



**Projecte:** **Coberta piscina Espai Blau**  
Passeig de Circumval·lació, s/n, 08810 Sant Pere de Ribes, Barcelona

**Document:** **Informe Tècnic de Revisió Estructural**

**Destinatari:** **Ajuntament de Sant Pere de Ribes**  
Plaça la Vila, 1, 08810 Barcelona



**Data:** 01/08/2022

**Autor:** **Carlos Félez García**  
Enginyer Industrial Col·legiat nº 13828



DILIGÈNCIA per a fer constar que aquest document s'ha aprovat per la Junta de Govern Local del 2 de maig del 2023.

Santiago Blanco Serrano, Secretari General Accidental.  
Sant Pere de Ribes, data signatura digital.

## CONTINGUT

1	OBJECTE.....	3
2	DOCUMENTACIÓ DE PARTIDA.....	3
3	RESPONSABILITAT.....	4
4	DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI .....	5
5	DESCRIPCIÓ DE L'ESTRUCTURA .....	8
6	INSPECCIÓ VISUAL .....	9
7	DESCRIPCIÓ DE LA COBERTA I LA SEVA REPARACIÓ.....	14
8	SEGURETAT ESTRUCTURAL.....	17
8.1	ANÀLISI ESTRUCTURAL .....	17
8.1.1	Els Estats Límits (ELU, ELS).....	17
8.1.2	Classificació de les accions. ....	18
8.1.3	Mètodes per l'anàlisi estructural.....	19
8.2	COEFICIENTS PARCIALS I COMBINACIONS D'HIPÒTESIS ESTATS LÍMITS ÚLTIMS.....	19
8.3	APTITUD DE SERVEI I COMBINACIONS D'HIPÒTESIS ESTATS LÍMITS DE SERVEI .....	22
8.3.1	Deformacions .....	22
8.3.2	Desplaçaments horitzontals .....	23
9	ACCIONS A LA EDIFICACIÓ.....	23
9.1	PESOS PROPIS DE MATERIALS DE CONSTRUCCIÓ .....	23
9.2	ACCIONS PERMANENTS.....	24
9.2.1	Pesos propis forjats .....	24
9.2.2	Càrregues permanents .....	24
9.2.3	Càrregues de plaques fotovoltaïques.....	24
9.3	ACCIONS VARIABLES.....	31
9.3.1	Sobrecàrregues d'ús .....	31
9.3.2	Sobrecàrregues de neu.....	31
9.3.3	Accions del vent.....	32
9.3.4	Accions tèrmiques .....	34
9.4	ACCIONS ACCIDENTALS .....	34
9.4.1	Accions de sísmiques .....	34
9.5	RESUM DE CÀRREGUES GRAVITATÒRIES A COBERTA .....	36
10	CARACTERÍSTIQUES DE LA FUSTA.....	37
10.1	CONTINGUT D' HUMITAT DE LA FUSTA. CLASSES DE SERVEI.....	37
10.2	DURACIÓ DE LA CÀRREGA .....	37
10.3	EFFECTE DE LES DIMENSIONS DE LA PEÇA EN LA RESISTÈNCIA. ....	38
10.4	VALORS DE CÀLCUL. ....	39
10.5	CARACTERÍSTIQUES MECÀNIQUES FUSTA .....	40
11	JUSTIFICACIÓ DE CÀLCUL.....	41
11.1	PROGRAMES DE CÀLCUL .....	41
12	NORMATIVA. ....	41
12.1	NORMATIVA BÀSICA.....	41
13	RESULTATS DEL MODEL DE CÀLCUL .....	42
13.1	VISTES DEL MODEL DE CÀLCUL.....	42
13.2	RESULTATS AMB FUSTA GL-28h .....	44
14	CONCLUSIONS .....	46

## 1 OBJECTE

L'objecte del present informe es la comprovació de l'estructura de la coberta de la piscina de l'Espai Blau ubicat al Passeig de Circumval·lació, s/n, 08810 Sant Pere de Ribes, sotmesa a les càrregues previstes a projecte i a les càrregues addicionals degudes a la futura instal·lació de plaques solars fotovoltaïques.

L'estudi estructural utilitza les dades, càrregues i consideracions del projecte inicial i inclou les càrregues indicades per la direcció facultativa dels equipaments a instal·lar.

L'estudi estructural s'ha realitzat seguint les normatives vigents, i donant compliment a totes i cadascuna d'elles.

No son objecte d'aquest estudi els elements de fonamentació ja que considerem que donada la petita variació de les càrregues addicionals degudes a la futura instal·lació de les plaques fotovoltaïques no tindran canvis significatius les tensions transmeses al terreny ni les sol·licitacions sobre les sabates. Tampoc es objecte de l'estudi la comprovació de la resistència al foc de l'estructura.

## 2 DOCUMENTACIÓ DE PARTIDA

La documentació de partida per a poder realitzar l'estudi de càrregues i seguretat estructural de l'edifici segons la normativa vigent ha sigut:

- Plànols projecte d'execució de l'edifici amb data octubre de 2002.
- Plànols projecte d'execució de l'edifici versió modificat amb data octubre de 2003.
- Documentació de l'empresa Caillaud (fabricant dels elements de fusta):
  - Còpia dels resultats dels assajos del període d'encolat (Compressió, tall i cisalladura).
  - Fulla de control de temperatura i humitat.
  - Fitxa tècnica de la cola.
  - Fitxa de fabricació ( empalmaments i encolat)
  - Còpia de la reglamentació Acerbois-Glulam.
  - Fitxa de productes (Fusta, farratges, cargols i productes de tractament).
  - D.I.U.O
  - Nota de càlcul.
- Projecte d'instal·lació plaques fotovoltaïques amb annex de dimensionament de les fixacions de les plaques a coberta. Autor: km0 Energy. Data: 12 de maig de 2022.
- Pàgines 27 a 42 d'un informe sobre condensacions a la coberta amb propostes de reparació.
- Reportatge fotogràfic realitzat a la visita d'inspecció del dia 20 de maig de 2022.

### 3 RESPONSABILITAT

El contingut d'aquest document ha estat elaborat en base als coneixements del tècnic que subscriu, a la documentació aportada per la propietat, la informació recollida en la visita d'inspecció i a la legislació vigent en matèria d'estructures d'edificació.

Les estimacions, conclusions i recomanacions incloses en el present document pressuposen la veracitat i correspondència amb la realitat de la documentació aportada per la propietat.

Els errors, incongruències, inexactituds o mancances detectats en la documentació de partida disponible objecte del present estudi han estat evidenciats al llarg del present document.

Els resultats, anàlisis i comentaris inclosos en aquest document hauran de ser interpretats sota les consideracions anteriors i son el resultat del lleial saber i entendre del tècnic que subscriu, qui sotmet la seva opinió a qualsevol altra de millor fundada.

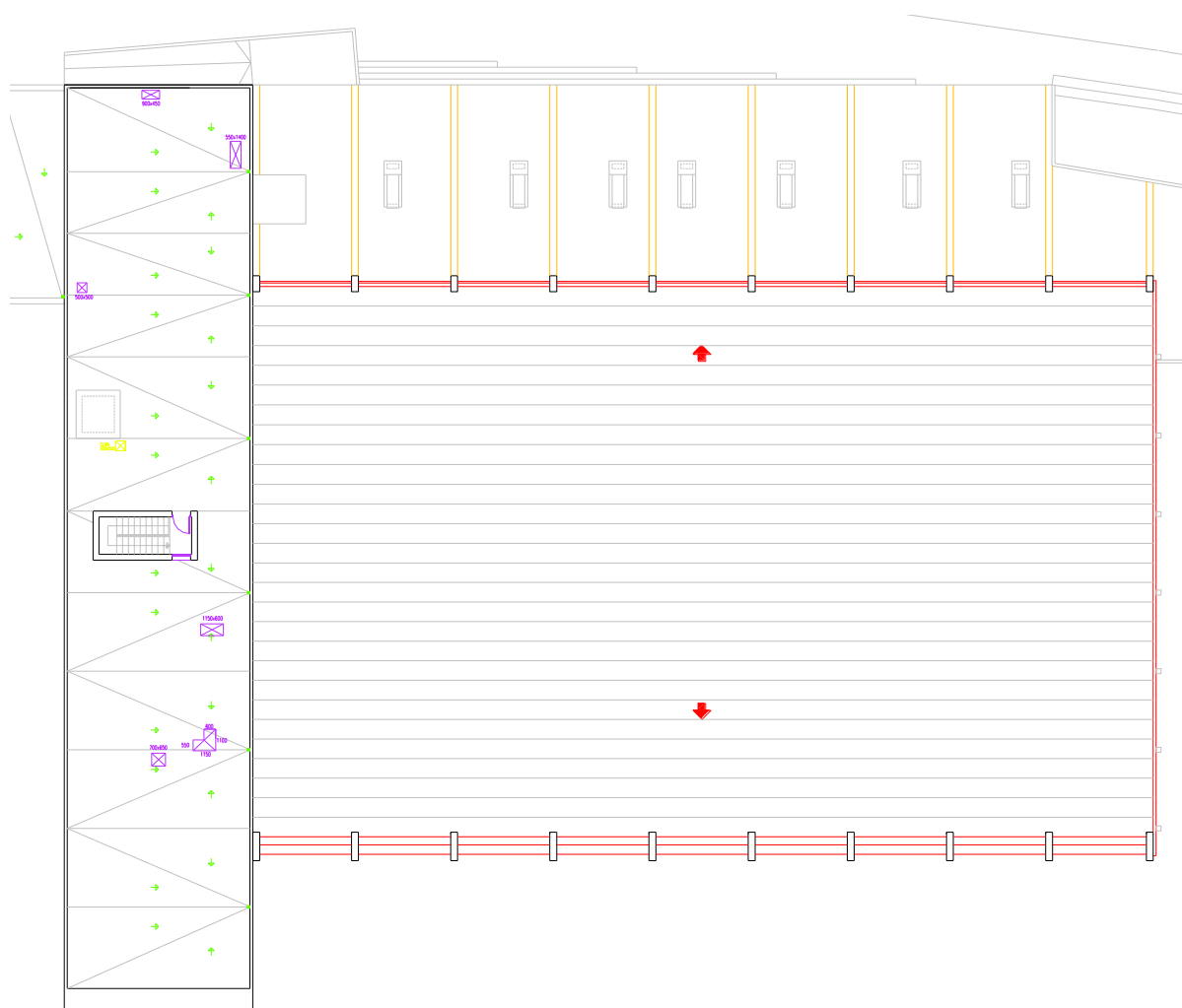
La recepció d'aquest document pel seu destinatari implica la plena acceptació d'aquesta declaració.

## 4 DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI

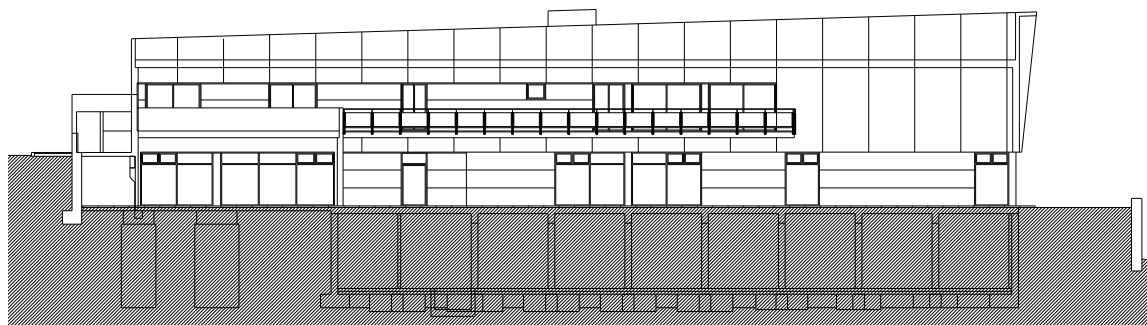
Ha estat analitzada la documentació relativa al projecte executiu facilitada per la propietat.

La coberta de la piscina té una planta rectangular de dimensions aproximades 46 metres x 29 metres i una alçada màxima de 8.7 metres.

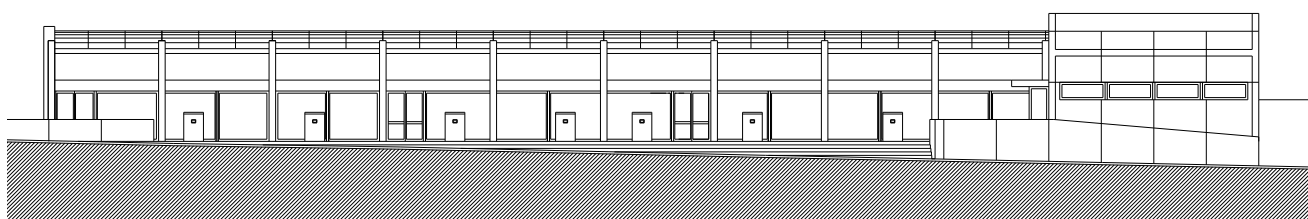
A continuació es mostren unes imatges de la planta, alçats i seccions que descriuen l'edifici:



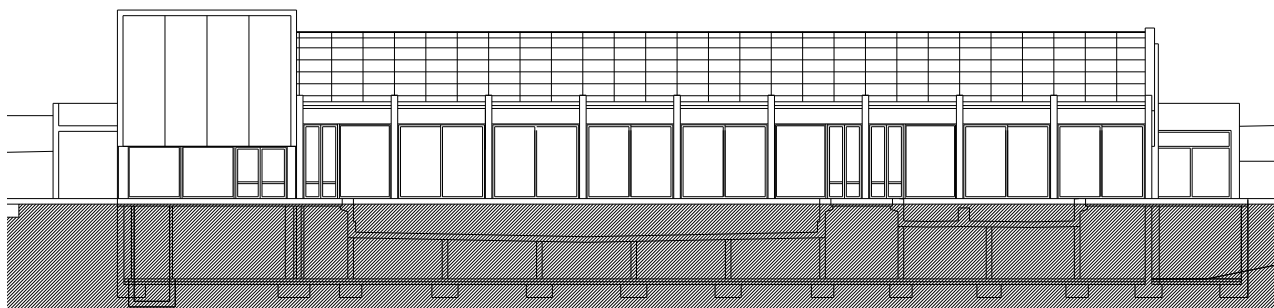
*Vista en planta de la coberta de l'edifici*



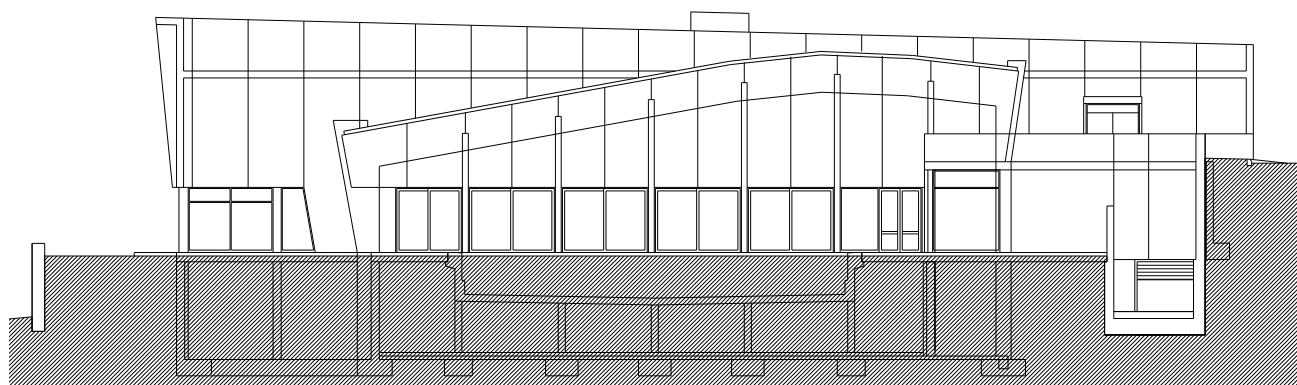
*Vista de la façana Nord Oest*



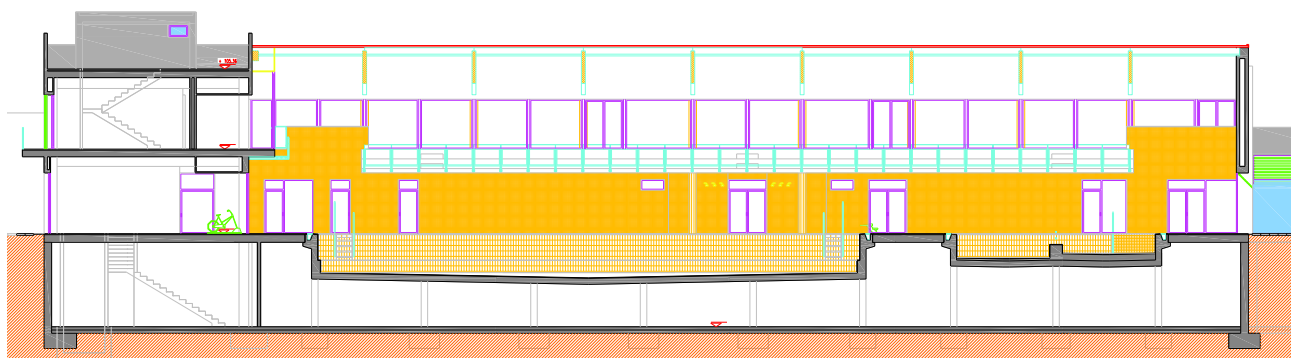
*Vista de la façana Nord Est*



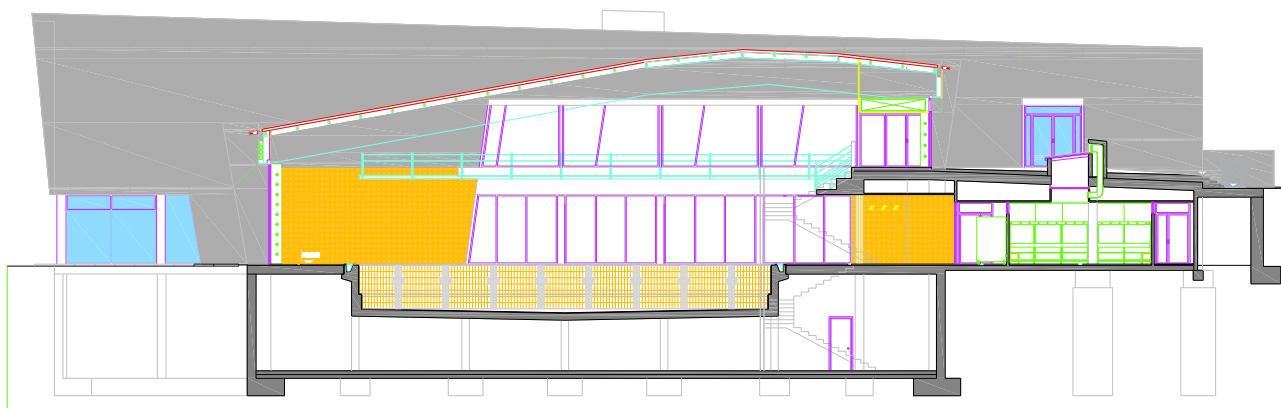
*Vista de la façana Sud Oest*



*Vista de la façana Sud Est*



*Vista de la secció longitudinal de l'edifici*

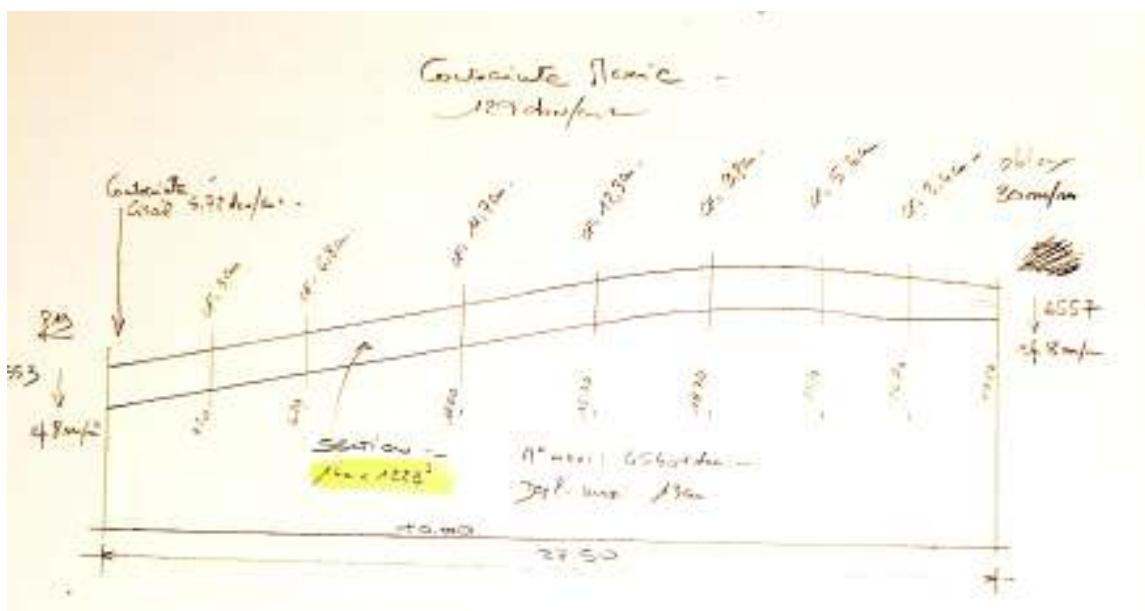


*Vista de la secció transversal de l'edifici*

## 5 DESCRIPCIÓ DE L'ESTRUCTURA

Ha estat analitzada la documentació relativa a l'estructura del projecte executiu i els seus modificats facilitada per la propietat i a continuació es mostra un extracte de les dades més rellevants relatives a la definició dels elements estructurals de la coberta de la piscina. L'estructura de la coberta de la piscina està resolta amb una sèrie de pòrtics formats bigues de fusta laminada encolada recolzades sobre pilars de formigó armat. Les bigues principals dels pòrtics cobreixen una llum d'uns 27 metres i tenen una forma amb un primer tram de directriu recta amb pendent i un segon tram amb directriu corba amb pendent variable. La separació entre pòrtics de 5.05metres es coberta amb corretges també de fusta laminada encolada amb una separació aproximada de 1.30 metres sobre les que es recolzen els panells de la coberta. Les dimensions de les seccions de de les bigues i corretges presenten certes discrepàncies segons la documentació de projecte i va ser necessari mesurar-les in situ.

Segons la nota de càlcul de Caillaud&Fils les mesures dels elements estructurals són:



- Bigues principals: Cantell = 122.8cm; Ample = 14cm
- Corretges: Cantell = 18cm; Ample = 9cm



## 6 INSPECCIÓ VISUAL

A la visita d'inspecció del dia 20 de maig de 2022 es va realitzar un reportatge fotogràfic del qual fem un extracte a continuació:



*Vista exterior de l'edifici i coberta de la piscina*



*Vista en detall de l'exterior de la coberta de la piscina*



*Vista general de l'interior de la piscina i l'estructura de la seva coberta*



*Vista en detall d'alguns pòrtics principals de l'estructura de coberta*



*Vista en detall dels arriostaments entre 2 pòrtics principals*



*Vista en detall del conjunt de corretges entre dos pòrtics principals*



*Vista en detall dels recolzaments de les corretges sobre les bigues principals*



*Vista en detall de les humitats existents a les bigues principals degudes a condensacions i/o filtracions des- de la coberta superior*



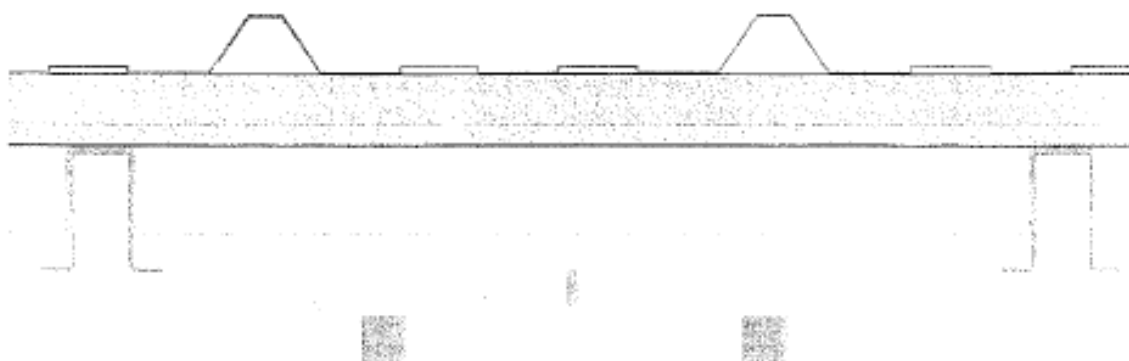
*Vista en detall de les humitats existents a les corretges degudes a condensacions i/o filtracions des- de la coberta superior*

## 7 DESCRIPCIÓ DE LA COBERTA I LA SEVA REPARACIÓ

A continuació es mostra un extracte de la informació disponible relativa a la possible intervenció de reparació i reforç del paquet de coberta:

Així doncs nosaltres prescrivim, com a millor solució als problemes de condensacions actuals, una modificació de la coberta existent per adaptar-la a les prescripcions de Projecte, que consisteix en:

1. Desmuntar la xapa actual, per trams, procurant ordenar les xapes retirades per una millor i més fàcil reutilització posterior.
2. Substitució dels panells deteriorats per les humitats.
3. Segellar les juntes entre panells, amb massilla de poliuretà, tant profundament com sigui possible i repassant el cordó exterior amb espàtula.
4. Replantejar les **omegues de 80.40.1.5 longitudinals deixant 118-120 cm entre perfils**, procurant que no coincideixin amb les juntes dels panells, **collar-les cada 2 correigues com a mínim**. A la zona corba és probable que calgui corbar els perfils, abans de col·locar-los o fent uns petits tallis a la part superior, coincidint amb les correigues de fusta, per facilitar que s'adaptin al desenvolupament de la coberta. L'empalmament d'omegues es farà coincidir amb les correigues de l'estructura de fusta situades sota els panells.
5. **Col·locar entre perfils la Manta Fielto 2 M0022 de POLIGLAS de 25 mm. Si es col·loqués una manta de 60 mm, les omegues longitudinals haurien de ser de 120.40.2.**
6. Col·locar la membrana TYVEK sobre la manta de fibra de vidre, longitudinalment, amb solapes longitudinals sobre les omegues, d'una sola peça o amb 1 solapament com a màxim a la zona de més pendent, amb un cavalcament mínim de 25 cm. La membrana te que arribar fins l'interior del canaló i a sota dels remat de xapa laterals per garantir la recollida d'aigua condensada. Si es vol col·locar la manta TECTOVER MADERA, la separació entre omegues longitudinals haurà de ser de 60 cm.
7. **Col·locar les omegues transversals de 50.40.1,5, amb una separació màxima d' 1,50 m** procurant replantejar-les on hi havia els cargols de les xapes retirades.
8. Tomar a col·locar les xapes retirades inicialment, collant-les a les omegues transversals, aprofitant els forats existents, amb cargols i juntes noves.
9. Col·locar els remats perimetrals de coberta, eliminant els possibles punts d'entrada d'aigua a trobades amb paraments verticals i mantenint la superfície de ventilació necessària de la cambra d'aire.
10. En cas de no desaparèixer les taques generalitzades, serà necessari pintar el panell per sota, per restituir el seu estat original.



No tenim certesa de com va ser la solució realitzada a la coberta.

Les omegues longitudinals (en el sentit del pendent) podien ser:

- 80x40x1.5 si es fa servir manta de feltre de 25mm
- 120x40x2 si es fa servir manta de feltre de 60mm

La separació entre omegues longitudinals podia ser:

- 120cm si s'utilitza manta feltre
- 60 cm si s'utilitza manta tectover fusta

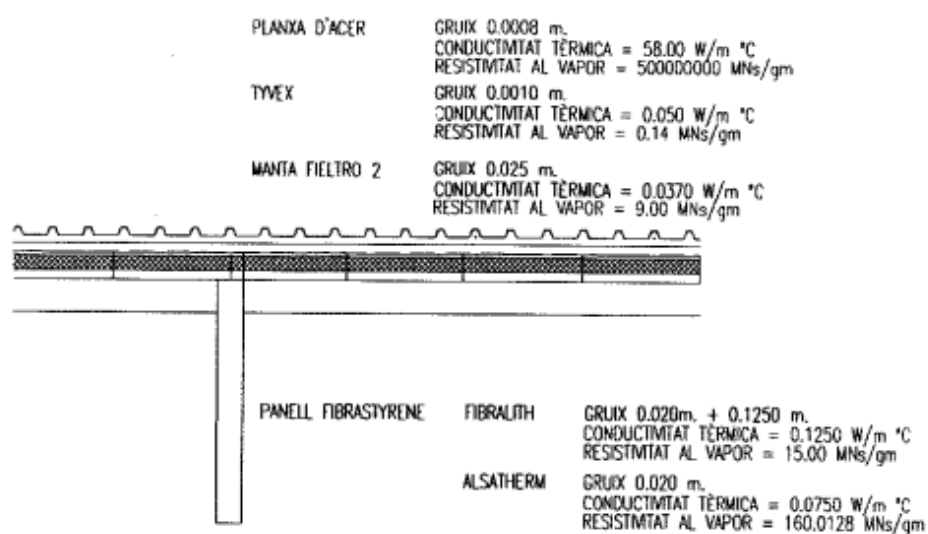
La fixació de les omegues longitudinals s'indica que es fixen cada 2 corretges com a mínim, però podria ser cada corretja que seria l'ideal.

Es desconeix totalment el sistema i la capacitat de les fixacions de les omegues a corretges i de les omegues transversals a les omegues longitudinals.

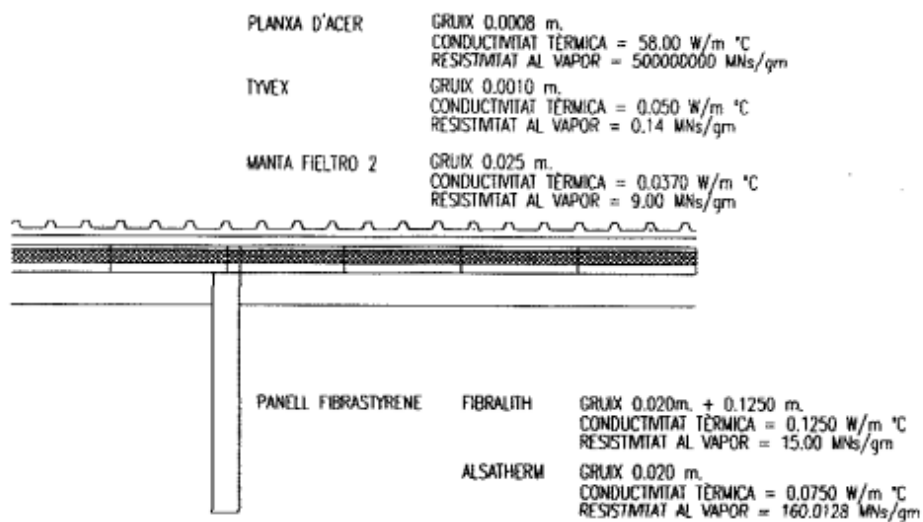
El coneixement de les omegues executades i de les seves fixacions és important per definir el sistema de fixació de les plaques fotovoltaïques a aquest sistema de superestructura. L'ideal seria poder fixar-se a la xapa superficial coincidint amb els seus punts de fixació en les omegues transversals. Per això hauríem de conèixer el seu replanteig per sota de la xapa de coberta i comprovar i fins i tot reforçar les fixacions de tots els seus elements fins a arribar a les corretges. Això garantiria que no es produís l'arrencada de les plaques per succió de vent. Davant de càrregues gravitatòries no seria un problema ja que tots els elements recolzarien uns sobre els altres sense problema.

### D.V.III Opció 5.c. Adaptació a Projecte

#### Esquema composició de la Coberta: OPCió 5C 1



### Esquema composició de la Coberta: OPCIÓ 5C 2





## 8 SEGURETAT ESTRUCTURAL

Per definir les bases de càlcul que determinaran la seguretat estructural d'un edifici s'han seguit les indicacions per l'anàlisi estructural, els coeficients parcials i l'aptitud pel servei que defineix el Codi Tècnic de l'Edificació en el DB-SE específic de seguretat estructural.

A continuació s'exposen els paràmetres bàsics de les normatives esmentades que s'ha considerat en el càlcul de l'edifici objecte de la memòria.

### 8.1 ANÀLISI ESTRUCTURAL

Per conèixer les possibilitats estructurals de la fusta i així poder utilitzar-la com a eina de disseny, és obligat analitzar les seves característiques mecàniques i com influeixen en aquestes factors com el contingut d'humitat, la durada de la càrrega i la qualitat de la fusta.

La Norma CTE-DB-SE-M (Codi Tècnic de l'Edificació, Document Bàsic, Seguretat Estructural, Fusta) adopta un mètode de càlcul en estats límits i utilitza coeficients parcials de seguretat (afectant la resistència i les accions).

La comprovació estructural d'un edifici requereix determinar les situacions de dimensionat que resultin determinants per el càlcul, establir les accions a tenir en compte i els models adequats, realitzar l'anàlisi estructural i verificar que no es sobrepassen els estats límits.

A les verificacions es tenen en compte els efectes del pas del temps que poden incidir a la capacitat portant o a l'aptitud pel servei, en correspondència amb el període de servei. Les situacions de dimensionat engloben totes les condicions i circumstàncies previsibles durant l'execució i la utilització de l'obra, determinant les combinacions d'accions necessàries per cada condició.

Les situacions de dimensionat es classifiquen en persistents (condicions normals d'ús), transitòries (condicions aplicades durant un temps limitat) i extraordinàries (condicions excepcionals com les accions accidentals).

Pel que fa a les consideracions que s'exposen a continuació, els estats límits, les accions i els mètodes de càlcul, les diferències no són considerables i hem pres com a model el que estipula el CTE.

#### 8.1.1 Els Estats Límits (ELU, ELS)

S'anomenen estats límits aquelles situacions segons les quals, de ser superades, es considera que l'edifici no compleix els requisits estructurals per els quals ha estat concebut.

Els **estats límits últims (ELU)** són els que, de ser superats, constitueixen un risc per les persones, ja que poden produir una col·lapse total o parcial de l'edifici. Com estats límits últims han de considerar-se els deguts a:

- Pèrdua de l'equilibri de l'edifici o d'una part estructuralment independent.
- Error per deformació excessiva, transformació de l'estructura o part d'ella en un mecanisme, trencament dels elements estructurals o de les unions, o inestabilitat d'elements estructurals incloent els originats per efectes depenent del temps, com la corrosió o la fatiga.

Els **estats límits de servei (ELS)** són els que, de ser superats, afecten el confort i el benestar dels usuaris o terceres persones, el correcte funcionament de l'edifici o la imatge de la construcció. Aquests estats poden ser reversibles o irreversibles, en funció a les conseqüències que suposen l'excés dels límits especificats com admissibles, un cop desaparegudes les accions que els han produït. Com a estats límits de servei poden considerar-se els deguts a:

- Les deformacions que afectin a la imatge de l'obra, al confort dels usuaris o al funcionament d'equips i instal·lacions.
- Les vibracions que causin una falta de confort a les persones o afectin a la funcionalitat de l'obra.
- Els danys o el desgast que poden afectar desfavorablement a la imatge, la durabilitat o la funcionalitat.

A part d'aquestes consideracions a nivell de fonaments també s'ha tingut en compte els estats límits de servei deguts a:

- Els moviments excessius de la fonamentació que poden induir esforços o deformacions anormals a la resta de l'edificació, que encara que no arribin a trencar-la, afecten a la imatge de l'obra, el confort o el funcionament.
- Les vibracions que es poden transmetre a la resta de l'estructura.

### 8.1.2 Classificació de les accions.

Les accions que s'apliquen a un càlcul es classifiquen per la seva variació en el temps:

- Accions permanents (G): són aquelles que actuen en tot moment sobre l'edifici amb posició constant: la magnitud pot ser constant, com el pes propi de l'estructura, o no, com les accions reològiques, però amb una variació menyspreable.
- Accions Variables (Q): són aquelles que poden actuar o no sobre un edifici, com les degudes per l'ús o les accions climàtiques.
- Accions accidentals (A): són aquelles la probabilitat de que succeeixi és petita però de gran importància, com el sisme, l'incendi, l'impacte o l'explosió.

Les accions imposades com els assentaments o retracció, es consideren accions permanents o variables, en funció de la seva variabilitat.

Les accions es defineixen en el càlcul per el seu valor característic  $F_k$ . Per les accions permanents s'adopta normalment un valor mig a no ser que la variació del mateix pugui ocasionar una resposta estructural significativa. Les accions variables, es determinen per un valor amb probabilitat de no ser superat durant un període de referència específic. En el cas de les accions climàtiques els valors estan basats en la probabilitat corresponent a l'estudi d'un període de retorn de 50 anys. Les accions accidentals es representen amb un valor nominal que s'assimila al de càlcul.

Entenem que el CTE ha inclòs aquest grup dins del conjunt de les accions permanents, aplicant el valor límit superior com ha opció més desfavorable, i es així com s'ha considerat en el càlcul.

### 8.1.3 Mètodes per l'anàlisi estructural.

L'anàlisi estructural es basa en models adequats de l'edifici que proporcionen una previsió suficientment precisa del seu comportament, que permeten tenir en compte totes les variables significatives i que reflecteixen adequadament els estats límits a considerar.

Es poden establir diversos models estructurals, complementaris, que defineixen diferents parts de l'edifici, o alternatius, que poden representar millor diferents comportaments o efectes. S'utilitzen models específics per zones singulars de l'estructura on no siguin aplicables les hipòtesis clàssiques.

Les condicions de geometria i suports es modelitzen en concordança amb l'edifici projectat, buscant la màxima similitud entre ells.

En l'execució del model de càlcul s'ha tingut en compte els efectes de les accions dinàmiques sobre els elements significatius contemplant la seva rigidesa, massa, resistència, etc.

## 8.2 COEFICIENTS PARCIAIS I COMBINACIONS D'HIPÒTESIS ESTATS LÍMITS ÚLTIMS

Per a la determinació de l'efecte de les accions, així com la resposta estructural, s'utilitzen els valors de càlcul de les variables, obtinguts a partir dels seus valors característics, multiplicant o dividint per els corresponents coeficients parcials per les accions i la resistència, respectivament.

Per garantir que hi ha suficient estabilitat del conjunt de l'edifici o d'una part del mateix, per totes les situacions de dimensionat, es compleix la següent condició:

$$E_{d, dst} \leq E_{d, stb}$$

on

$E_{d, dst}$  : valor de càlcul de les accions desestabilitzadores

$E_{d, stb}$  : valor de càlcul de les accions estabilitzadores

Per garantir que hi ha suficient resistència de l'estructura portant o d'un element estructural, secció o unió entre elements, totes les situacions de dimensionat compleixen:

$$E_d \leq R_d$$

on

$E_d$  : valor de càlcul de l'efecte de les accions.

$R_d$  : valor de càlcul de la resistència corresponent.

La formulació general per el càlcul de les combinacions d'hipòtesis es determina a partir de l'expressió:

$$\sum_{j \leq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i \leq 1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

És a dir, es considera simultàniament l'actuació de les accions permanents, G, inclòs el pretesat en cas d'existir, P, les accions variables, Q, havent-se d'aplicar de manera successiva en els diferents anàlisis.

La combinació d'accions en el cas d'intervenir l'efecte d'una acció extraordinària respon a la formulació següent:

$$\sum_{j \leq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_P \times P + A_d + \gamma_{Q,1} \times \psi_{1,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i \leq 1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

És a dir, es considera l'acció simultània de totes les accions permanents, G, una acció accidental, Ad, i les accions variables (Q), una en valor freqüent i les altres casi permanents, alternant l'ordre d'aquestes últimes en les diferents hipòtesis de càlcul.

En una situació extraordinària, tots els coeficients de seguretat ( $\gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q$ ) s'apliquen amb valor 0 si el seu efecte és favorable, i valor 1 si el seu efecte és desfavorable.

En el cas que l'acció accidental sigui l'acció sísmica, totes les accions variables s'apliquen amb un valor casi permanent, segons l'expressió:

$$\sum_{j \leq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i \leq 1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

En els casos en que la relació entre les accions i el seu efecte no es pugui assimilar de forma lineal, per la determinació dels valors de càlcul de l'efecte de les accions es realitza un anàlisi no lineal, considerant que:

- Si els efectes globals de les accions augmenten més ràpidament que elles, els coeficients parcials que s'apliquen com l'indicat en la formulació anterior.
- Si els efectes globals de les accions augmenten més lentament que elles, els coeficients parcials que s'apliquen es determinen a partir del valor representatiu de les mateixes.

El valor de combinació d'una acció variable representa la seva intensitat en el cas de que, en un determinat període, actuï simultàniament amb un altre acció variable, estadísticament independent. En el DB-SE que s'utilitza per la formulació de càlcul aquest valor es defineix com a  $\Psi_0$ .

El coeficient  $\Psi_1$ , correspon al valor freqüent d'una acció variable que es determina de manera que sigui superat durant un 1% del temps de referència.

Finalment el valor casi permanent d'una acció variable es determina de manera que sigui superat durant el 50% del temps de referència i se li aplica el coeficient  $\Psi_2$ .

**Taula 4.1 (Segons CTE-SE) Coeficients parcials de seguretat ( $\gamma$ ) per les accions.**

	Tipus d'acció	Situació persistent o transitòria	
		desfavorable	favorable
<b>Resistència</b>	Permanent		
	Pes Propi, Pes terreny	1,35	0,8
	Empenta terreny	1,35	0,7
	Pressió aigua	1,2	0,9
	Variable	1,5	0
<b>Estabilitat</b>		desestabilitzadora	estabilitzadora
	Permanent		
	Pes Propi, Pes terreny	1,1	0,9
	Empenta terreny	1,35	0,8
	Pressió aigua	1,05	0,95
Variable	1,5	0	

**Taula 4.2 (Segons CTE-SE) Coeficients de simultaneïtat ( $\psi$ ).**

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<b>Sobrecàrrega superficial d'ús</b>	0,7	0,5	0,3
Zones residencials (Categoria A)	0,7	0,5	0,3
Zones administratives (Categoria B)	0,7	0,7	0,6
Zones destinades al públic (Categoria C)	0,7	0,7	0,6
Zones comercials (Categoria D)	0,7	0,7	0,6
Zones de trànsit i aparcament (Categoria F)	0,7	0,7	0,6
Cobertes transitables (Categoria G)		(*)	
Cobertes només manteniment (Categoria H)	0	0	0
<b>Neu</b>			
altituds > 1000m	0,7	0,5	0,2
altituds ≤ 1000m	0,5	0,2	0
<b>Vent</b>	0,6	0,5	0
<b>Temperatura</b>	0,6	0,5	0
<b>Accions variables del terreny</b>	0,7	0,7	0,7

(\*) A les cobertes transitables, s'adoptaran els valors corresponents al ús des del que s'accedeix.

### 8.3 APTITUD DE SERVEI I COMBINACIONS D'HIPÒTESIS ESTATS LÍMITS DE SERVEI

Per complir un comportament adequat, en relació a les deformacions, les vibracions o el desgast, s'aplica la corresponent de les següents combinacions d'accions. En termes generals per el càlcul de les deformacions, la normativa permet no aplicar coeficients de majoració ( $\gamma$ ) a les càrregues permanents i aplicar coeficients de simultaneïtat a les variables.

En els casos d'efectes degut a les accions de curt termini que poden resultar irreversibles, la combinació d'accions es realitza seguint la següent expressió:

$$\sum_{j \leq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \leq 1} \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

És a dir, es considera en el càlcul totes les càrregues permanents, una acció variable, en la seva totalitat, i la resta de càrregues variables amb el factor de simultaneïtat corresponent, modificant la variable no afectada per els coeficients parcials en cada hipòtesi.

En els casos d'efectes deguts a accions de curta durada que poden resultar reversibles, la formulació per realitzar la combinació d'accions ha estat la següent:

$$\sum_{j \leq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i \leq 1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

Finalment, per els casos d'efectes deguts a càrregues de llarga duració, s'ha calculat amb la següent expressió, que tracta totes les accions variables amb un mateix coeficient de quasi permanència:

$$\sum_{j \leq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \leq 1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

#### 8.3.1 Deformacions

A nivell de fletxes relatives admissibles dels elements estructurals es compleix la següent taula, les limitacions de la qual s'indiquen en el (CTE-SE 4.3.3.1):

<b>INTEGRITAT DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS</b>	Forjats amb envans fràgils o paviments rígids sense junts	1/500
	Forjats amb envans ordinaris i paviments amb junts	1/400
	Resta de casos	1/300
<b>CONFORT DELS USUARIS</b>		1/350
<b>IMATGE DE L'OBRA</b>		1/300

Les limitacions esmentades s'han de complir entre dos punts qualsevol de la planta, prenent com a llum el doble de la distància entre ells. En general es realitza aquesta comprovació per els dos sentits ortogonals de la planta.

En els casos en els quals els elements suportats, tipus d'envans i paviments, tinguin més opcions de ser malmesos per les deformacions de l'estructura es prendran mesures constructives específiques.

El límit de la fletxa activa és de  $L/400$  o  $1\text{cm}$  =>  $f_{activa} \leq \frac{L}{400}$

### 8.3.2 Desplaçaments horitzontals

A nivell de desplaçaments horitzontals es compleix segons la normativa CTE-SE la taula següent:

<b>INTEGRITAT DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS</b>	Desplom total	1/500
	Desplom parcial	1/250
<b>IMATGE DE L'OBRA</b>		1/250

## 9 ACCIONS A LA EDIFICACIÓ

A l'avaluació d'accions per a determinar el comportament estructural de l'edifici que es presenta, s'ha tingut en compte la Normativa CTE- SE-AE Accions a la Edificació del Codi Tècnic de la Edificació, així com la Normativa NCSR-02, "Norma de Construcción Sismorresistente".

### 9.1 PESOS PROPIS DE MATERIALS DE CONSTRUCCIÓ

A continuació s'exposa una taula amb les densitats de materials utilitzats habitualment en la construcció, ja sigui conformant elements estructurals o com a elements d'acabat que suposen una càrrega sobre l'estructura. La taula s'ha extret de l'annex C del llibre CTE-SE-AE d'Accions a la Edificació del Codi Tècnic.

MATERIALS	Pes (kN/m <sup>3</sup> )		Pes (kN/m <sup>3</sup> )
<b>Materials de paleta</b>		<b>Metalls</b>	
Gres	21.0 a 27.0	Acer	77.0 a 78.5
Basalt	27.0 a 31.0	Alumini	27.0
Marbres	28.0	Coure	87.0 a 89.0
Diorites, gneis	30.0	Estany	74.0
Granit	27.0 a 30.0	Ferro colat	71.0 a 72.5
Terracota compacte	21.0 a 27.0	Ferro forjat	76.0
<b>Fustes</b>			112.0 a 114.0
Tipus de C14 a C40	3.5 a 5.0	Zenc	71.0 a 72.0
Laminada encolada	3.7 a 4.4	<b>Altres</b>	
Taulell contraxapat	5.0	Asfalt	24.0
Taulell de fibres	8.0 a 10.0	Pissarra	29.0
Taulell lleuger	4.0	Vidre	25.0

## 9.2 ACCIONS PERMANENTS

### 9.2.1 Pesos propis forjats

A continuació s'exposen els pesos propis dels elements estructurals considerats en el projecte que ens ocupa, que actuen com a concàrregues en el càlcul de l'estructura. Els valors s'expressen per  $\text{kN/m}^2$ , i s'extreuen de ponderar la proporció ponderada per metre quadrat dels diferents elements que componen els forjats de projecte.

TIPUS DE FORJAT	CANTELL	ACCIÓ DE CàLCUL
Deck	67 mm	0.20 $\text{kN/m}^2$

### 9.2.2 Càrregues permanents

Com a càrregues permanents entenem aquelles càrregues que actuaran de forma continuada durant la vida útil de l'edifici. En el càlcul, depenent de la seva naturalesa, es poden aplicar com a càrregues superficials, lineals o puntuals.

Com a càrregues superficials entenem els paviments, les impermeabilitzacions, pendents i tractaments de les cobertes i els cels rasos.

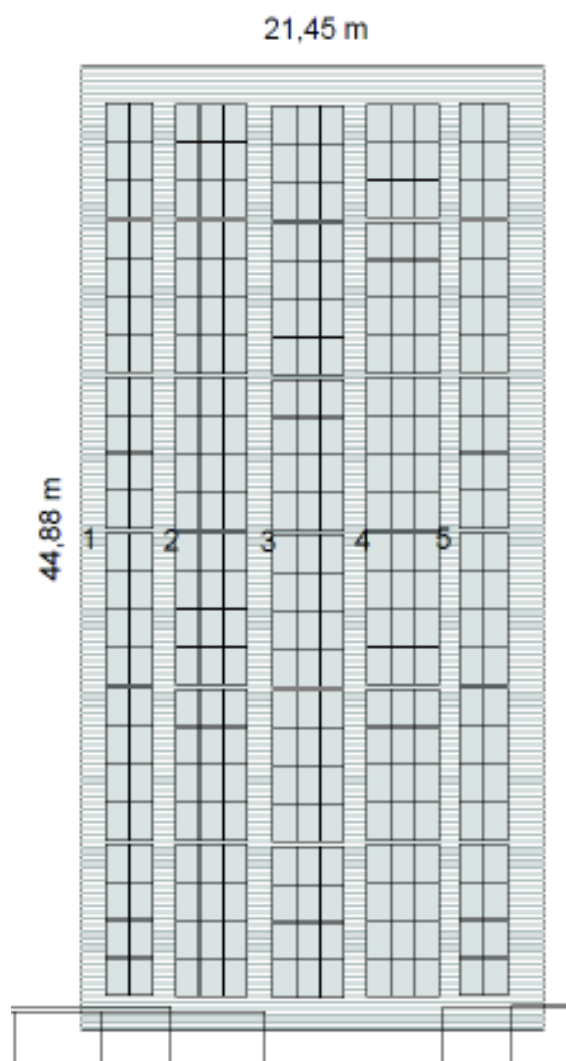
TIPUS DE CàRREGA	DEFINICIÓ	ACCIÓ DE CàLCUL
Superficial	Coberta de xapa	0.20 $\text{kN/m}^2$

### 9.2.3 Càrregues de plaques fotovoltaïques

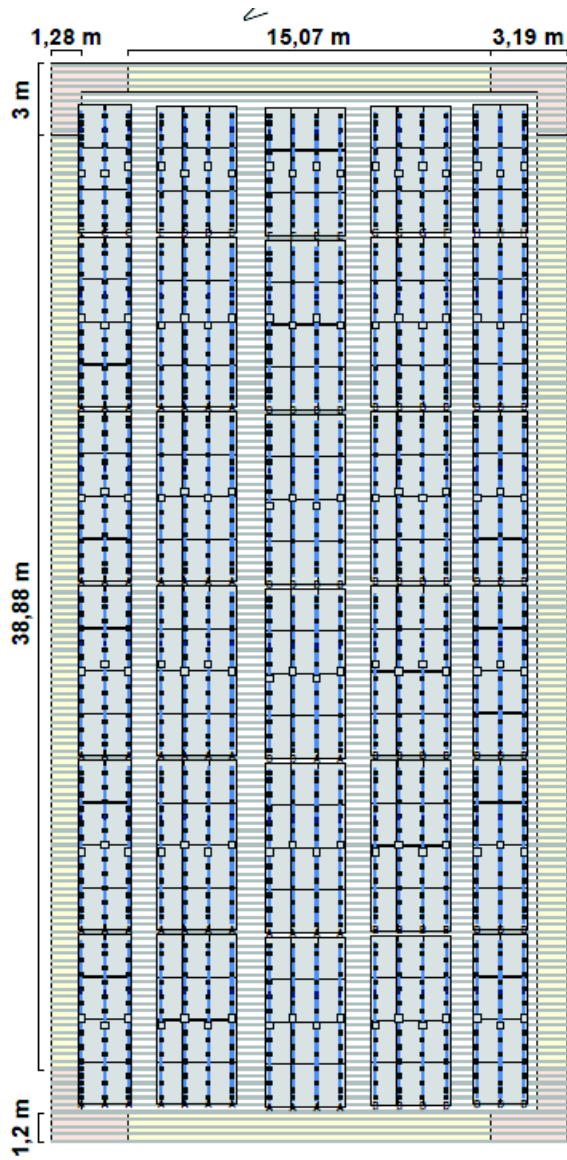
Segons el projecte de la instal·lació de les plaques fotovoltaïques la càrrega superficial màxima a la zona on es disposen les plaques fotovoltaïques es la següent:

TIPUS DE CàRREGA	DEFINICIÓ	ACCIÓ DE CàLCUL
Superficial	Plaques Fotovoltaïques	0.12 $\text{kN/m}^2$

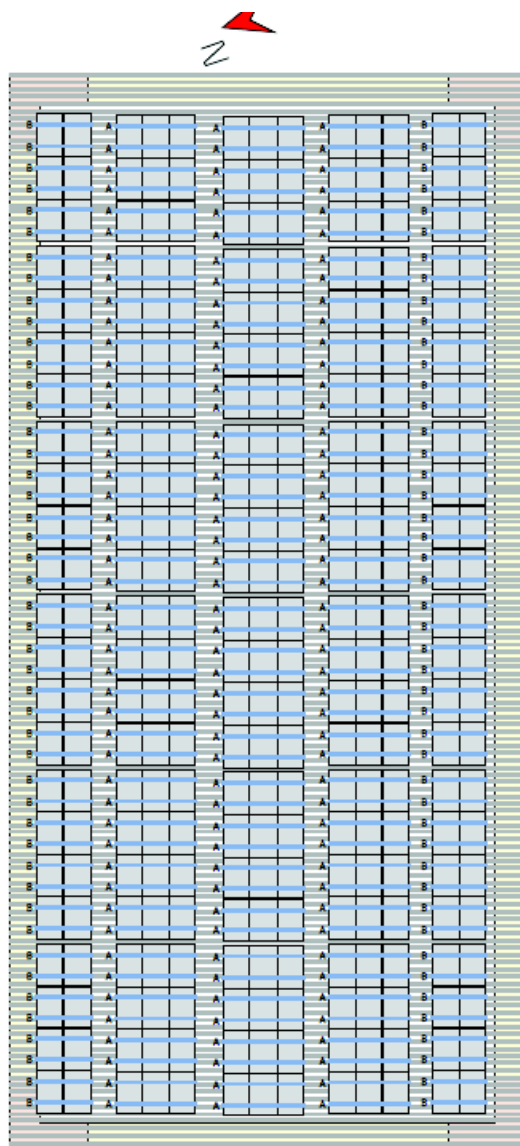




Vista en planta de la coberta amb la indicació dels camps de mòduls de plaques fotovoltaïques



Vista en planta de les guies de base de fixació dels mòduls fotovoltaics



*Vista en planta de les guies superiors de fixació dels mòduls fotovoltaics*

**UBICACIÓN**

Dirección: Passeig de Circumvallació, s/n, 08810 Sant Pere de Ribes, Barcelona, España

Elevación de terreno: 31,08 m

Tipo de tejado: Tejado a un agua

Método de fijación: Cubierta del tejado

Cubierta: Trapezoidal

Altura del edificio: 6,00 m

Inclinación del tejado: 20 °

Distancia mínima al borde: 0,00 m

Distancia entre crestas: 300,0 mm

Anchora de la cresta: 22,0 mm

Altura de cresta o altura pa nel sandwich: 40,0 mm

Calidad de la chapa: Aluminio 165 N/mm<sup>2</sup>

Grosor de la lámina: 0,500 mm

**CARGAS**

Código de Diseño: UNE EN

Categoría de daños: CC1

Vida útil: 25 años

**CARGA DE VIENTO**

Presión de velocidad de ráfagas:  $q_{p,50} = 0,730 \text{ kN/m}^2$

Factor de ajuste de la vida útil:  $f_w = 0,921$

Presión de velocidad de ráfagas:  $q_{p,25} = 0,673 \text{ kN/m}^2$

**ZONAS DEL TEJADO**

Zona	Superficie de carga (m <sup>2</sup> )	Cp <sub>máx</sub>	Cp <sub>mín</sub>	Presión del viento (kN/m <sup>2</sup> )	Acción viento (kN/m)
Area de campo	10,00	0,267	-0,867	0,179	-0,583
Area de esquina (cumbre)	10,00	0,267	-2,300	0,179	-1,547
Borde cumbre	10,00	0,267	-1,133	0,179	-0,762

**MÓDULOS**

Fabricante: Trina Solar Energy      Cantidad: 299

Nombre: TSM-400DE09.08 (Vertex S)      Rendimiento global: 119,600 kWp

Dimensiones LaxAnxAI: 1754 x 1096 x 30,00 mm

Peso: 21,0 kg

Rendimiento: 400 W

### CARGA DE NIEVE

Entorno	Terreno ordinario
Carga de nieve en suelo	$s_k = 0,416 \text{ kN/m}^2$
Rejilla de nieve	No
Coefficiente de forma para nieve	$\mu_s = 0,800$
Factor de inclinación del tejado	$d_i = 0,940$
Carga de nieve en el tejado	$s_{i,50} = 0,312 \text{ kN/m}^2$
Factor de ajuste de la vida útil	$f_s = 0,929$
Carga de nieve en el tejado	$s_{i,25} = 0,290 \text{ kN/m}^2$

### CARGA NETA

Peso módulos	$G_M = 21,0 \text{ kg}$	Peso neto módulo	$= 10,92 \text{ kg/m}^2$
Peso sistema de montaje	$= 1,5 \text{ kg}$	Peso neto sistema de montaje	$= 0,78 \text{ kg/m}^2$
Superficie de módulo	$A_M = 1,92 \text{ m}^2$	Carga neta total (excluyendo lastre)	$= 0,11 \text{ kN/m}^2$

### COMBINACIONES DE CARGA

#### CAPACIDAD DE CARGA

Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente desfavorable (STR)	$\gamma_{STR}$	1,35
Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente favorable (STR)	$\gamma_{STR}$	1,00
Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente desestabilizadora (EQU)	$\gamma_{EQU}$	1,10
Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente estabilizadora (EQU)	$\gamma_{EQU}$	0,90
Coefficiente parcial de seguridad para primera carga variable	$\gamma_0$	1,50
Coefficiente parcial de seguridad para n cargas variables	$\gamma_0$	1,50
Coefficiente de combinación para viento	$\psi_{SW}$	0,60
Coefficiente de combinación para viento (otras acciones variables)	$\psi_{TW}$	0,20
Coefficiente de combinación para nieve	$\psi_{LS}$	0,50
Factor de importancia variable	$\eta_{ED}$	0,85
Peso muerto característico	$G_k$	
Carga de nieve característica en el techo	$S_{k1}$	
Carga de viento característica	$W_k$	

Combinación de caso de carga 00:	$E_d = \gamma_{STR} * \eta_{ED} * G_k + \gamma_0 * \eta_{ED} * S_{k1}$
Combinación de caso de carga 02:	$E_d = \gamma_{STR} * \eta_{ED} * G_k + \gamma_0 * \eta_{ED} * W_{k,swell}$
Combinación de caso de carga 03:	$E_d = \gamma_{STR} * \eta_{ED} * G_k + \gamma_0 * \eta_{ED} * (W_{k,swell} + W_{k1} * S_{k1})$
Combinación de caso de carga 04:	$E_d = \gamma_{STR} * \eta_{ED} * G_k + \gamma_0 * \eta_{ED} * (S_{k1} + \psi_{SW} * W_{k,swell})$
Combinación de caso de carga 05:	$E_d = \eta_{ED} * G_k + \gamma_k * \eta_{ED} * S_{k1} + \eta_{ED} * \psi_{TW} * W_{k,swell}$
Combinación de caso de carga 06:	$E_d = \gamma_{STR} * G_k + \gamma_0 * \eta_{ED} * W_{k,swell}$

### IDONEIDAD DE USO

Coefficiente de combinación para viento  $\psi_{0,W} = 0,60$   
 Coeficiente de combinación para nieve  $\psi_{0,S} = 0,50$

Combinación de caso de carga 00:  
 Combinación de caso de carga 01:  $E_d = G_k + S_{k1}$   
 Combinación de caso de carga 02:  $E_d = G_k + W_{k,Presión}$   
 Combinación de caso de carga 03:  $E_d = G_k + W_{k,Presión} + \psi_{0,S} * S_{k1}$   
 Combinación de caso de carga 04:  $E_d = G_k + S_{k1} + \psi_{0,W} * W_{k,Presión}$   
 Combinación de caso de carga 06:  $E_d = G_k + W_{k,Succión}$

### CARGAS EN LOS MÓDULOS

Zona	A (m)	Verificación de seguridad estructural (Pa)				Verificación de idoneidad de uso (Pa)			
		Presión Perpendicular	Presión Paralela	Succión Perpendicular	Succión Paralela	Presión Perpendicular	Presión Paralela	Succión Perpendicular	Succión Paralela
Area de campo	1,92	615,9	174,2	-860,4	39,3	488,2	138,5	-651,6	39,3
de esquina (cumb	1,92	615,9	174,2	-2232,7	39,3	488,2	138,5	-1727,9	39,3
Borde cumbre	1,92	615,9	174,2	-1293,8	39,3	488,2	138,5	-991,4	39,3

### GUÍA SUPERIOR - RESULTADO DE LA UTILIZACIÓN

No. Campo de	Zonas del tejado	Capacidad de carga			IdoU	Distancias		Valores máximos	
		Per $\sigma$ (%)	Vol $\eta$ (%)	Fij $F$ (%)		Per $f$ (%)	RS $R$ (m)	Vol $L$ (m)	Fij $Fst$ Dmax (m)
1	Area de campo	18,8	2,5	---	9,7	0,980	---	0,612	1,951
1	ona de esquina (cumbre)	40,4	7,3	---	28,7	0,980	---	0,434	1,486
1	Borde cumbre	18,8	3,4	---	13,1	0,980	---	0,565	1,814
2	Area de campo	13,8	4,7	---	9,7	0,980	---	0,612	1,951
3	Area de campo	13,8	4,8	---	9,7	0,980	---	0,612	1,951
4	Area de campo	13,8	4,7	---	9,7	0,980	---	0,612	1,951
5	Area de campo	13,8	2,6	---	9,7	0,980	---	0,612	1,951

### GUÍA DE BASE - RESULTADO DE LA UTILIZACIÓN

No. Campo de	Zonas del tejado	Capacidad de carga			IdoU	Distancias		Valores máximos	
		Per $\sigma$ (%)	Vol $\eta$ (%)	Fij $F$ (%)		Per $f$ (%)	RS $R$ (m)	Vol $L$ (m)	Fij $Fst$ Dmax (m)
1	Area de campo	13,7	0,0	69,4	10,9	0,600	0,980	0,482	0,850
1	Zona de esquina (cumbre)	9,3	13,5	99,4	2,7	0,300	0,980	0,300	0,302
1	Borde cumbre	17,4	20,0	93,5	14,6	0,600	0,980	0,446	0,642
2	Area de campo	13,7	14,3	69,4	10,9	0,600	0,980	0,482	0,850
3	Area de campo	13,7	14,2	69,4	10,9	0,600	0,980	0,482	0,850
4	Area de campo	13,7	15,2	69,4	10,9	0,600	0,980	0,482	0,850
5	Area de campo	13,7	16,9	69,4	10,9	0,600	0,980	0,482	0,850

- |              |                                 |
|--------------|---------------------------------|
| Per          | Perfil                          |
| Fij          | Fijación                        |
| $\sigma$     | Tensión                         |
| f            | Flexión                         |
| F            | Fuerza                          |
| CL/Lmax [m]  | Longitud máxima del voladizo    |
| Fst Dmax [m] | Distancia máxima entre anclajes |
| RDB          | Guía base                       |
| RS           | Riel superior                   |
| IdoU         | Idoneidad de uso                |
| Vol          | Voladizo                        |

### 9.3 ACCIONS VARIABLES

#### 9.3.1 Sobrecàrregues d'ús

Les sobrecàrregues d'ús engloben el pes de tot el que pot gravitar sobre l'edifici en funció de l'ús al qual es destini. Per regla general, les sobrecàrregues degudes a l'ús s'assimilen a una càrrega superficial distribuïda uniformement. D'acord amb l'ús majoritari al que es destini cada zona, el valor característic s'extreu de la taula 3.1 del CTE-SE-AE. Sobrecàrregues molt concretes, com maquinaries, materials de biblioteques, magatzems o indústries, no estan englobats per la norma i es defineixen amb l'estudi concret de l'edifici.

A continuació s'exposen els valors de sobrecàrrega d'ús que s'apliquen en aquest projecte:

CATEGORIA D'ÚS	SUBCATEGORIA	DEFINICIÓ	CÀRREGA Uniforme	CÀRREGA Concentrada
G	G1	Cobertes accessibles per a la conservació. Cobertes lleugeres sobre corretges	0.40 kN/m <sup>2</sup>	1.00 kN

#### 9.3.2 Sobrecàrregues de neu

La distribució i la intensitat de càrrega de la neu depèn del clima del lloc, el tipus de precipitació, la geometria de la coberta o edifici, els efectes del vent i els intercanvis tèrmics dels paràmetres exteriors.

La normativa defineix la formulació necessària per calcular la acumulació de neu i aplicar-la com una sobrecàrrega de l'edifici a la CTE-SE-AE. La inclinació de la coberta i la forma poden afavorir o no, l'acumulació de la neu.

A estructures lleugeres sensibles a la càrrega vertical, els valors es poden obtenir com s'indica a continuació.

Com valor de càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal,  $q_n$ , es pot prendre:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 0.40 \text{ kN/m}^2$$

sent:

$\mu = 1$ ; el coeficient de forma de la coberta segons 3.5.3

$s_k = 0.40 \text{ kN/m}^2$ ; el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal segons 3.5.

LOCALITAT	Sant Pere de Ribes
ZONA HIVERNAL	ZONA 2
ALTITUD TOPOGRÀFICA	44 msnm
CÀRREGA CARACTERÍSTICA DE NEU	0.40 kN/m <sup>2</sup>
FACTOR DE FORMA	1

### 9.3.3 Accions del vent

Són les produïdes per el vent sobre els elements exposats a ell. Per llur determinació es considera que aquest actua horitzontalment sobre els elements i amb una direcció que forma un angle de  $\pm 10^\circ$  respecte a l'horitzontal

La intensitat de la seva acció s'avalua directament a partir de la velocitat amb la que pot desplaçar-se i topar contra un element resistent, segons les consideracions de l'article 3.3 del CTE SE-AE (Codi Tècnic de l'Edificació).

L'acció concreta sobre un element superficial es dedueix aplicant els articles 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4 i 3.3.5 de l'anterior Normativa, relatius a la determinació del coeficient eòlic, tant en construccions tancades com obertes, i a la influència de l'esveltesa dels elements.

L'acció del vent, en general una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o pressió estàtica,  $q_e$  pot expressar-se com:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

En el cas particular que es discuteix, els paràmetres considerats són els que es detallen:

- " $q_b$ " Pressió dinàmica del vent (segons annex D Figura D1):

$$q_b = 0.52 \text{ kN/m}^2 \text{ (Zona C)}$$

- " $C_e$ " Coeficient d'exposició (segons taula 3.3):

Grau d'aspror: IV

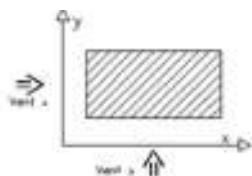
Alçada del punt considerat: 9.00m

GRAU D'ASPROR DE L'ENTORN	Altura del punt considerat (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I.-Límit del mar o d'un llac, amb una superfície d'aigua a la direcció del vent d'almenys 5Km de longitud.	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3	3.5
II.-Terreny rural pla sense obstacles ni arbrat d'importància.	2.1	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3	3.5
III.-Zona rural accidentada o plana amb alguns obstacles aïllats, com arbres o construccions petites.	1.6	2.0	2.3	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1
IV.-Zona urbana en general, industrial o forestal.	1.3	1.4	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.6
V.-Centre de negocis de grans ciutats, amb prefusió d'edificis amb altura.	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	1.9	2.0

Per a l'alçada màxima el coeficient d'exposició resulta  $C_e = 1.7$

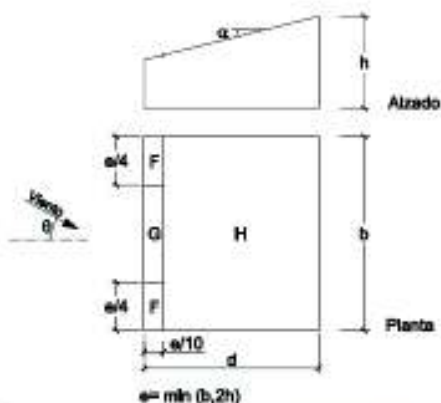


El criteri d'eixos x/y coincideix amb l'indicat en el quadre de pilars.



Coefficient eòlic  $C_p$  a Coberta a una aigua (Inclinació  $10^\circ$ )

Tabla D.5 Cubiertas a un agua.  
 a) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$		
		F	G	H
5°	$\geq 10$	-1,7	-1,2	-0,6
	$\leq 1$	+0,0	+0,0	+0,0
15°	$\geq 10$	-2,5	-2,0	-1,2
	$\leq 1$	+0,0	+0,0	+0,0
30°	$\geq 10$	-0,9	-0,8	-0,3
	$\leq 1$	0,2	0,2	0,2
45°	$\geq 10$	-2,0	-1,5	-0,3
	$\leq 1$	0,2	0,2	0,2
60°	$\geq 10$	-0,5	-0,5	-0,2
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,4
75°	$\geq 10$	-1,5	-1,5	-0,2
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,4
90°	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,6
135°	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,6
180°	$\geq 10$	0,7	0,7	0,7
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,7
225°	$\geq 10$	0,8	0,8	0,8
	$\leq 1$	0,8	0,8	0,8

- $b=46\text{m}$ ;  $d=29\text{m}$ ;  $h=8.7\text{m}$
- $e=17.4\text{m}$ ;  $e/4=4.35\text{m}$ ;  $e/10=1.74\text{m}$

- Coeficient  $C_{pF}$ : **-1.30/+0.10**       $q_p = q_b \times C_e \times C_{pF} = -1.15 \text{ kN/m}^2 (+0.088 \text{ kN/m}^2)$
- Coeficient  $C_{sG}$ : **-1.00/+0.10**       $q_p = q_b \times C_e \times C_{sG} = -0.88 \text{ kN/m}^2 (+0.088 \text{ kN/m}^2)$
- Coeficient  $C_{sH}$ : **-0.45/+0.10**       $q_s = q_b \times C_e \times C_{sH} = -0.39 \text{ kN/m}^2 (+0.088 \text{ kN/m}^2)$

### 9.3.4 Accions tèrmiques

Segons projecte executiu, l'estructura de l'edifici que ens ocupa no supera les mides màximes que apareixen a la norma com a límits per a haver de calcular tèrmicament l'estructura.

## 9.4 ACCIONS ACCIDENTALS

### 9.4.1 Accions de sísmiques

En la determinació de les accions sísmiques s'ha considerat la Normativa vigent:

NCSR-02: "Norma de construcció sismorresistente. (Parte general y edificación). Real Decreto 997/2002 de 27 de Septiembre".

Per a la determinació de la pertinència del càlcul sísmic per a la construcció que ens ocupa, la Norma estableix cinc criteris perceptius de índole general que corresponen a:

- Classificació de les construccions. (Apartat 1.2.2.)
- Criteris d'aplicació de la Norma. (Apartat 1.2.3.)
- Compliment de la Norma. (Apartat 1.3.)
- Mapa de perillositat sísmica. Acceleració sísmica bàsica. (Apartat 2.1.)
- Acceleració sísmica de càlcul. (Apartat 2.2.)

Classificació de la construcció (article 1.2.2):

<b>Importància moderada:</b> són les que presenten una baixa probabilitat que el seu col·lapse per causa d'un terratrèmol pugui causar víctimes, interrompre un servei primari o produir danys econòmics rellevants a tercers.	<b>Importància normal:</b> són aquelles, la destrucció de les quals per causa d'un terratrèmol pot ocasionar víctimes, interrompre un servei col·lectiu o produir importants pèrdues econòmiques, sense que en cap cas es tracti d'un servei imprescindible ni pugui donar lloc a efectes catastròfics.	<b>Importància especial:</b> són aquelles la destrucció de les quals per causa d'un terratrèmol pugui interrompre un servei imprescindible o sonar lloc a efectes catastròfics.
El coeficient de contribució (K) té en compte la influència dels diferents tipus de terratrèmols i la perillositat sísmica de cada punt. A nivell de tot Catalunya K = 1.0. Fora d'aquest àmbit mirar l'annex 1 de la Norma En cas de dubtes a l'annex 1 es detallen tots els municipis que tinguin uns valors d'acceleració bàsica iguals o superiors a 0.04 g.		

Acceleració sísmica (article 2.2)  $a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$

On "a <sub>b</sub> " és l'acceleració sísmica bàsica definida a la norma en el mapa sísmic de l'apartat 2.1.			
"ρ" és un coeficient adimensional de risc		Importància normal = 1	
		Importància especial = 1.3	
C = és el coeficient del terreny (art 2.4)	I	Roca compacta, sol cimentat o granulat molt dens	1.0
	II	Roca molt fracturada, sols granulats densos o amb cohesió i dur	1.3

	III	Sòl granular mig compactat, o cohesió i consistència ferma o molt ferma	1.6
	IV	Sòl granulat solt, o amb cohesió i tou	2.0
"S" és el coeficient d'amplificació del terreny	$\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	$S = \frac{C}{1,25}$	
	$0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$S = \frac{C}{1,25} + 3,33x(\rho x \frac{a_b}{g} - 0,1)x(1 - \frac{C}{1,25})$	
	$0,4g \leq \rho \cdot a_b$	$S = 1.0$	

El criteri d'aplicació de la norma (art 1.2.3) és:

Construccions d'importància moderada	<b>NO cal aplicar la norma</b>
$a_b < 0.04 g$	<b>NO cal aplicar la norma</b>
$0.04 g \leq a_b < 0.08 g$	<b>Cal aplicar la norma</b> <u>Excepcions: No cal aplicar la norma</u> en edificis de normal importància sempre que: - disposin d'estructura de pòrtics arriostrats, amb característiques de resistència i rigidesa similars en les dues direccions, per resistir esforços horitzontals en qualsevol direcció - No es fonamenti l'edifici sobre terrenys potencialment inestables. No obstant, la Norma serà d'aplicació en els edificis de més de set plantes si l'acceleració sísmica de càlcul $a_c \geq 0.08$
$a_b \geq 0.08 g$	<b>Cal aplicar la norma sense excepcions</b>

En el nostre cas tenim:

Localitat	<b>Sant Pere de Ribes</b>
Importància	<b>normal</b>
<b>a<sub>b</sub></b>	<b>0.04</b>
<b>ρ</b>	<b>1.0</b>
<b>C</b>	<b>1.3</b>
<b>S</b>	<b>1.04</b>

Per tant l'acceleració de càlcul serà:

$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b =$	<b>0.0416 g</b>
----------------------------------	-----------------

Com que  $a_b < 0.08 g$  i la construcció del nostre cas és d'importància normal i disposa d'una estructura de pòrtics arriostrats en les dues direccions principals, la norma NCSE-02 no és aplicable.

## 9.5 RESUM DE CÀRREGUES GRAVITATÒRIES A COBERTA

- PP= Panel tipus Hierakustik de 50mm de nucli + omegues + xapa 8mm
- CM = Plaques fotovoltaïques
- N= Neu
- V1= Vent pressió
- V2= Vent succió
- Q1= sobrecàrrega d'us manteniment

Hipòtesis	Sentido positivo	Valor
Peso propio	Vertical hacia abajo	0.300
CM 1	Vertical hacia abajo	0.120
N 1	Vertical hacia abajo	0.400
V 1 (1)	(-0.179, 0, 0.984)	-0.088
V 1 (2)	(-0.179, 0, 0.984)	0.390
Q 1	Vertical hacia abajo	0.400

(kN/m<sup>2</sup>)

## 10 CARACTERÍSTIQUES DE LA FUSTA

S'utilitza per a la confecció d'elements estructurals de l'estructura, tant principals com secundaris. Les seves característiques més rellevants són les que es detallen:

### 10.1 CONTINGUT D' HUMITAT DE LA FUSTA. CLASSES DE SERVEI

La humitat de la fusta influeix significativament en les propietats mecàniques i s'ha de tenir en compte en el càlcul. En augmentar el contingut d' humitat disminueixen la resistència i el mòdul d' elasticitat. Aquesta dependència té lloc per a continguts d'humitat inferiors al punt de saturació de les fibres (aigua d'impregnació). La influència d'aquest factor està determinada per la qualitat de la fusta i és diferent per a les diverses propietats mecàniques. En el cas de la fusta comercial (fusta en peces de mida real i amb defectes) aquesta dependència entre humitat i propietats mecàniques resulta menys accentuada en la tracció i compressió paral·leles a la fibra i dilució.

Les estructures de fusta queden assignades a una de les tres classes de servei definides per les característiques ambientals del lloc i el seu contacte amb l' exterior:

**Classe de servei 1.** Es caracteritza per un contingut d' humitat en la fusta corresponent a una temperatura de  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  i una humitat relativa de l' aire que només excedeixi el 65% unes poques setmanes a l' any.

**Classe de servei 2.** Es caracteritza per un contingut d' humitat en la fusta corresponent a una temperatura de  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  i una humitat relativa de l' aire que només excedeixi el 85% unes poques setmanes a l' any.

**Classe de servei 3.** Condicions ambientals que condueixen a contingut d' humitat superior al de la Classe de servei 2.

A la **Classe de servei 1** la humitat d' equilibri higroscòpic mitjana en la majoria de les coníferes no excedeix el 12%. En aquesta classe es troben, en general, les estructures de fusta exposades a un ambient interior.

A la **Classe de servei 2**, la humitat d' equilibri higroscòpic mitjana en la majoria de les coníferes no excedeix el 20%. En aquesta classe es troben, en general, les estructures de fusta sota coberta, però obertes i exposades a l' ambient exterior, com és el cas de coberts i viseres. Les piscines cobertes, a causa del seu ambient humit, encaixen també en aquesta classe de servei.

A la **Classe de servei 3** la humitat d' equilibri higroscòpic mitjana en la majoria de les coníferes excedeix el 20%. En aquesta classe es troben, en general, les estructures de fusta exposades a un ambient exterior sense cobrir.

S'ha considerat tota la fusta estructural a la **Classe de servei 2**

### 10.2 DURACIÓ DE LA CÀRREGA

Les classes de durada de la càrrega es caracteritzen per l' efecte d' una càrrega constant actuant per un determinat període de temps. Diferenciem entre càrrega permanent, de llarga, mitjana i curta durada i instantània. Una càrrega intermitent serà considerada com a càrrega permanent si no s' assoleix la recuperació del material en el període de descàrrega.

**Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones**

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

L'efecte de la durada de la càrrega no s'ha de confondre amb la fatiga del material o amb l'efecte de l'edat de l'estructura.

### 10.3 EFECTE DE LES DIMENSIONS DE LA PEÇA EN LA RESISTÈNCIA.

Existeix una relació entre la resistència de la fusta i la mida de la peça, de tal manera que com més gran sigui el seu volum menor resulta la tensió de trencament.

Aquest efecte de la mida de la peça es justifica en base a la teoria del trencament fràgil que és aplicable principalment a la tracció paral·lela i perpendicular a la fibra i al tallant. En aquesta teoria el material s'assimila a una cadena en la qual la fallada de l'esglaó més feble condueix a la fallada del conjunt. Com més gran sigui el nombre d'esglaons més gran serà la probabilitat de fallada.

#### Fusta asserrada

Factor d'alçada  $K_h$ : En peces de fusta asserrada de secció rectangular, si el cantell en flexió o la major dimensió de la secció en tracció paral·lela és menor que 150mm, els valors característics  $f_{m,k}$  i  $f_{t,o,k}$  poden multiplicar-se pel factor  $k_h$ .

$$k_h = (150/h)^{0,2} \leq 1,3$$

Sent h el cantell en flexió o major dimensió de la secció en tracció, (mm).

#### Fusta laminada encolada

Factor d'alçada  $k_h$ : en peces de fusta laminada encolada de secció rectangular, si el cantell en flexió o la major dimensió de la secció de tracció paral·lela és menor que 600mm, els valors característics  $f_{m,g,k}$  i  $f_{t,o,g,k}$  poden multiplicar-se pel factor  $k_h$ .

$$K_h = (600/h)^{0,1} \leq 1,1$$

Sent h el cantell en flexió o major dimensió de la secció en tracció, (mm).

Factor de volum  $k_{vol}$ : quan el volum V de la zona considerada en la comprovació, segons es defineix en cada cas, sigui major que  $V_0$  ( $V_0=0,01m^3$ ) i estigui sotmès a esforços de tracció perpendicular a la fibra amb tensions repartides uniformement, la resistència característica a tracció perpendicular,  $f_{t,90,g,k}$  es multiplicarà pel factor  $k_{vol}$ .

$$K_{vol} = (V_0/V)^{0,2}$$

## 10.4 VALORS DE CàLCUL.

El valor de càlcul  $X_d$  d'una propietat del material (resistència) es defineix com:

$$X_d = k_{mod} (X_k / \gamma_M)$$

Sent:

$X_k$ ; valor característic de la propietat del material. Generalment correspon al 5è percentil de la distribució estadística dels resultats dels assaigs.

$\gamma_M$ ; coeficient parcial de seguretat per al material definit per la taula.

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material,  $\gamma_M$

Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de particulas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	
	1,0

De manera anàloga es defineix el valor de la capacitat de càrrega de càlcul (referida a una unió o un sistema estructural),  $R_d$ , segons l'expressió:

$$R_d = k_{mod} \cdot (R_k / \gamma_M)$$

Sent:

$R_k$  valor característic de la capacitat de càrrega.

$\gamma_M$  coeficient parcial de seguretat corresponent definit en aquesta taula.

Tabla 2.4 Valores del factor  $k_{red}$

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza	UNE-EN 14081-1:2016	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	UNE-EN 14080:2013	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

### 10.5 CARACTERÍSTIQUES MECÀNIQUES FUSTA

Els tipus de fusta laminada encolada que considera el CTE SE-M i les seves característiques es mostren a continuació:

**Tabla E.3 Madera laminada encolada homogénea. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente**

Propiedades	Clase Resistente			
	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
<b>Resistencia (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>				
- Flexión $f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracción paralela $f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
- Tracción perpendicular $f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
- Compresión paralela $f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
- Compresión perpendicular $f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
- Cortante $f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
<b>Rigidez, en kN/mm<sup>2</sup></b>				
- Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Módulo de elasticidad paralelo 5 <sup>o</sup> -percentil $E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,g,medio}$	0,39	0,42	0,46	0,49
- Módulo transversal medio $G_{g,medio}$	0,72	0,78	0,85	0,91
<b>Densidad, en kg/m<sup>3</sup></b>				
- Densidad característica $\rho_{g,k}$	380	410	430	450

**Tabla E.4 Madera laminada encolada combinada. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente**

Propiedades	Clase Resistente			
	GL24c	GL28c	GL32c	GL36c
<b>Resistencia (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>				
- Flexión $f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracción paralela $f_{t,0,g,k}$	14	16,5	19,5	22,5
- Tracción perpendicular $f_{t,90,g,k}$	0,35	0,4	0,45	0,5
- Compresión paralela $f_{c,0,g,k}$	21	24	26,5	29
- Compresión perpendicular $f_{c,90,g,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3
- Cortante $f_{v,g,k}$	2,2	2,7	3,2	3,6
<b>Rigidez, en kN/mm<sup>2</sup></b>				
- Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Módulo de elasticidad paralelo 5 <sup>o</sup> -percentil $E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,g,medio}$	0,32	0,39	0,42	0,46
- Módulo transversal medio $G_{g,medio}$	0,59	0,72	0,78	0,85
<b>Densidad, en kg/m<sup>3</sup></b>				
- Densidad característica $\rho_{g,k}$	350	380	410	430

Segons la nota de càlcul de Caillaud&Fils la classe de fusta laminada encolada es **GL28h**.



## 11 JUSTIFICACIÓ DE CàLCUL

### 11.1 PROGRAMES DE CàLCUL

<b>NOM COMERCIAL:</b>	CYPE. Arquitectura Ingenieria y Construcción
<b>EMPRESA:</b>	CYPE Ingenieros S.A.
<b>VERSIÓ:</b>	2022.f
<b>LLICENCIA:</b>	156792
<b>DESCRIPCIÓ DEL PROGRAMA:</b>	<p>El programa realitza un càlcul espacial en tres dimensions per mètodes matricials de rigidesa, formant amb barres els elements que defineixen l'estructura: pilars, bigues i biguetes. S'estableix la compatibilitat de deformació en tots els nusos considerant sis graus de llibertat i es crea la hipòtesi d'indeforabilitat del plànol de cada planta, per a simular el comportament del forjat, impeding els desplaçaments relatius entre nusos del mateix.</p> <p>Als efectes d'obtenció de sol·licitacions i desplaçaments, per a tots els estats de càrrega es realitza un càlcul estàtic i se suposa un comportament lineal dels materials, per tant, un càlcul en primer ordre.</p>

## 12 NORMATIVA.

### 12.1 NORMATIVA BàSICA

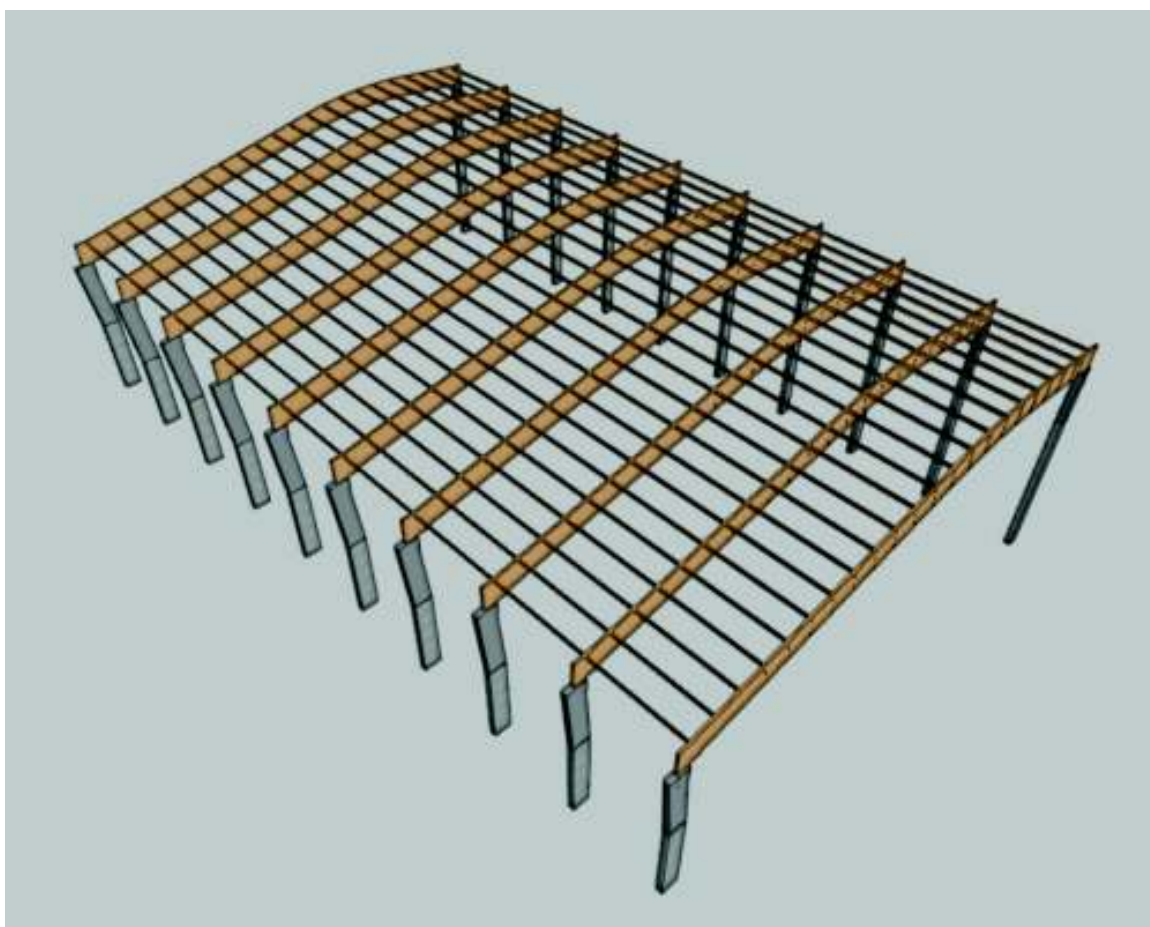
- DB-SE, "Documento Básico SE Seguridad estructural"
- DB-SE-AE, "Documento Básico SE Seguridad estructural Acciones en la edificación"
- DB-SE-M, "Documento Básico SE Seguridad estructural Madera"
- DB-SI, "Documento Básico SI Seguridad en caso de Incendio"
- CODIGO ESTRUCTURAL:
  - Título I: Bases Generales
  - Título III: Estructuras de acero
- N.C.S.R.-02, "Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación".

## 13 RESULTATS DEL MODEL DE CàLCUL

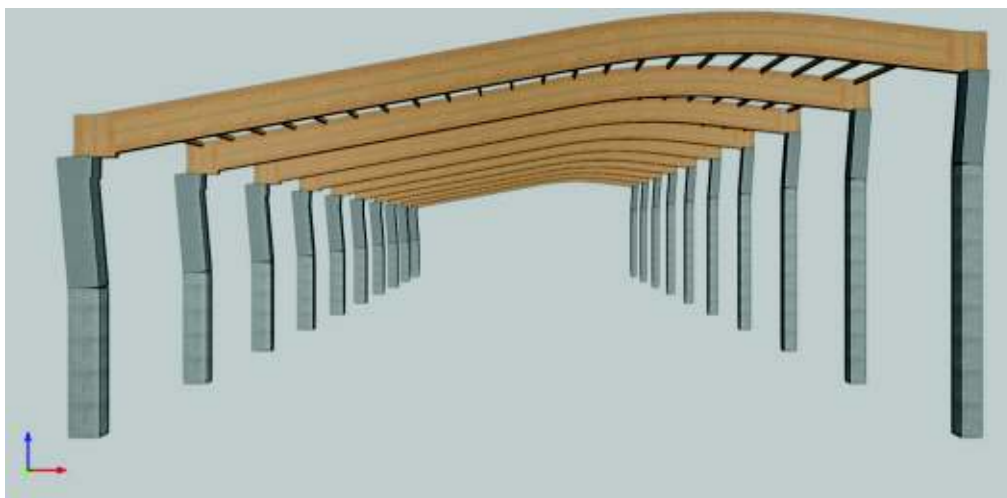
L'estructura de la pista coberta ha estat analitzada i comprovada mitjançant un model tridimensional de càlcul realitzat amb el programa CYPE 3D.

### 13.1 VISTES DEL MODEL DE CàLCUL

A continuació es mostren imatges del model de càlcul realitzat per fer les anàlisi i comprovacions estructurals:



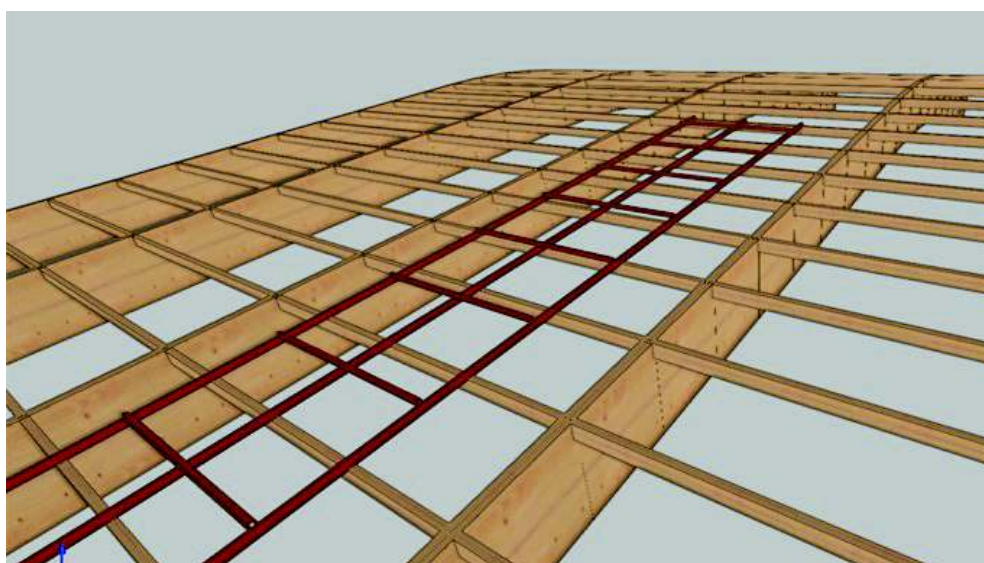
*Vista general axonometria*



*Vista transversal*



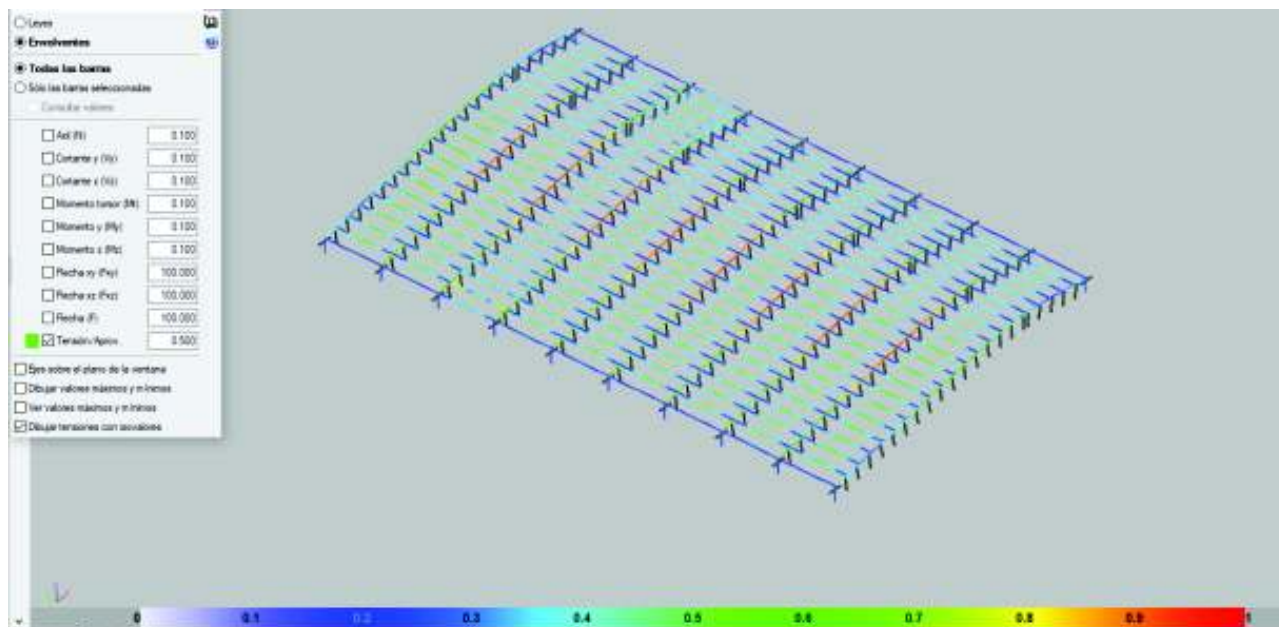
*Vista longitudinal*



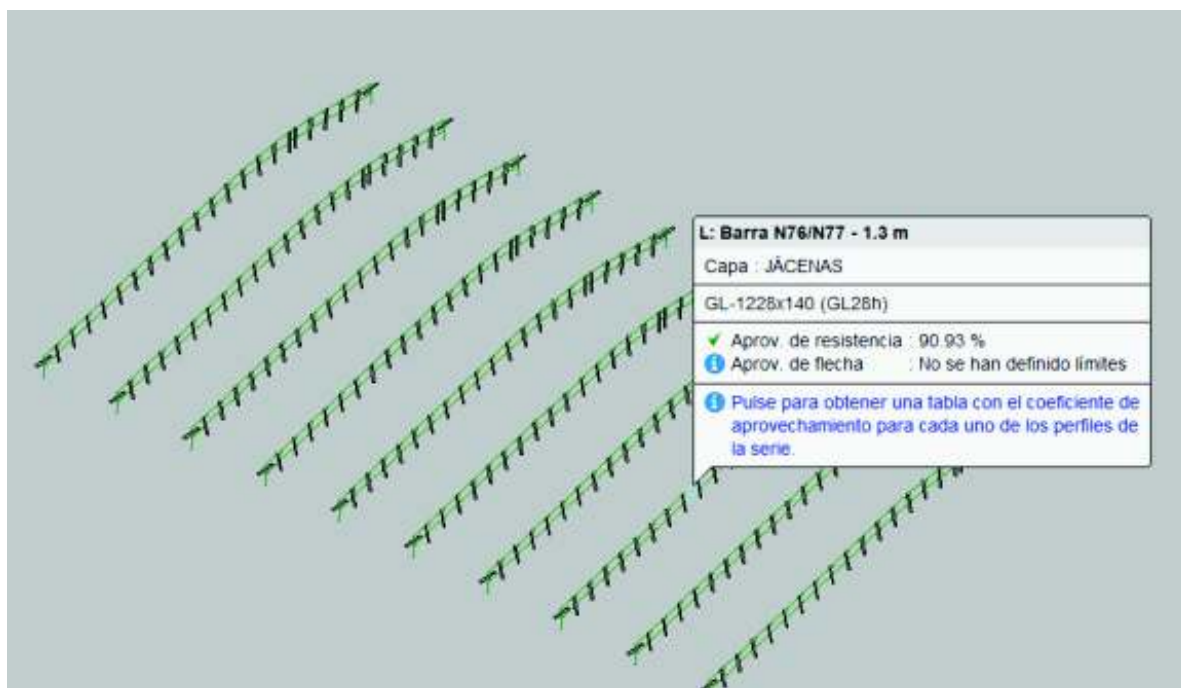
*Vista del model realitzat per a l'estudi de la subestructura d'omegues*

### 13.2 RESULTATS AMB FUSTA GL-28h

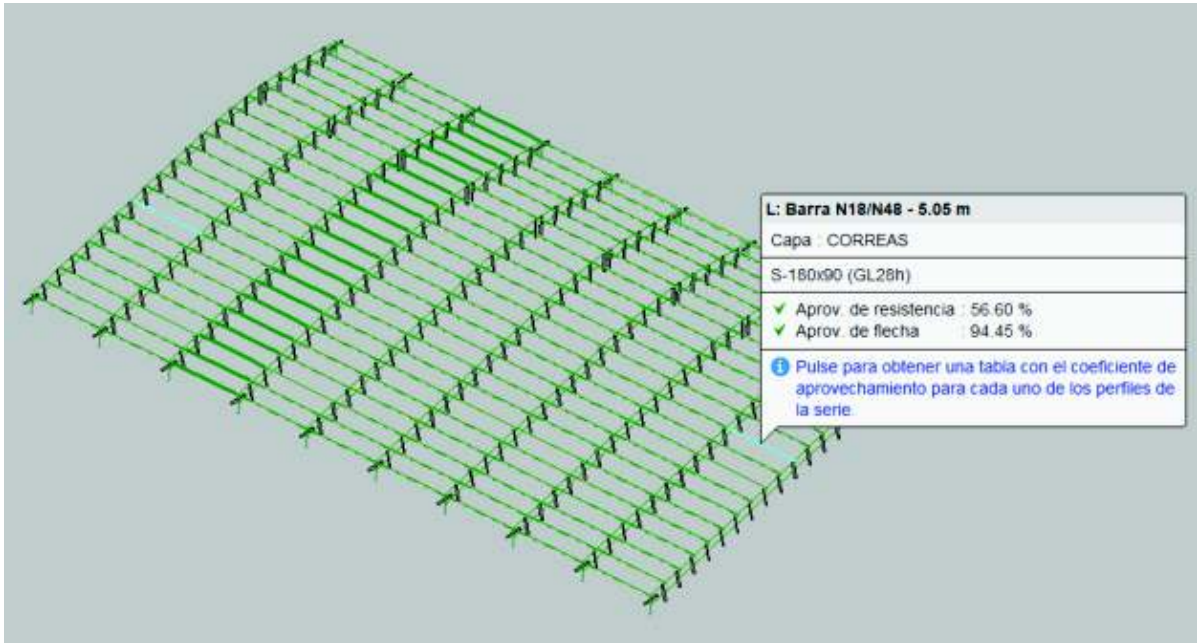
A continuació es mostren imatges dels resultats gràfics de l'anàlisi del model considerant una fusta de tipus GL-28h:



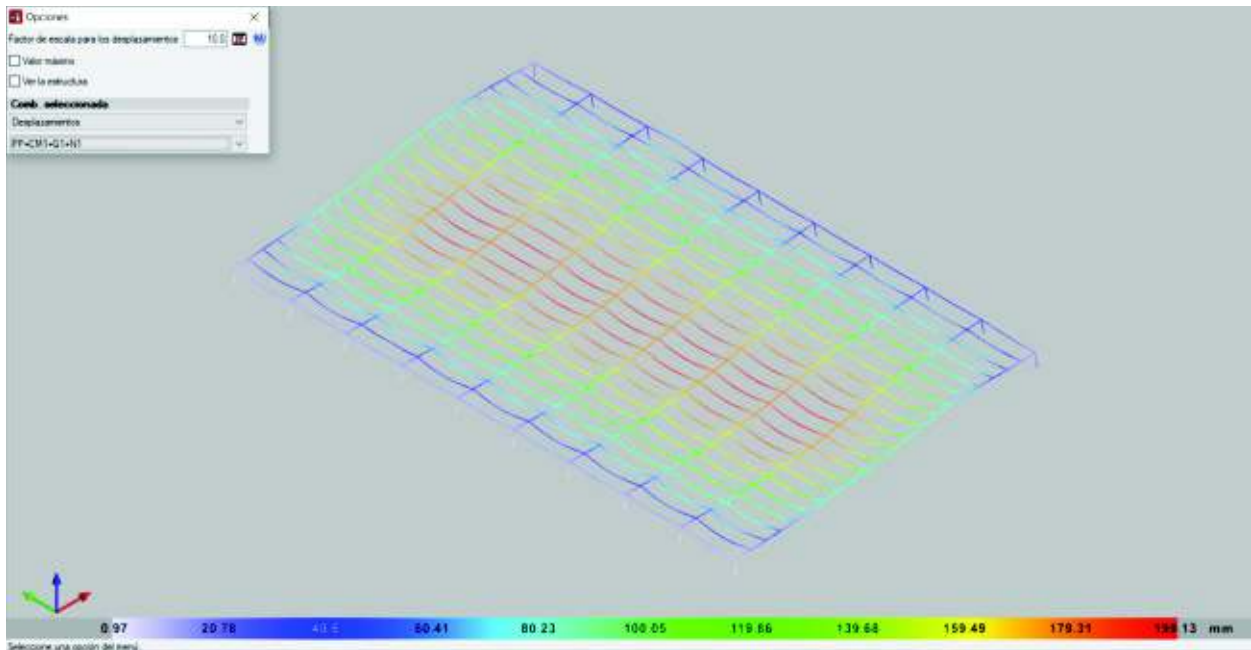
Vista general del coeficient d'aprofitament dels perfils de fusta



Vista del coeficient d'aprofitament de les bigues principals 14cmx122cm



Vista del coeficient d'aprofitament de les corretges 9cmx18cm



Vista deformada coberta amb càrregues gravitatòries totals PP+CM+Q+N

## 14 CONCLUSIONS

Un cop realitzades les anàlisis i comprovacions estructurals segons la normativa vigent es pot concloure que els elements estructurals son apropiats per suportar les càrregues previstes en projecte i les càrregues addicionals de les futures plaques fotovoltaïques, complint els requisits de resistència dels Estats Límit Últims i de limitació de les deformació dels Estats Límit de Servei.

Tots els resultats del present informe pressuposen la veracitat de la documentació de projecte aportada per la propietat i la correspondència amb la realitat de l'edifici.

Durant la visita d'inspecció de l'edifici es va comprovar visualment la integritat de l'estructura, i es va comprovar el seu relatiu bon estat de conservació a simple vista. Tot i així es van detectar humitats generalitzades a moltes de les bigues principals i corretges de fusta laminada encolada, tal i com es mostra en el punt 6 del present informe. Es recomana realitzar una inspecció detallada de tots els elements de fusta per a valorar el grau d'afectació d'aquestes humitats a la fusta per a garantir que els fongs o altres agents agressius externs no hagin minvat la resistència de zones dels elements estructurals. En funció dels resultats d'aquesta inspecció es decidiran les futures tasques de manteniment de l'estructura que implicaran com a mínim una neteja profunda de les zones afectades i unes inspeccions periòdiques per a valorar l'evolució de la integritat de la fusta.

La fixació dels panells solars fotovoltaïcs a la coberta requerirà d'un estudi detallat el qual no esta dins l'abast del present informe. Es requerirà una inspecció i un estudi detallat per determinar com van fixats els diferents elements de la coberta entre ells i a les corretges de l'estructura principal per poder determinar la millor manera de fixar els panells solars i poder realitzar les comprovacions estructurals oportunes. S'evitarà la col·locació de plaques pròximes a la vora inferior i a la zona superior de canvi de pendent de la coberta, sones amb les màximes succions, recomanant una distància de seguretat mínima de 1.8 metres.

Quant antecedeix és el resultat del lleial saber i entendre del tècnic que subscriu, qui sotmet la seva opinió a qualsevol altra millor fundada.

A Barcelona, a 1 d'agost de 2022

FELEZ  
GARCIA  
CARLOS  
JAVIER -  
46142398M

Firmado  
digitalmente por  
FELEZ GARCIA  
CARLOS JAVIER -  
46142398M  
Fecha: 2022.08.01  
18:55:04 +02'00'

**Carlos Félez García**  
Enginyer Industrial  
Col·legiat nº 13828