en configuració triangulada.

Geomètricament, la torre es defineix com un prisma piramidal troncoconic de planta quadrada, amb una base de $1,25 \times 1,25$ m i una secció superior reduïda de $0,73 \times 0,73$ m.



Il·lustració 2. Model estudiat amb software ANSYS

A una alçada aproximada de 20 m, la torre incorpora una plataforma de treball d'uns $0,73 \times 3,00$ m, equipada amb una barana perimetral de seguretat, tal com es mostra a la Figura 3. Aquesta plataforma està concebuda per suportar els equips d'il·luminació i facilitar les operacions de manteniment.



Il·lustració 3. Detalls de la part superior de l'estructura

La torre està prevista per suportar:

- El pes propi de quatre lluminàries, model AAA-LUX WS2507 / WS270, instal·lades a la plataforma superior.
- La sobrecàrrega d'ús associada a les tasques de manteniment, incloent-hi la presència d'un operari durant les operacions d'inspecció o servei.

Per tant, el sistema estructural ha de garantir unes condicions adequades de resistència, estabilitat i aptitud al servei sota l'acció combinada de les càrregues permanents, les càrregues d'ús i els efectes ambientals.

4. Materials

L'estructura està formada per acer inoxidable qualitat 304, en estat recuit, considerat com a material isòtrop als efectes de l'anàlisi.

Propietats mecàniques

- Límit elàstic: 252,1 MPa
- Resistència última a tracció (f_u): 562,3 MPa

Propietats elàstiques a 30 °C

- Mòdul de Young (E): 190.000 MPa
- Coeficient de Poisson (ν): 0,27
- Mòdul volumètric (K): 140.000 MPa
- Mòdul de tall (G): 75.811 MPa

Es considera que les propietats del material romanen constants, sense tenir en compte cap degradació derivada de les condicions ambientals o d'ús dins l'abast d'aquesta anàlisi.

5. Programari i metodologia

L'anàlisi estructural s'ha dut a terme mitjançant el programari d'elements finits ANSYS 2025 R1. S'ha adoptat una metodologia basada en el Mètode dels Elements Finites (MEF), en què l'estructura s'ha modelitzat mitjançant elements tipus biga/barra, representant cada membre estructural com un element lineal individual.

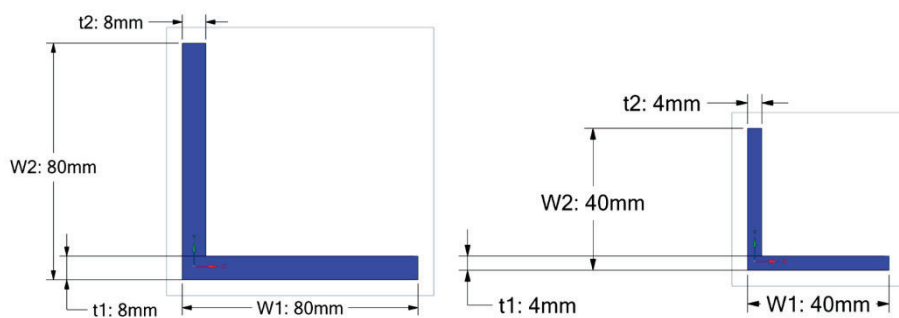
Aquesta estratègia de modelització és especialment adequada per a estructures de gelosia, ja que permet representar amb precisió els esforços axials, els moments flectors i la resposta estructural global.

L'anàlisi considera un comportament lineal elàstic del material, sense incorporar no-linealitats materials ni geomètriques. La resolució numèrica s'ha efectuat mitjançant un esquema de càlcul implícit, garantint l'estabilitat i la convergència per als casos de càrrega estàtics analitzats.

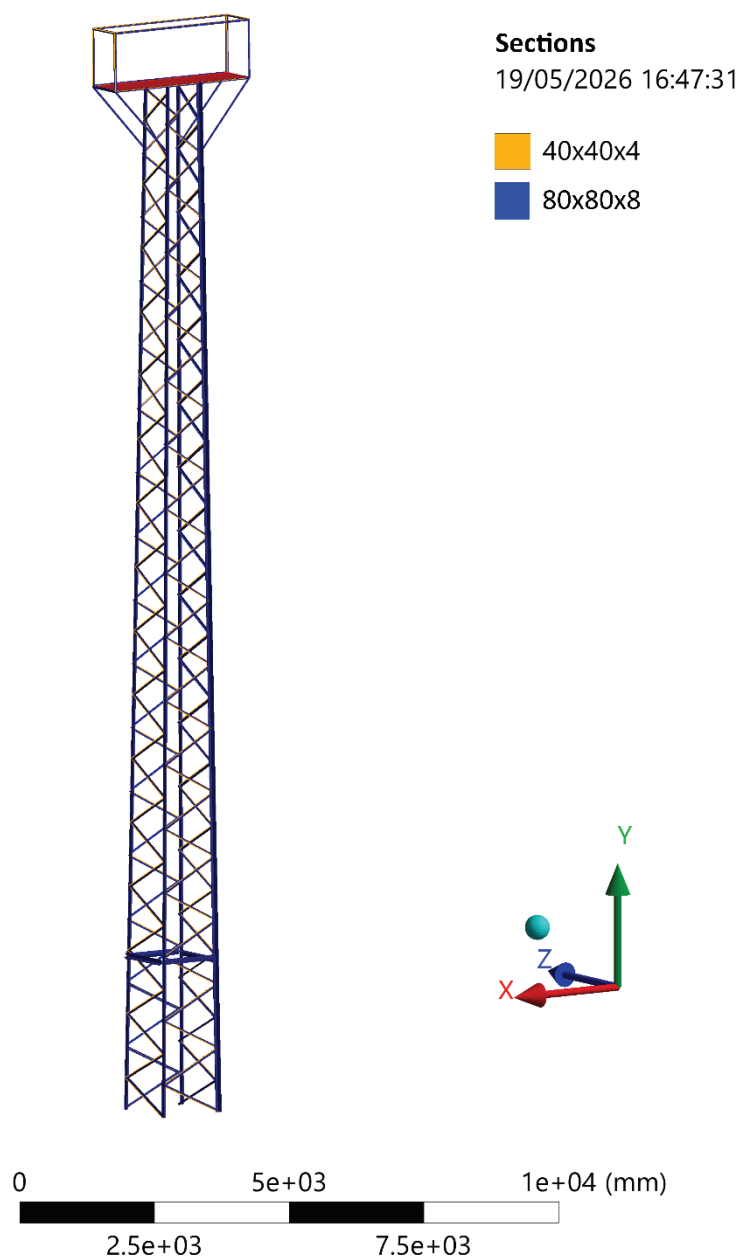
6. Hipòtesis i condicions de contorn

Les seccions dels elements estructurals s'han definit de la manera següent:

- Muntants verticals: perfils angulars en L de $80 \times 80 \times 8$ mm, representats en color blau.
- Elements de triangulació i estructura superior: perfils angulars en L de $40 \times 40 \times 4$ mm, representats en color taronja.



Il·lustració 4. Dimensions de les seccions $80 \times 80 \times 8$ mm, a l'esquerra, i $40 \times 40 \times 4$ mm, a la dreta.



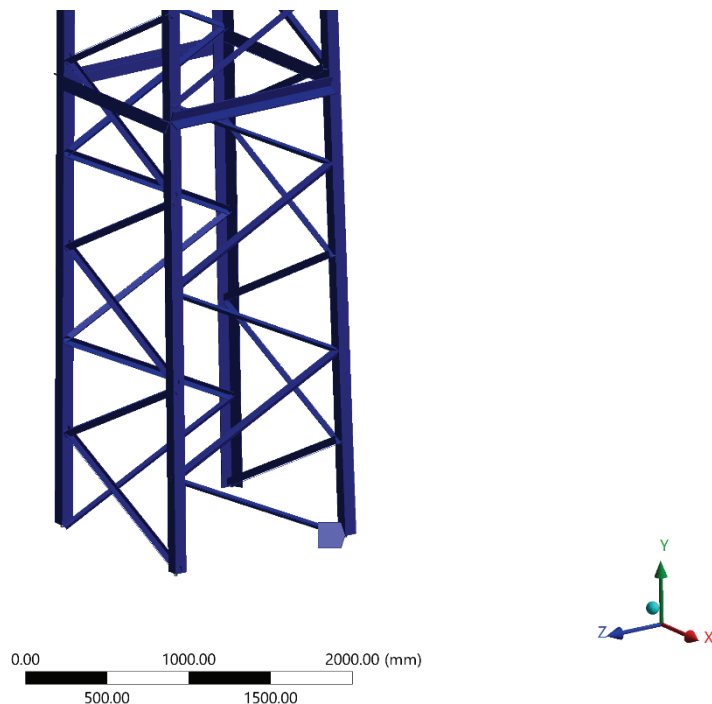
Il·lustració 5. Representació de l'estructura amb les seccions assignades.

La torre es troba instal·lada i encastada en una fonamentació de formigó armat, amb unes dimensions en planta de $1,65 \times 1,49$ m. Atesa aquesta configuració, es considera que la base de l'estructura presenta un comportament totalment encastat.

En conseqüència, als quatre punts de suport es restringeixen tant els graus de llibertat de translació com els de rotació. Això implica que no es permet cap desplaçament ni cap gir en els nodes de la base.

Per simular aquesta condició de contorn en el model numèric, els quatre nodes corresponents a la base dels muntants verticals s'han definit com a suports totalment encastats, amb restricció de tots els graus de llibertat.

B: Càrrega focus
Fixed Support
Time: 1. s
19/05/2026 16:55:27
■ Fixed Support



Il·lustració 6. Representació de les condicions de contorn.

7. Càrregues i combinacions de càrrega

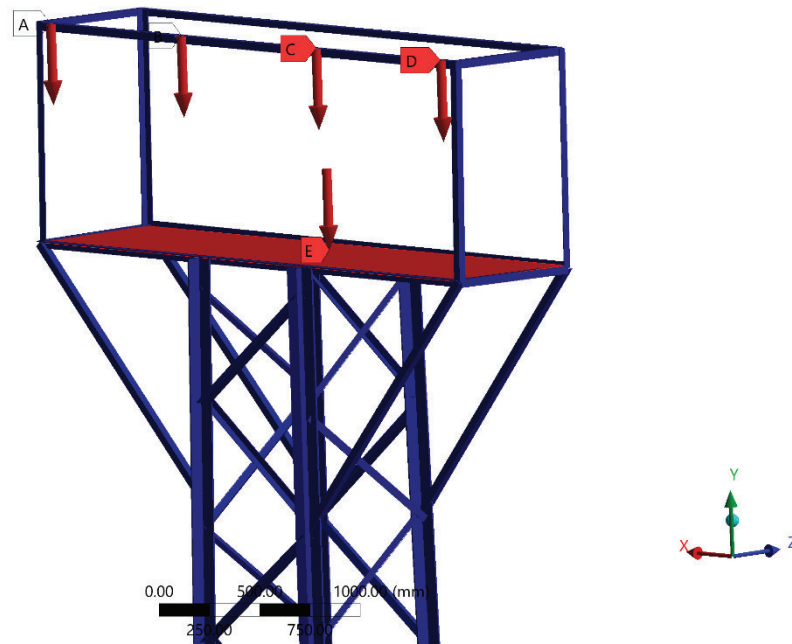
S'ha considerat una càrrega corresponent a una massa de 24 kg per lluminària. Aquesta massa s'ha convertit en força multiplicant-la per l'acceleració de la gravetat, considerada igual a 10 m/s^2 , obtenint així una càrrega equivalent de 240 N per unitat.

B: Càrrega focus

Pressure

Time: 1. s

19/05/2026 17:00:27

A Remote Force: 240. N**B** Remote Force 2: 240. N**C** Remote Force 3: 240. N**D** Remote Force 4: 240. N**E** Pressure: -2. MPa

Il·lustració 7. Representació de les càrregues aplicades a l'estructura.

Aquestes càrregues s'apliquen als trams horitzontals superiors de l'estructura, representant les forces transmeses pels suports de les lluminàries. S'apliquen un total de quatre càrregues concentrades, identificades de la A a la D a la figura corresponent, situades a les posicions de les lluminàries, amb una distribució uniforme al llarg dels elements de suport.

Adicionalment, s'aplica una càrrega de pressió de 2 MPa sobre la plataforma de treball per simular la presència d'un operari de manteniment, corresponent al cas de càrrega E de la figura.

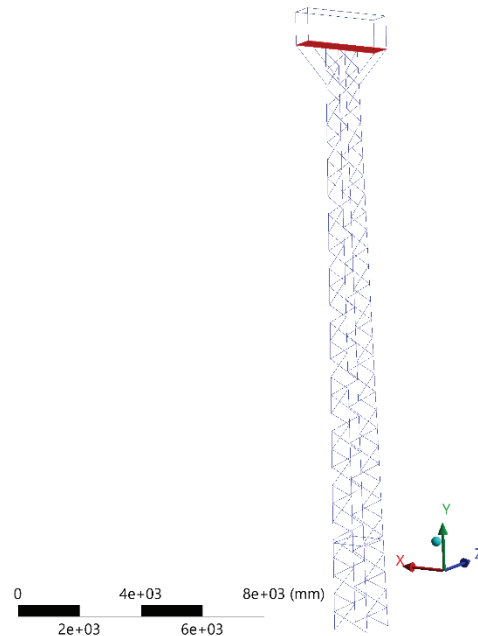
Ambdues condicions de càrrega, és a dir, els equips d'il·luminació i la càrrega de manteniment, es consideren actuant simultàniament, representant l'escenari de càlcul més desfavorable i crític.

8. Descripció del model

S'ha utilitzat una formulació basada en elements tipus biga, en què cada membre estructural es representa mitjançant elements lineals unidimensionals 1D, mentre que el comportament mecànic queda definit a partir de les propietats de la secció transversal assignada.

Aquest plantejament permet avaluar amb precisió els esforços axials, els moments flectors i la resposta estructural global, sense necessitat de modelitzar explícitament la geometria tridimensional completa de cada element.

La malla s'ha generat mitjançant la configuració de mallat per defecte d'ANSYS, garantint una discretització adequada de tots els elements estructurals per a l'anàlisi global, tal com es mostra a la Figura 8.



Il·lustració 8. Representació de la malla.

El tipus d'element correspon a l'element estàndard de biga implícit disponible a ANSYS, el qual calcula internament el comportament mecànic teòric a partir de les propietats del material i de la secció transversal definida per a cada element.

9. Procediment de càlcul

L'avaluació estructural s'ha dut a terme mitjançant una anàlisi estructural estàtica utilitzant el solucionador ANSYS Mechanical APDL.

L'anàlisi consta d'un únic pas de càrrega, en el qual s'apliquen simultàniament totes les càrregues definides —pes propi, lluminàries i càrrega de manteniment—, representant així la condició de càrrega més desfavorable.

El procés de resolució segueix una formulació implícita, que garanteix l'estabilitat numèrica i una resolució adequada de la resposta estructural sota condicions estàtiques.

10. Resultats

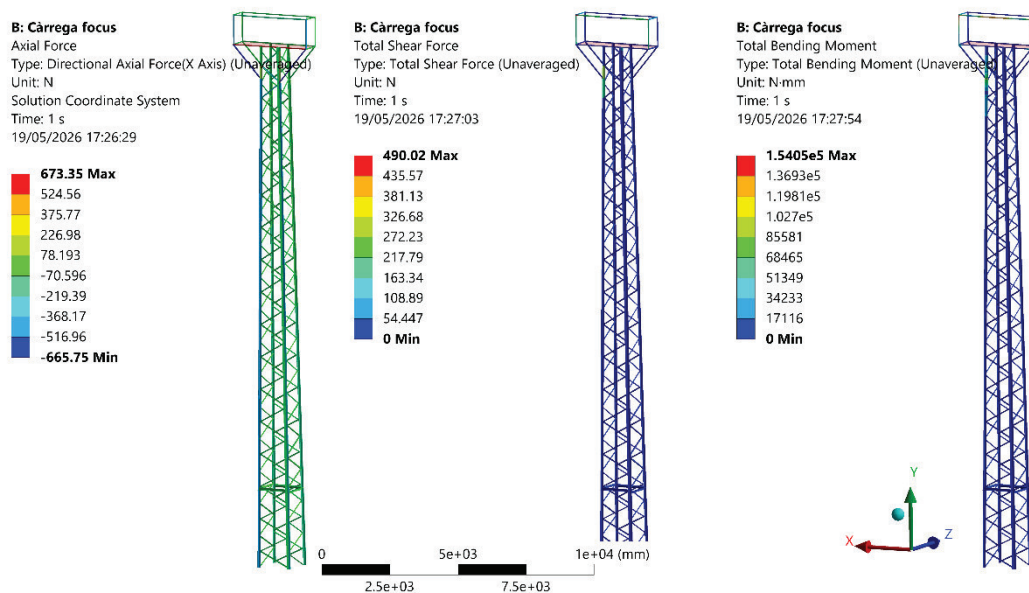
En aquest apartat es presenten els resultats obtinguts per al cas analitzat. L'avaluació se centra en la resposta estructural de la torre sota les condicions de càrrega aplicades.

Els resultats s'organitzen de la manera següent:

- Esforços interns als elements estructurals: esforços axials, moments flectors i esforços tallants.
- Desplaçaments globals de l'estructura i estudi detallat de les barres més representatives o crítiques.
- Distribució de tensions dins dels elements estructurals.

L'anàlisi té per objectiu identificar les zones crítiques de l'estructura, valorar la magnitud de les deformacions i verificar que els nivells tensionals es mantenen dins dels límits admissibles.

10.1. Esforços interns

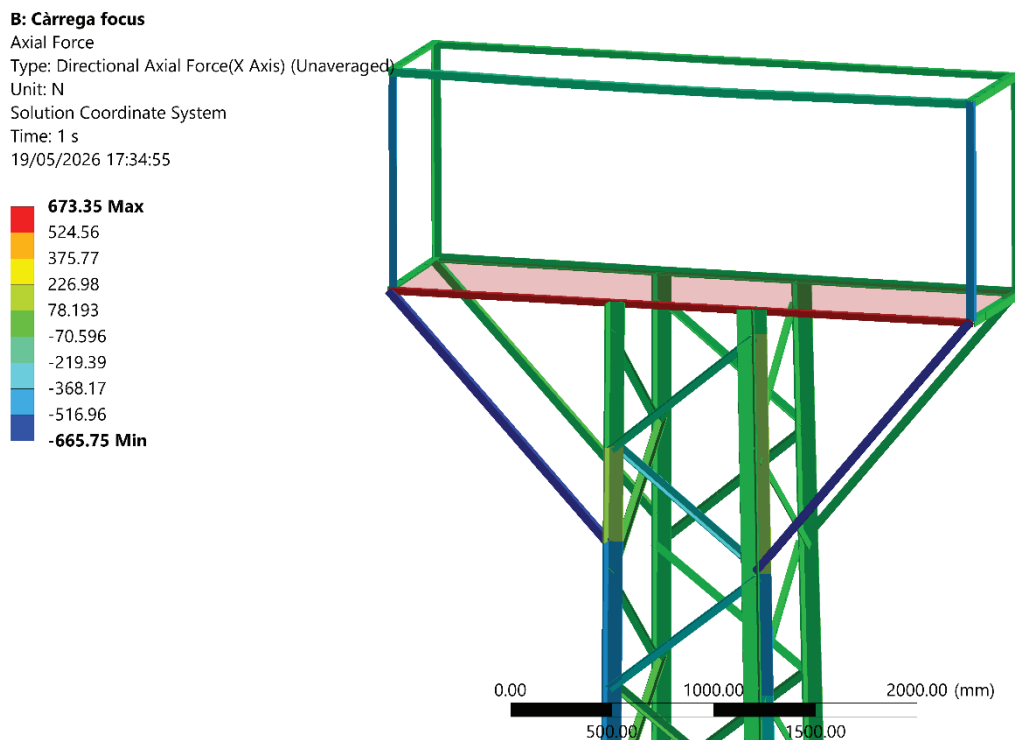


Il·lustració 9. Esforços axials, esforços tallants i moment flector a l'estructura.

En aquest apartat es presenta la distribució dels esforços interns per al cas de càrrega analitzat. Tal com es mostra a la Figura 9, els esforços interns tenen una influència limitada al llarg del fust principal de la torre, on els nivells de càrrega són pràcticament negligibles. En canvi, els esforços es concentren principalment als elements superiors de l'estructura de la plataforma.

Per aquest motiu, l'anàlisi se centra amb més detall en aquesta zona superior, ja que representa l'àrea més crítica des del punt de vista de la demanda estructural.

La distribució dels esforços axials en aquesta zona és coherent amb el comportament estructural esperat. S'observen compressions als elements diagonals de triangulació i als muntants verticals del bastidor de seguretat, fet que reflecteix el seu paper en la resistència davant les càrregues aplicades. Per contra, l'element horitzontal inferior queda sotmès a esforços de tracció, induïts principalment per la deformació global de l'estructura sota càrrega.

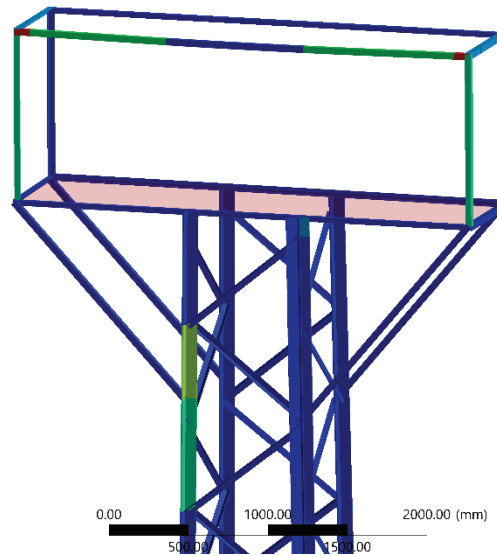


Il·lustració 10. Detall de la distribució dels esforços axials a la part superior de l'estructura.

S'observa un comportament estructural similar i coherent pel que fa als esforços tallants, en correspondència amb la distribució dels esforços axials.

B: Càrrega focus
 Total Shear Force
 Type: Total Shear Force (Unaveraged)
 Unit: N
 Time: 1 s
 19/05/2026 17:35:21

490.02 Max
 435.57
 381.13
 326.68
 272.23
 217.79
 163.34
 108.89
 54.447
0 Min

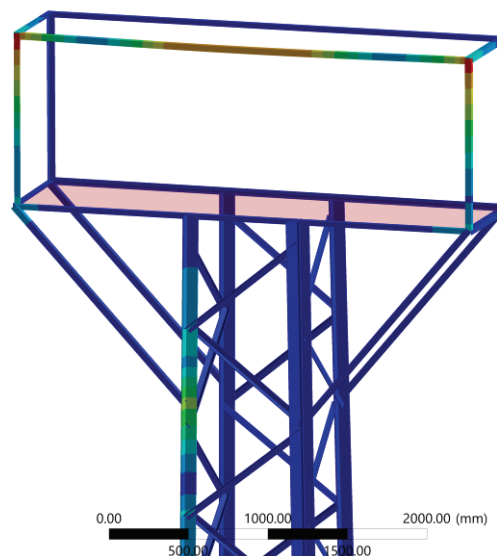


Il·lustració 11. Detall de la distribució dels esforços tallants a la part superior de l'estructura.

La distribució del moment flector mostra un valor màxim al centre de la llum de l'element, tal com és esperable d'acord amb el seu comportament estructural sota les càrregues aplicades.

B: Càrrega focus
 Total Bending Moment
 Type: Total Bending Moment (Unaveraged)
 Unit: N-mm
 Time: 1 s
 19/05/2026 17:35:48

1.5405e5
 1.3693e5
 1.1981e5
 1.027e5
 85581
 68465
 51349
 34233
 17116
0 Min



Il·lustració 12. Detall de la distribució del moment flector a la part superior de l'estructura.

10.2. Desplaçaments

Aquest apartat analitza el desplaçament global de l'estructura sota les condicions de càrrega aplicades.

Tal com s'ha observat anteriorment, les càrregues aplicades tenen una influència limitada sobre la deformació global de l'estructura, amb desplaçaments pràcticament negligibles al fust principal, i amb els seus efectes transmesos principalment cap a la part superior de la torre. Per tant, els desplaçaments més significatius es concentren als elements estructurals superiors, especialment a l'element que suporta les lluminàries.

B: Càrrega focus

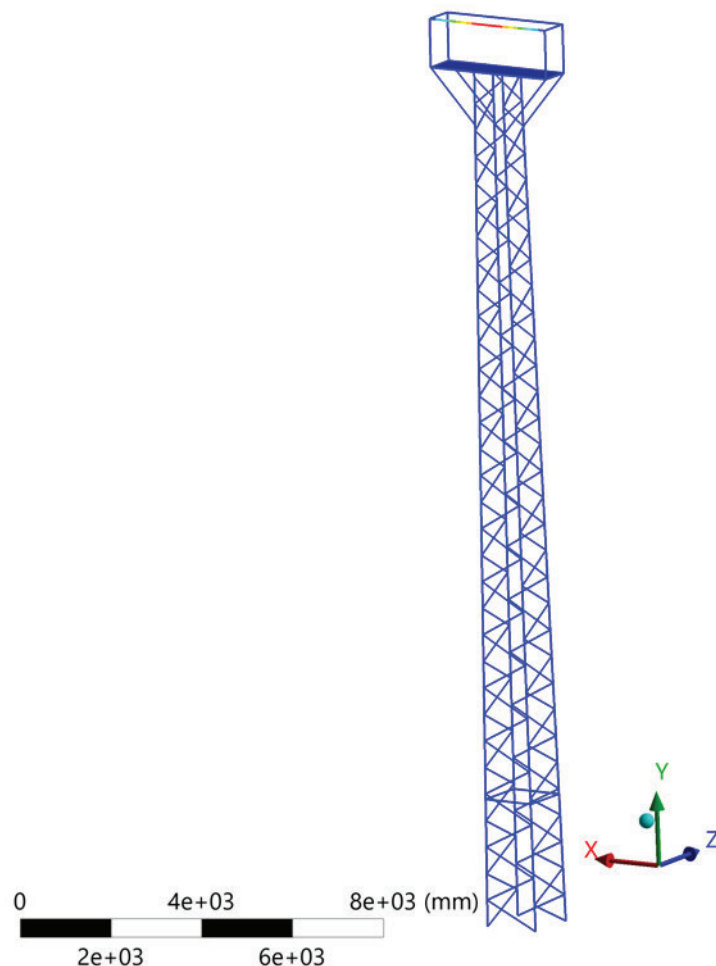
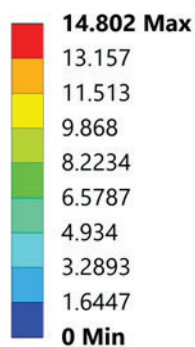
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

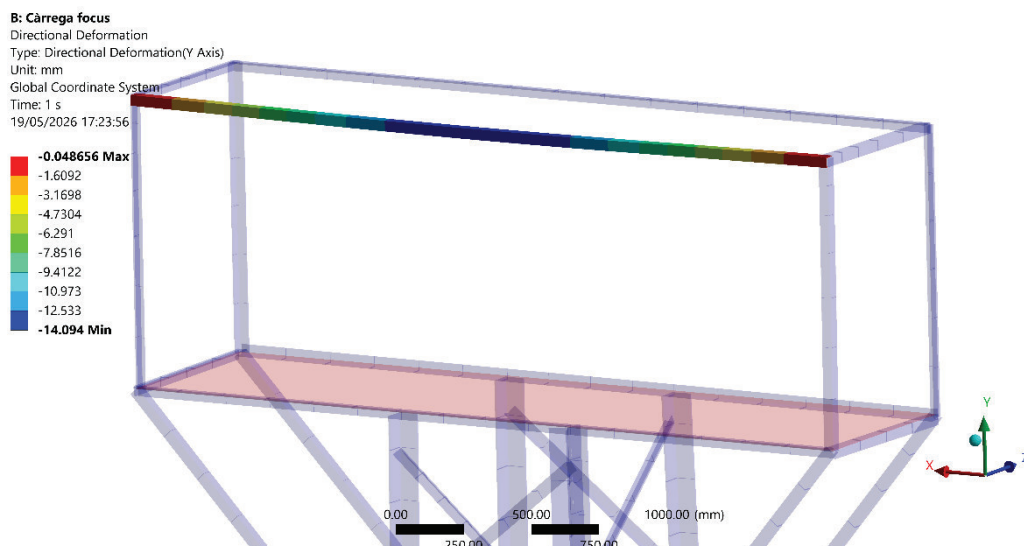
Time: 1 s

19/05/2026 17:22:36



Il·lustració 13. Deformació total de l'estructura.

Per aquest motiu, s'ha dut a terme una anàlisi més detallada i exhaustiva d'aquesta zona crítica, on és previsible que es produeixin els desplaçaments màxims.



Il·lustració 14. Detall del desplaçament vertical —eix Y— de la barra de suport de les lluminàries.

Tal com es pot observar a partir dels resultats globals, el desplaçament màxim de l'estructura arriba a 14,8 mm. D'aquesta deformació total, 14,09 mm es concentren a l'element horitzontal que suporta les lluminàries, en la mateixa direcció que la càrrega vertical aplicada, és a dir, segons l'eix Y.

Aquest comportament és coherent amb l'ús de perfils angulars en L, els quals permeten un cert grau de rotació a causa de l'excentricitat existent entre el punt d'aplicació de la càrrega i el centre de gravetat —i els eixos principals d'inèrcia— de la secció. Com a resultat, es genera una deformació addicional a l'element.

Considerant una fletxa màxima admissible de $L/100$, essent L la llum de l'element:

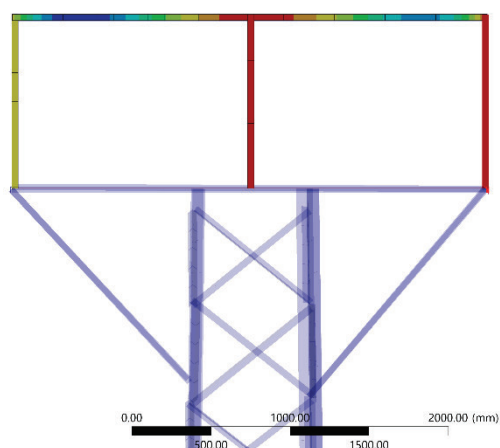
$$L/100 = 3000/100 = 30 \text{ mm} > 14,8 \text{ mm}$$

Tot i que la fletxa màxima de 14,8 mm es manté per sota del límit admissible definit pel criteri $L/100$ —és a dir, 30 mm—, es considera encara relativament elevada per als requeriments funcionals de l'element, especialment per la seva possible incidència sobre el rendiment i l'alineació del sistema d'il·luminació.

En conseqüència, es proposa una solució de reforç per reduir la fletxa i millorar el comportament en servei de l'estructura, malgrat que es compleixin els límits mínims de verificació. Aquesta solució consisteix a introduir un muntant vertical intermedi al centre de la llum, l'eficàcia del qual en la reducció del desplaçament s'avalua en l'apartat següent.

E: Puntal
 Directional Deformation
 Type: Directional Deformation(Y Axis)
 Unit: mm
 Global Coordinate System
 Time: 1 s
 19/05/2026 18:33:52

-0.020259 Max
 -0.037186
 -0.054112
 -0.071039
 -0.087965
 -0.10489
 -0.12182
 -0.13875
 -0.15567
 -0.1726 Min



Il·lustració 15. Desplaçament vertical —eix Y— de la barra de suport de les Il·luminàries amb reforç.

Tal com s'observa, la introducció d'un perfil angular en L de $40 \times 40 \times 4$ mm al centre de la llum de l'element horitzontal millora significativament el comportament estructural. La deformació de la barra horitzontal queda pràcticament eliminada, fet que demostra l'eficàcia del reforç proposat.

Sempre que no existeixin condicionants funcionals o geomètrics que impedeixin la instal·lació d'aquest element addicional, aquesta solució es considera adequada i recomanable per mitigar el desplaçament excessiu identificat prèviament.

10.3. Distribució de tensions

Novament, i tal com era esperable a partir dels resultats d'esforços interns i desplaçaments, s'observa que els nivells tensionals al fust principal de la torre són relativament baixos, amb només compressions menors als muntants verticals i als elements de triangulació.

En canvi, els elements estructurals situats a l'entorn de la plataforma presenten els nivells de tensió més significatius, fet que indica que aquesta zona governa la resposta estructural del conjunt.

B: Càrrega focus

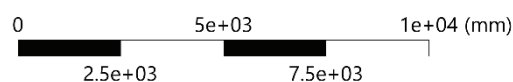
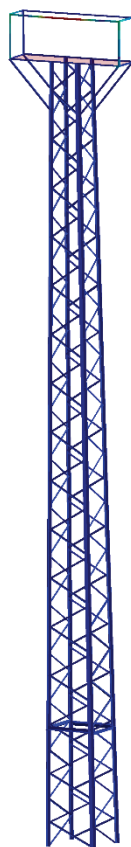
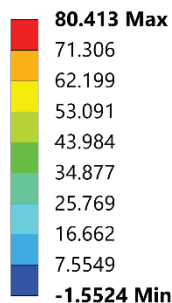
Maximum Combined Stress

Type: Maximum Combined Stress

Unit: MPa

Time: 1 s

19/05/2026 17:30:50



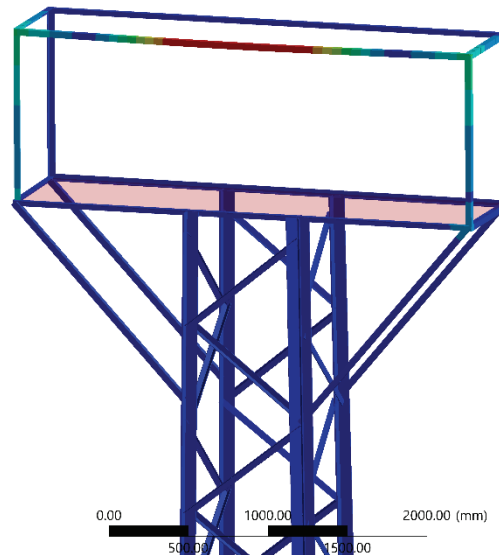
Il·lustració 16. Tensió combinada màxima als elements de l'estructura.

Per aquest motiu, l'anàlisi es focalitza novament en els elements de la plataforma, que representen la zona crítica per a l'avaluació i verificació tensional.

Els resultats indiquen que la tensió combinada màxima a l'element horitzontal arriba a 80,43 MPa, valor que es manté per sota del límit elàstic del material. Això confirma que, malgrat els desplaçaments relativament elevats observats en la configuració inicial, la resposta estructural es manté íntegrament dins del rang elàstic, sense inici de comportament plàstic.

B: Càrrega focus
Maximum Combined Stress
Type: Maximum Combined Stress
Unit: MPa
Time: 1 s
19/05/2026 17:37:19

80.413 Max
71.306
62.199
53.091
43.984
34.877
25.769
16.662
7.5549
-1.5524 Min

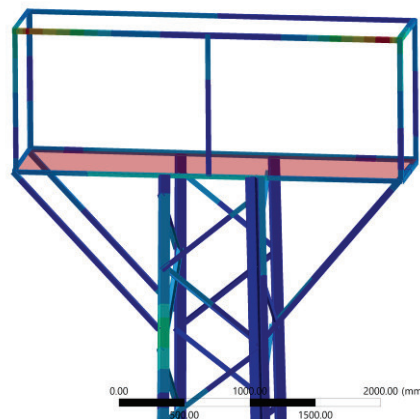


Il·lustració 17. Detall de la tensió combinada màxima a la part superior de l'estructura.

La mateixa anàlisi s'ha dut a terme per a la millora estructural proposada. En aquest cas, els resultats mostren una reducció dels nivells tensionals respecte de la configuració original, confirmant l'eficàcia del reforç.

E: Puntal
Maximum Combined Stress
Type: Maximum Combined Stress
Unit: MPa
Time: 1 s
20/05/2026 13:30:50

8.0535 Max
7.0594
6.0653
5.0712
4.0772
3.0831
2.089
1.0949
0.10087
-0.89321 Min



Il·lustració 18. Detall de la tensió combinada màxima a la part superior de l'estructura amb el reforç.

La tensió combinada màxima a la zona crítica és de 8 MPa, valor substancialment inferior al que s'obtenia en el disseny inicial. Aquesta reducció posa de manifest la millora en la distribució de càrregues i l'augment de l'eficiència estructural aconseguits mitjançant la incorporació de l'element de reforç.

12. Discussió dels resultats

L'anàlisi numèrica realitzada permet efectuar una avaluació completa del comportament estructural de la torre sota les condicions de càrrega definides.

Els resultats mostren que el fust principal de la torre presenta un nivell relativament baix d'esforços interns i tensions, fet que indica que la transmissió global de càrregues a través de l'estructura de gelosia és eficient. Tant els esforços axials com els esforços tallants es mantenen limitats al llarg de la major part de l'alçada, confirmant que la geometria de la torre és adequada per distribuir les càrregues aplicades.

En canvi, la zona de la plataforma superior s'ha identificat com l'àrea crítica, on els esforços interns, els desplaçaments i les tensions són significativament més elevats. Aquest comportament és coherent amb la concentració de càrregues externes —lluminàries i càrrega de manteniment— a la part superior de l'estructura, la qual cosa genera una major demanda sobre els elements de suport.

L'anàlisi dels desplaçaments posa de manifest que la deformació màxima es produeix a l'element horitzontal que suporta les lluminàries, assolint valors que poden superar els límits acceptables des del punt de vista funcional i d'aptitud al servei. Aquest comportament es deu principalment a la flexió de l'element, combinada amb l'excentricitat pròpia dels perfils angulars en L, que permet una rotació i una fletxa addicionals.

Per resoldre aquesta qüestió, s'ha proposat un reforç estructural consistent en la incorporació d'un muntant vertical intermedi. L'anàlisi de la configuració modificada demostra una reducció significativa dels desplaçaments, mitigant de manera efectiva la problemàtica d'aptitud al servei identificada prèviament.

A més, els resultats tensionals de la configuració millorada mostren una disminució notable respecte de l'estructura original, fet que indica una distribució de càrregues més favorable i una millora del comportament estructural. Això confirma que la solució proposada no només redueix la deformació, sinó que també millora l'estat tensional global dels elements crítics.

Cal tenir en compte que l'anàlisi s'ha dut a terme sota hipòtesis de comportament lineal elàstic i amb condicions de contorn totalment encastades a la base, fet que pot idealitzar el comportament real de l'estructura. No obstant això, aquestes hipòtesis es consideren adequades per al nivell d'avaluació actual i proporcionen una base raonable i conservadora per a la valoració del disseny.

En conjunt, l'estudi conclou que, si bé la configuració original presenta limitacions d'aptitud al servei a nivell de la plataforma, el reforç proposat resol eficaçment aquestes qüestions, donant lloc a una solució estructural més robusta i fiable.

13. Conclusions

L'avaluació estructural de la torre d'enllumenat s'ha dut a terme mitjançant una anàlisi per elements finits, considerant l'escenari de càrrega més desfavorable, que inclou el pes propi de les lluminàries i la càrrega de manteniment.

Els resultats indiquen que el comportament estructural global de la torre és adequat, amb nivells baixos de tensió i d'esforços interns al llarg del fust principal. L'estructura transmet eficientment les càrregues cap a la fonamentació, i no s'observen punts crítics a les zones inferiors o intermèdies de la torre.

Tanmateix, l'anàlisi identifica la plataforma superior com la zona crítica, on es concentren tant els desplaçaments com les tensions a causa de l'aplicació de les càrregues. En la configuració original, el desplaçament màxim arriba a 14,8 mm, valor que, tot i trobar-se dins del límit admissible segons el criteri $L/100$, es considera relativament elevat des del punt de vista funcional i d'aptitud al servei.

Malgrat això, la tensió combinada màxima, de 80,43 MPa, es manté clarament per sota del límit elàstic del material, confirmant que l'estructura treballa íntegrament dins del rang elàstic i que no és previsible l'aparició de deformacions permanents.

Per millorar el comportament en servei, s'ha proposat una solució de reforç consistent en la incorporació d'un muntant vertical intermedi al centre de la llum de la barra horitzontal. L'anàlisi de la configuració modificada demostra que:

- El desplaçament es redueix significativament, eliminant de manera efectiva la deformació excessiva de l'element horitzontal.
- La tensió màxima es redueix fins a aproximadament 8 MPa, fet que indica una millora substancial en la distribució de càrregues i en l'eficiència estructural.

D'acord amb aquests resultats, es pot concloure que:

- El disseny original és estructuralment segur pel que fa a la resistència en estat límit últim —ELU—.
- El comportament en servei millora amb el reforç proposat, fent que la configuració modificada sigui més adequada per als requeriments operatius de l'estructura.

Per tant, es recomana executar el reforç proposat, sempre que no existeixin condicionants geomètrics o funcionals que n'impedeixin la instal·lació, ja que permet garantir una millora del comportament estructural i una major fiabilitat del sistema a llarg termini.

14. Declaració

Declaro que el present informe de càlcul s'ha elaborat mitjançant mètodes i eines d'enginyeria adequats, d'acord amb la normativa aplicable i amb les bones pràctiques professionals.

L'anàlisi numèrica s'ha dut a terme a partir de les hipòtesis, propietats dels materials, condicions de contorn i escenaris de càrrega descrits en aquest document. Els resultats obtinguts es consideren vàlids dins les limitacions pròpies de l'enfocament de modelització adoptat i de les dades d'entrada disponibles.

Aquest informe reflecteix el meu millor criteri tècnic i està destinat exclusivament a l'objecte i abast específics definits en aquest document. Qualsevol ús fora d'aquest abast haurà de ser objecte d'una verificació complementària.

ANÀLISIS DEL MATERIAL

1 Mostres extretes

Mostres de cargols d'acer extretes de la torre d'enllumenat



Mostra 1

Mostra 2

Mostra 3

2 Anàlisi visual de la secció

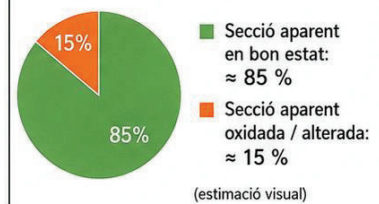


Diàmetre nominal mostrat:
 $\varnothing \approx 15 \text{ mm}$

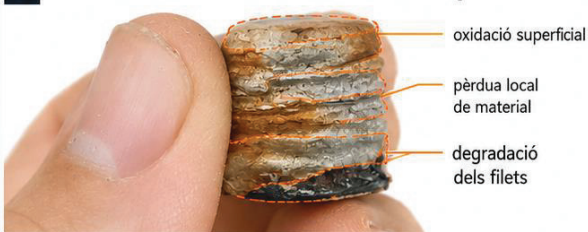
Nucli d'acer sa equivalent:
 $\varnothing \approx 13,8 \text{ mm}$

Gruix d'afectació superficial:
 $\approx 0,5-0,8 \text{ mm}$
(estimació visual)

Estimació visual de la qualitat de secció



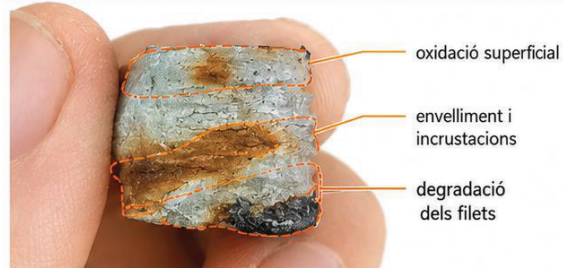
3 Anàlisi visual de l'envelliment superficial



oxidació superficial

pèrdua local de material

degradació dels filets



oxidació superficial

envelliment i incrustacions

degradació dels filets

Percentatges i cotes obtinguts per estimació visual a partir de les mostres extretes; per extrapolar els resultats a la torre cal complementar-ho amb assaigs metal·logràfics i de laboratori.

S'han analitzat visualment quatre mostres extretes de la torre d'enllumenat, corresponents a cargols d'acer d'aproximadament $\varnothing 15 \text{ mm}$. Aquestes mostres s'han pres com a indicador preliminar de l'estat d'envelliment dels elements metàl·lics exposats de la torre, especialment unions, cargols, plaques i zones de contacte.

Segons la documentació de càlcul, l'estructura s'ha considerat formada per acer inoxidable AISI 304 en estat recuit, amb un límit elàstic de 252,1 MPa i una resistència última de 562,3 MPa. No obstant això, pel que fa als cargols extrets, el tipus exacte d'acer no pot confirmar-se únicament mitjançant inspecció visual. La presència d'incrustacions blanquinoses, oxidació marró-ataronjada i degradació superficial podria ser compatible amb acer galvanitzat envellit, acer inoxidable amb contaminació fèrrica superficial, o acer al carboni amb protecció superficial parcialment degradada. Per tant, la identificació definitiva del material requeriria un assaig específic, com ara espectrometria, anàlisi química o assaig metal·logràfic.

Visualment, les mostres presenten oxidació superficial, incrustacions i degradació parcial dels filets de rosca, especialment a les zones més exposades. Tot i això, la secció tallada mostra un nucli metàl·lic aparentment continu, compacte i sense fissures visibles. L'alteració es concentra principalment a la corona perifèrica de la peça.

A partir de la secció observada, s'estima visualment que aproximadament un 85 % de la secció es manté en bon estat aparent, mentre que un 15 % correspon a zona perifèrica oxidada, alterada o potencialment degradada. Aquesta estimació s'ha d'entendre com una valoració visual orientativa, no com un resultat d'assaig normalitzat.

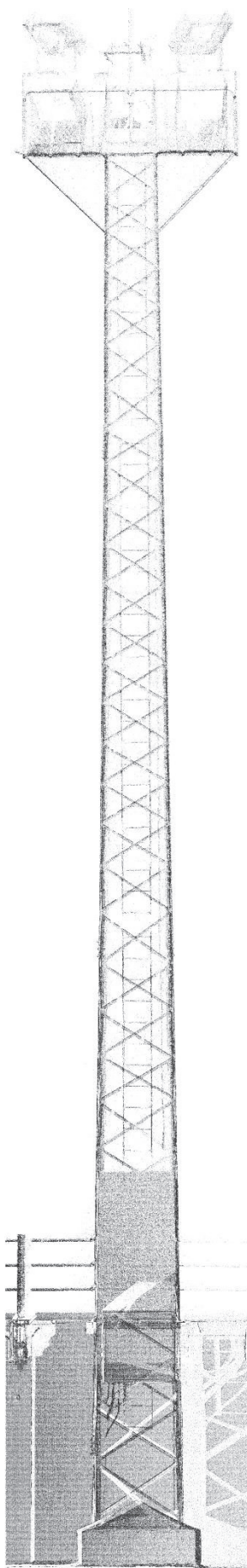
Pel que fa a l'extrapolació a la torre, les mostres indiquen un envelliment superficial moderat dels elements metàl·lics exposats, especialment a les unions cargolades. No s'observen indicis visuals de corrosió profunda generalitzada ni de pèrdua massiva de secció que permetin qüestionar directament la solidesa global de l'estructura. Ara bé, els cargols i unions amb un estat similar haurien de considerar-se punts sensibles de durabilitat.

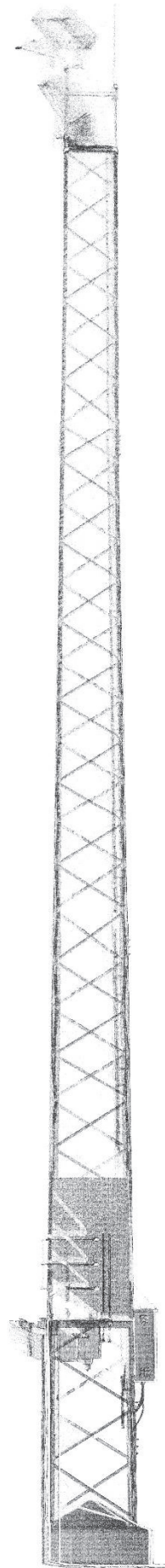
Com a criteri conservador, en zones amb un grau d'oxidació equivalent al de les mostres, es pot considerar una reducció local de secció de l'ordre del 10–15 %. Aquesta reducció no s'ha d'aplicar automàticament a tota la torre, sinó només als elements que presentin visualment una degradació comparable.

En conclusió, l'estat del material observat és compatible amb una estructura metàl·lica envellida per exposició exterior, però sense evidència visual d'una degradació estructural generalitzada. Es recomana substituir els cargols degradats, revisar les unions de la plataforma superior i aplicar neteja i protecció anticorrosiva a les zones afectades.

Annexos

- Escàners
- Fotos
- Plànols























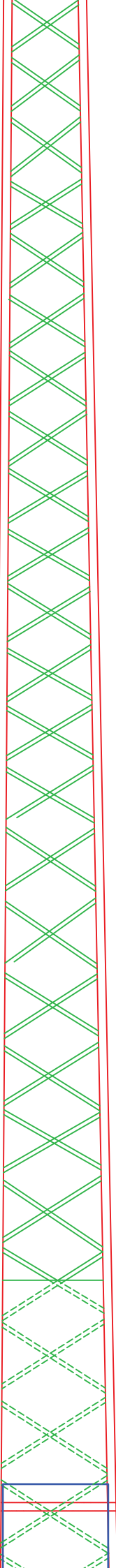






19.87

19.32



19.86

19.32

