

Treball final de màster

Estudi: Màster en Enginyeria Industrial

Títol: La fusta en la construcció industrial: càlcul d'una estructura sostenible i eficient

Document: Memòria i Annexos

Alumna: Gemma Esteve Marés

Tutor: Enric Simon Madrenas

Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial

Àrea: Mecànica de medis continus i teoria de les estructures

Convocatòria (mes/any): Juny 2024

Agraïments

En primer lloc, vull expressar el meu agraïment al tutor del treball, Enric Simon Madrenes, per la seva dedicació i ajuda donada de principi a fi.

També vull agrair molt especialment el suport de totes les persones que m'han estat al costat durant la realització d'aquest treball: a la família, amics, companys i docents.

Índex

1	Introducció	7
1.1	Antecedents	7
1.2	Objecte	7
1.3	Abast i Especificacions	8
1.3.1	Especificacions	8
1.3.2	Abast del projecte	8
2	Fonaments teòrics	9
2.1	Propietats mecàniques	9
2.2	Propietats aïllants	10
2.3	Resistència al foc	11
3	Materials utilitzats	12
3.1	La fusta laminada com a element principal	12
3.2	Taulers d'OSB	14
3.3	Fibra de fusta	14
4	Descripció general	16

4.1	Descripció general de la parcel·la	16
4.2	Descripció general de l'estructura	16
5	Normativa d'aplicació	20
6	Accions en l'edificació	21
6.1	Accions permanents	21
6.1.1	Pes propi	21
6.1.2	Càrregues permanents	21
6.2	Accions variables	22
6.2.1	Sobrecàrrega d'ús	22
6.2.2	Vent	23
6.2.3	Neu	24
6.3	Resum d'accions en l'edificació	25
6.4	Resistència al foc	26
6.5	Combinacions d'accions	26
6.5.1	Estat Límit Últim (ELU)	26
6.5.2	Estat Límit de Servei (ELS)	26
7	Estudi tèrmic	28
8	Resum del pressupost	32
9	Conclusions	33
	Bibliografia	34

Annexos	36
Annex A: Estudi Geotècnic	36
Annex B: Dimensionat de les corretges de coberta	41
Annex C: Fitxes tècniques	44
Annex D: Càlcul de l'estudi tèrmic	50
Annex E: Càlcul d'unions	72

Índex de figures

2.1	Direccions principals de la fusta	10
2.2	Capes produïdes per l'acció del foc a l'estructura de fusta	11
3.1	Philibert de l'Orme	12
3.2	Detall constructiu del Castell de Monteceaux, a Mont-Dauphin	12
3.3	Esquema representatiu de la obtenció de bigues de fusta laminada	13
3.4	Tauler d'OSB utilitzat en el tancament d'entramat lleuger	14
3.5	Fibra de fusta utilitzada en el tancament d'entramat lleuger	15
4.1	Representació gràfica en 3D de la solució proposada.	17
4.2	Tancament Thermochip, model TAH amb nucli d'aïllament	17
4.3	Secció de la solució de tancament proposada	18
4.4	Representació de l'estructura principal de l'entramat lleuger en un dels pòrtics de la nau .	18
4.5	Característiques principals d'una sabata de la fonamentació dels pilars centrals de la nau.	18
6.1	Valor bàsic de la velocitat del vent, v_b	23
7.1	Secció de la solució de tancament proposada	29

7.2	Secció de tancament convencional de formigó	30
7.3	Resum de càrregues tèrmiques pel model convencional	30
B.1	Taula referent al càlcul de les biguetes	43
F.1	Representació del nucli central d'inèrcies, amb la seva descripció geomètrica.	69
F.2	Comprovació del nucli en la combinació que provoca una R_z màxima	70
F.3	Comprovació del nucli en la combinació que provoca un M_x màxim	70
F.4	Comprovació del nucli en la combinació que provoca un M_y màxim	71
E.1	Vista lateral i frontal de la solució proposada per a la unió jàssera-pilar	72
E.2	Representació gràfica de la solució proposada per a la unió jàssera-jàssera	73
E.3	Distàncies entre cargols i final de placa	74

Índex de taules

1.1	Llistat de requeriments	8
2.1	Conductivitat, resistència i transmitància dels diferents materials, segons el seu grau d'aïllament	11
6.1	Taula dels valors característics de les sobrecàrregues d'ús segons el CTE DB SE-AE. . . .	22
6.2	Valors característics de la càrrega de neu en capitals de província segons el CTE-DB-SE-AE.	25
6.3	Dades de la fusta laminada GL24h	25
6.4	Estat de càrregues a coberta	25
6.5	Resistència al foc suficient dels elements estructurals segons la taula 3.1 del CTE-DB-SI .	26
7.1	Valors de densitat i de conductivitat tèrmica segons el tipus de fusta.	28
7.2	Valors de conductivitat, difusivitat i retard de transmissió tèrmica segons el tipus de material.	28
7.3	Resum de càrregues tèrmiques pel model amb entramat lleuger	30
9.1	Dades tècniques de la coberta Thermochip	41
9.2	Valors característics de la càrrega d'ús segons el CTE-DB-SE-AE	41
9.3	Valors característics de la càrrega de neu en capitals de província segons el CTE-DB-SE-AE.	42
9.4	Estat de càrregues sobre la coberta	42

Capítol 1

Introducció

En l'actual context d'evolució constant en el desenvolupament sostenible, la construcció industrial hi té un paper fonamental. Amb el pas del temps, les estructures d'acer i formigó han estat en el centre de mira de la construcció, proporcionant solidesa i resistència als edificis industrials. No obstant això, enfrontats amb els reptes que el nostre planeta actualment experimenta en termes de canvi climàtic i esgotament de recursos, és el moment d'explorar alternatives i plantejar-nos altres tecnologies constructives que plantegin solucions igual de vàlides. En aquest marc, apareix la fusta com a material per una solució constructiva sostenible i eficient.

1.1 Antecedents

En aquest context, la utilització de la fusta en la construcció industrial és cada vegada més popular pel seu caràcter sostenible i les seves qualitats mecàniques. És per aquest motiu que, recentment, diversos estudis afirmen que aquest material pot convertir-se en una alternativa viable a l'acer i el formigó, reduint l'impacte ambiental, augmentant la lleugeresa, disminuint els temps de construcció i assegurant una alta eficiència energètica.

1.2 Objecte

L'objectiu central del treball, doncs, és el disseny i càlcul d'una nau industrial de 1.200 m^2 , d'ús comercial, concretament un supermercat, situada a Girona. L'estructura principal estarà formada per pòrtics de secció variable, corretges de fusta laminada i tancaments d'entramat lleuger, una síntesi entre resistència, sostenibilitat i eficiència, proporcionant una solució innovadora per als reptes estructurals contemporanis.

1.3 Abast i Especificacions

1.3.1 Especificacions

A la taula 1.1 es mostren els llistat de requeriments imposats:

Tema	O/D	Descripció
Dimensions	O	Ajustar la superfície de la nau a uns 1.200 m ²
	O	No sobrepassar els límits de la parcel·la
Distribució dels pilars	O	Nau diàfana, sense pilars interiors
Material estructura	O	En tots els elements estructurals que sigui possible, fusta laminada
Alçada mínima interior	O	6m
Tancaments	D	Lleugers però que minimitzin l'intercanvi tèrmic amb l'exterior
Coberta	O	Lleugera
	O	Asseguri mínim intercanvi tèrmic amb l'exterior
Instal·lació fotovoltaica	D	Previsió de possible instal·lació fotovoltaica

Taula 1.1: Llistat de requeriments

1.3.2 Abast del projecte

Les tasques a realitzar per fer front a l'abast de l'estudi es centraran en calcular l'estructura a partir del CYPE, tenint en compte tots els estats de càrrega possibles segons les condicions de l'entorn. Un cop calculada l'estructura principal (pòrtics principals i entramat lleuger), s'estudiarà la seva fonamentació i els tots els detalls constructius que es requereixin. A més a més, per tal de millorar l'eficiència energètica, s'aplicaran criteris específics com analitzar el tipus d'aïllament i minimitzar la demanda energètica per calefacció i refrigeració.

Capítol 2

Fonaments teòrics

Al llarg de la història, la fusta ha estat un dels materials de construcció principals. Tot i això, a partir de mitjan del segle XVIII que es van començar a explorar les possibilitats que ofereixen l'acer estructural i, més endavant, el formigó armat. Malgrat això, en moltes regions del món, l'ús de la fusta ha perdurat. S'estima que prop del 20% de la població mundial resideix en habitatges construïts amb aquest material.

A Espanya, però, el seu ús ha estat escàs en les últimes dècades. Això es deu en part a la relativa escassetat de fusta en comparació amb països del nord d'Europa, així com a la manca de coneixements i tècniques constructives adequades. No obstant això, en l'actualitat, la construcció d'edificacions amb estructures de fusta està experimentant un notable creixement a escala global, incloent-hi Espanya. De fet, existeixen diversos sistemes constructius en fusta que resulten molt beneficiosos per a la construcció de certs tipus de construccions.

Al tractar-se d'un material poc comú en el món de la construcció industrial, a continuació se'n descriuen les seves principals característiques.

2.1 Propietats mecàniques

La fusta, al ser un material compost per fibres d'origen orgànic no té unes propietats estables, sinó que depenen de les condicions de l'estudi, com el tipus de fusta, la seva procedència, el contingut d'humitat o la direcció de les seves fibres. Diem que la fusta és un material físicament anisòtrop, ja que per l'estudi de les seves propietats físiques es consideren 3 direccions de referència: la longitudinal (paral·lela a les fibres), la radial (en la direcció dels radis de creixement) o tangencial (tangent als anells de creixement). Tot i això, de cara a l'estudi de les propietats mecàniques i elàstiques, només es consideren els plans paral·lels i perpendiculars a les fibres (sistema ortòtrop).

Pel que fa a les propietats mecàniques, la resistència a la compressió disminueix en quant augmenta la humitat de la fusta, fins a arribar a un punt de saturació d'un 30% a les fibres, a partir del qual es manté constant. Tant a compressió ($F_{c,k}$) com a tracció ($F_{t,k}$) la direcció longitudinal és més resistent a la perpendicular. En el cas de compressió, la ruptura es sol donar deguda al vinclament, en canvi, en el cas de la tracció, es dona de forma abrupta, actuant com un material fràgil.

En contra, pel que fa a tallant ($F_{v,k}$) i flexió ($F_{m,k}$), la resistència és molt més elevada en la direcció perpendicular a les fibres. La rigidesa (E) és considerablement major en la direcció paral·lela a les fibres que en la perpendicular.

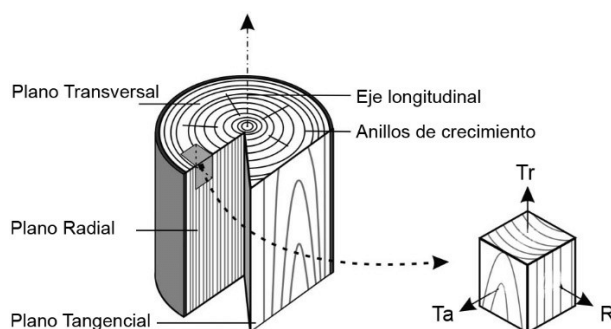


Figura 2.1: Direccions principals de la fusta

2.2 Propietats aïllants

La fusta, a diferència dels metalls, es caracteritza per una manca d'electrons lliures i un alt contingut d'aire, fruit de la seva estructura fibrosa i porosa. Aquestes característiques impedeixen que la fusta sigui un bon conductor de calor, ja que la seva conductivitat tèrmica és 350 vegades més baixa que la de materials com l'acer i el formigó. És rellevant assenyalar que en la direcció paral·lela a les fibres, la conductivitat tèrmica és considerablement més elevada, aproximadament de 2 a 2,80 vegades, en comparació amb la direcció perpendicular. Aquest fenomen es deu al fet que el transport de calor per conducció troba menors resistències en la direcció de les llargues molècules de cel·lulosa que conformen la fusta. A més, la transmissió de calor de la fusta es veu afectada per factors com la humitat, el pes específic i la tipologia de l'espècie.

A la taula de la Figura 2.1, es pot observar com la fusta es troba dins dels materials intermedis a nivell d'aïllament, amb valors de transmissió tèrmica al voltant de $1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, un valor molt inferior als materials utilitzats a la construcció, com podria ser el formigó convencional (amb una transmissió de $17,20 \text{ W/m}^2\text{K}$). Pel que fa aïllant acústic, la fusta requereix d'altres materials específics per presentar bones propietats a causa de la seva porositat i densitat reduïda.

	Conductividad W/m·K	Resistencia m ² ·K/W	Transmitancia W/m ² ·K
No aislantes	Basalto	3.500	0.029
	Piedra arenisca	3.000	0.033
	Hormigón armado	2.300	0.043
	Hormigón convencional	1.720	0.058
	Ladrillo macizo	1.500	0.067
	Piedra caliza	1.400	0.071
	Adobe	1.100	0.091
	Ladrillo perforado	0.740	0.135
	Bloques de termoarcilla	0.250	0.400
Intermedios	Madera frondosa	0.180	0.556
	Madera conífera	0.150	0.667
	Tablero de partículas de madera	0.130	0.769
	Hormigón celular	0.090	1.111
	Panel de perlita expandida (EPB)	0.062	1.613
Aislantes	Corcho expandido	0.049	2.041
	Lana mineral	0.040	2.500
	Poliestireno extruido (XPS)	0.038	2.632
	Poliestireno expandido (EPS)	0.037	2.703
	Poliuretano proyectado (PUR)	0.035	2.857
	Espuma de poliisocianurato (PIR)	0.025	4.000

Taula 2.1: Conductivitat, resistència i transmitància dels diferents materials, segons el seu grau d'aïllament

2.3 Resistència al foc

La fusta sense tractar sol tenir una classificació de reacció al foc $D - s2d0$. Això significa que és un material combustible amb una inflamabilitat i contribució al foc relativament elevada (D), que produeix una quantitat moderada de fum quan es crema ($s2$) i que no emet gotes o partícules inflamades en una fase inicial de l'incendi ($d0$). Aquesta classificació sol ser insuficient en construcció, la qual requerirà proteccions físiques com ara panells resistents o pintures ignífugues, o bé la dimensió dels elements estructurals per mantenir la seva capacitat de càrrega durant un temps determinat (segons l'ús de l'edifici) amb una velocitat de carbonització aproximada de $0,70 \text{ mm/min}$. Després de la combustió de la seva superfície s'origina una capa exterior carbonitzada, que protegeix la capa interior on es produeix la piròlisi (regió on es produeix la descomposició tèrmica de la fusta a causa de l'aplicació de calor en absència d'oxigen). La capa següent a aquesta, a l'interior de la peça, queda la fusta sense veure's afectada pel foc. L'alta capacitat aïllant de la zona carbonitzada és de l'ordre de 6 vegades major que la fusta a temperatura ambient i, per tant, permet que l'interior de la peça es mantingui a una temperatura molt menor, conservant les seves propietats físiques i mecàniques.

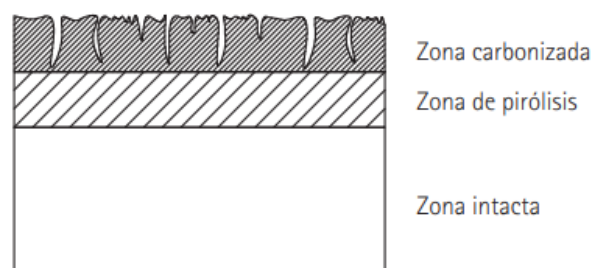


Figura 2.2: Capes produïdes per l'acció del foc a l'estructura de fusta

Capítol 3

Materials utilitzats

3.1 La fusta laminada com a element principal

La fusta laminada encolada per l'ús industrial és una pràctica cada vegada més habitual degut als seus avantatges competitiu enfront altres materials tradicionals gràcies al seu aspecte estètic, les seves excel·lents propietats físiques i mecàniques, amb resistència superior a la fusta massissa en termes de flexió, compressió, tracció, tallant i lleugeresa, la durabilitat i la resistència al foc, deguda a la seva baixa conductivitat tèrmica i la formació d'una capa de cabró protectora a la superfície exposada al foc. A més a més, s'han de tenir presents els seus avantatges de cara a la sostenibilitat i eco-eficiència, al fabricar-se a partir de recursos renovables i els adhesius de baix impacte ambiental. És per tots aquests motius que és habitual, doncs, trobar solucions estructurals amb arcs biarticulats de grans llums, així com pòrtics de secció variable, aprofitant els avantatges que ofereixen les seves propietats. Les primeres aparicions de la fusta laminada en la construcció es remunten al segle XVI, quan l'arquitecte renaixentista *Philibert de l'Orme* va utilitzar aquest tipus de material mitjançant unions cargolades, en comptes de les adhesives que coneixem avui en dia, al Castell de Monteceaux, a Mont-Dauphin.



Figura 3.1: Philibert de l'Orme

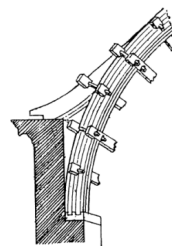


Figura 3.2: Detall constructiu del Castell de Monteceaux, a Mont-Dauphin

Pel que fa a la fusta laminada, com bé deixa a entendre el seu nom, és el resultat de la unió de làmines de fusta d'una forma controlada i estudiada, unint les làmines (d'entre 20 mm i 40 mm) en la direcció de la fibra en el sentit paral·lel, proporcionant una major gruix i resistència. Per fabricar-les s'utilitza fusta massissa estructural, adhesius estructurals i productes protectors i d'acabat.

Durant el muntatge de bigues de fusta laminada encolada, és possible combinar fusta de diferents classes de resistència, sent les làmines exteriors les de classe resistent més elevada. En aquest aspecte, diferenciem el tipus de seccions segons si és homogènia o combinada i segons la seva resistència, per exemple, una biga GL24h és una biga de fusta laminada (Glued Laminated Timber) amb una resistència a flexió de $24N/mm^2$.

A la Figura 3.3 es pot observar, de manera gràfica, la creació de perfils de fusta laminada, així com la diferència entre la GLT Combinada i la GLT Homogènia.

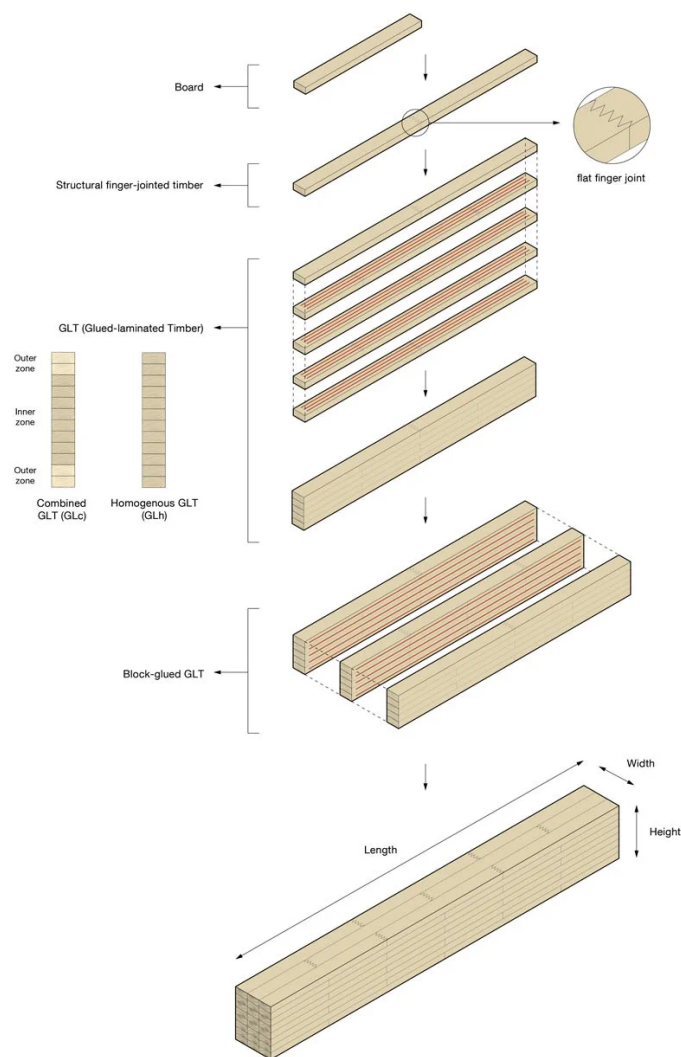


Figura 3.3: Esquema representatiu de la obtenció de bigues de fusta laminada

3.2 Taulers d'OSB

Els taulers d'OSB (Oriented Strand Board), també coneguts com a taulers de partícules orientades, són un tipus de tauler fabricat amb làmines de fusta disposades en capes, amb les fibres orientades en la mateixa direcció dins de cada capa. Aquest material s'utilitza àmpliament en la construcció industrial i ofereix diverses característiques i avantatges. Van ser desenvolupats a la dècada de 1960 com una alternativa als taulers de contraplacat. El seu ús es va popularitzar gràcies a la seva eficiència en costos i la facilitat de fabricació. Des de llavors, s'han convertit en un material estàndard en la construcció, especialment en l'àmbit industrial, on s'aprecia la seva resistència i estabilitat.

Són resistents i estables gràcies a la disposició orientada de les làmines de fusta. Aquesta orientació en capes alternades confereix més resistència estructural al tauler. Són relativament lleugers en comparació amb altres materials de construcció, el que facilita el seu transport i manipulació. Pel que fa al cost, els taulers d'OSB són generalment més econòmics que altres materials similars, com el contraxapat. Les principals aplicacions en la construcció industrial són com a substrat per a cobertes i teulades gràcies a la seva resistència i estabilitat, en parets internes i externes per millorar l'aïllament i la rigidesa de l'estructura i/o en envans i particions per a estructures industrials, oferint resistència i aïllament acústic.



Figura 3.4: Tauler d'OSB utilitzat en el tancament d'entramat lleuger

3.3 Fibra de fusta

La fibra de fusta és un aïllant termo-acústic derivat de la trituració de fusta natural, que pot ser tractat per adquirir propietats ignífugues i repel·lents d'insectes. Aquest material és apreciat per la seva eficiència energètica, capacitat de regulació de la humitat, sostenibilitat i versatilitat en aplicacions diverses (façanes, sòls, sostres). Tot i ser més costosa, la fibra de fusta és una alternativa ecològica i funcional que pot ajudar a reduir costos energètics. Els principals formats inclouen panells de diferents mesures i fibra a granel per aïllaments injectats. No requereix manteniment específic, però es recomana verificar la procedència per evitar additius tòxics. En el tancament de la nau proposada podem trobar-hi la fibra de fusta en dos valors de densitat diferent, d'alta densitat i de baixa.



Figura 3.5: Fibra de fusta utilitzada en el tancament d'entramat lleuger

Capítol 4

Descripció general

4.1 Descripció general de la parcel·la

La planta del projecte es troba emplaçada al solar al Carrer Antoni Barnés i Guiltresa, 2, Girona, aquesta parcel·la de 3.532 m^2 no compta amb cap edificació prèvia. La disposició de la nau dins la parcel·la es pot apreciar al document Plànols, més concretament en els plànols 01 i 02, Situació i Emplaçament, respectivament.

4.2 Descripció general de l'estructura

El projecte contempla la construcció d'una planta industrial amb una estructura a base de fusta laminada. El pòrtic principal es resol mitjançant pilars GL24h de $300 \times 500 \text{ mm}$ amb una coberta a dues Aigües també de fusta GL24h suportada per dues bigues de secció variable, de secció $1.000 \times 300 \text{ mm}$ al seu punt més baix i de $1.500 \times 300 \text{ mm}$ al centre de la nau, la qual cosa acaba suposant un pendent a coberta del 5 %. Les biguetes que suporten la coberta, es troben situades sobre les jàsseres del pòrtic principal, de secció $100 \times 230 \text{ mm}$, separades una distància de $2,00 \text{ m}$. Per tal de suportar els esforços del vent lateral amb contravents, s'utilitzaran perfils d'acer S275 de R15 per tal d'actuar com a tirants al primer i últim pòrtic de la nau. Pel que fa als laterals de la nau, es situa una biga entre pilars per tal de subjectar els tancaments de façana, resolts a partir d'un entramat lleuger de fusta, també calculat en el projecte. Referent a la geometria de la nau, té unes dimensions de 25 m el costat curt i 45 m al costat llarg. L'altura màxima es troba al centre de la nau, on les jàsseres arriben fins a $8,57 \text{ m}$.

Es presenta el croquis en 3D de l'estructura a la figura 4.1, al Document:Plànols es mostren tots els plànols referents a alçats, planta i detalls constructius de la nau proposada.

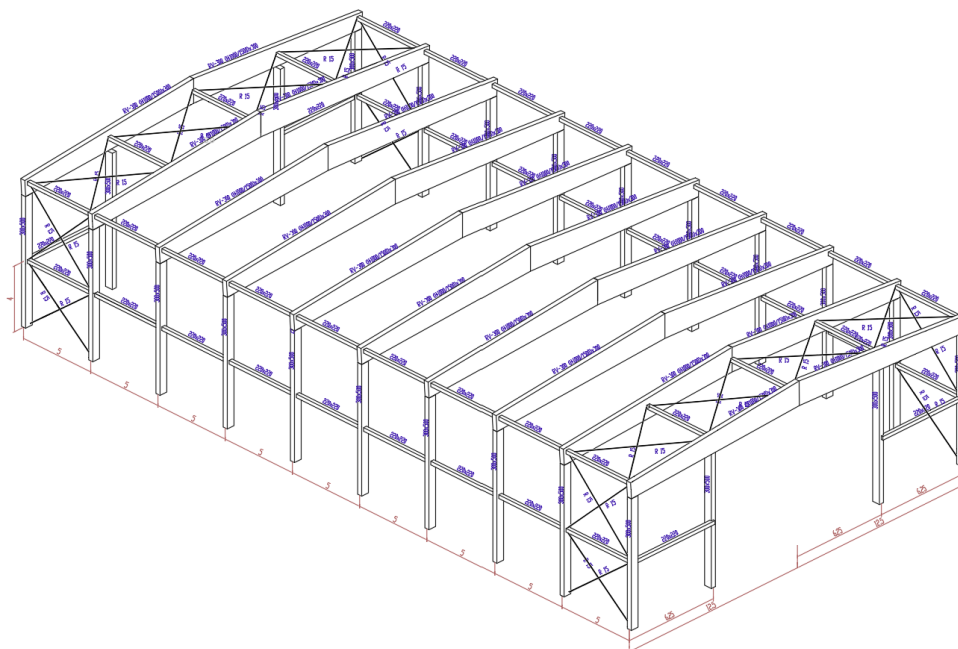


Figura 4.1: Representació gràfica en 3D de la solució proposada.

El tancament de coberta és un panell Thermochip, model TAH amb nucli d'aïllament. Es tracta d'un tancament lleuger, de baixa transmitància tèrmica, amb juntes estanques i ocultes i de ràpida execució i muntatge sobre les corretges de la nau. A l'Annex C: Fitxes tècniques podem trobar els paràmetres principals del tancament. L'aspecte del tancament es pot observar a la figura 4.2.



Figura 4.2: Tancament Thermochip, model TAH amb nucli d'aïllament

Els tancaments es resoldran a partir d'entramat lleuger, també calculat en el present projecte. Aquest entramat està format per dues bigues de fusta GL24h de secció 220x220 col·locades de manera horitzontal a la part més alta del tancament i a la part central, i barres verticals de secció 150x150 col·locades uniformement entre la separació dels pòrtics, amb una separació de 0,91 m. Aquesta és la part principal de l'estructura del tancament, no obstant això, aquestes barres disposaran de l'aïllament tèrmic de fibra de fusta de baixa densitat, col·locat entre els llistons, panells d'OSB de 22mm i un acabat amb un sistema SATE, a partir de fibra de fusta d'alta densitat i recobert amb morter de silicat. Per la part interior, revestit amb 1.50 cm de pladur.

A la figura 4.3, es pot veure les capes que conté el tancament, mentre que a la figura 4.4, podem veure la representació del CYPE3D de l'estructura principal d'un mòdul del tancament, col·locat entre pòrtics.

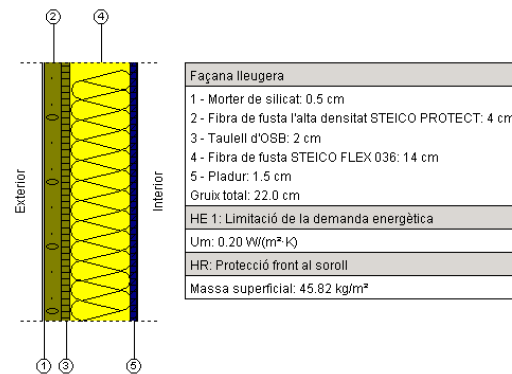


Figura 4.3: Secció de la solució de tancament proposada

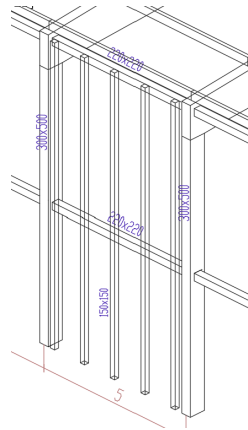


Figura 4.4: Representació de l'estructura principal de l'entramat lleuger en un dels pòrtics de la nau

La fonamentació es resol a base de sabates quadrades de 260x260x60cm de cantell, amb un armat superior i inferior de 16 Ø cada 20 cm amb pernns d'ancoratge, d'acer B500. Aquesta fonamentació està calculada en funció de la baixada de càrregues als pilars i l'estudi geotècnic adjuntat als Annexos. A la figura 4.5, es representen les característiques principals de la fonamentació dels pilars centrals de la nau.

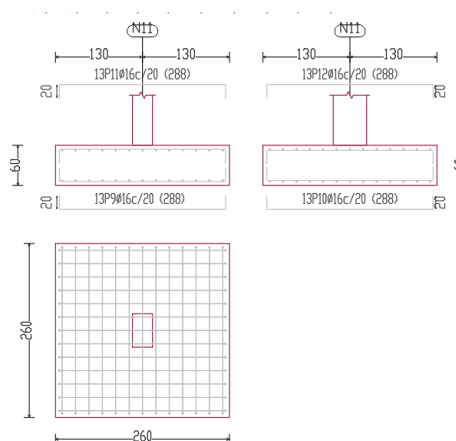


Figura 4.5: Característiques principals d'una sabata de la fonamentació dels pilars centrals de la nau.

Referent a les unions, s'ha calculat la unió entre la jàssera principal de fusta i el pilar i la unió entre les dues jàsseres principals. La primera es resol mitjançant un encaix entre els dos elements, amb una unió a partir de cargols transversals a l'encaix. Per altra banda, la unió entre les dues jàsseres es resol mitjançant una platina a la part interior dels elements de fusta amb perns d'unió transversals entre l'estructura i la platina.

Capítol 5

Normativa d'aplicació

La realització d'aquest projecte s'ha dut a terme seguint la normativa vigent:

- CTE-DB-SE: Document bàsic, Seguretat estructural
 - CTE-DB-SE-AE: Accions a l'Edificació
 - CTE-DB-SE-M: Fusta
- CTE-DB-HE: Document bàsic, Estalvi d'energia
- CTE-DB-SI: Document bàsic, Seguretat en cas d'incendi
- Codi Estructural, Real Decret 470/2021
- Norma de Construcció Sismorresistent (NCSE-02)

Capítol 6

Accions en l'edificació

En aquest capítol s'abordarà la descripció detallada de les càrregues permanents i variables que poden actuar sobre l'edificació, així com les seves característiques, mètodes de càlcul i consideracions específiques. L'objectiu és proporcionar una base sòlida per al dimensionament i disseny estructural, assegurant la seguretat i funcionalitat de l'edifici durant la seva vida útil.

6.1 Accions permanents

Les càrregues permanents són aquelles que estan presents de manera constant al llarg de la vida de l'edificació. Inclouen el pes propi de l'estructura, dels materials de construcció, i altres elements fixos com cobertes, parets i instal·lacions permanents. Aquest tipus de càrrega és relativament fàcil de determinar i no sol canviar amb el temps.

6.1.1 Pes propi

En aquesta acció hi trobem el pes de la pròpia estructura. Aquesta càrrega és generada automàticament pel programa de càlcul estructural CYPE.

6.1.2 Càrregues permanents

En aquest cas, s'han considerat el pes les corretges i del tancament de coberta. Pel que fa al tancament de coberta, s'ha utilitzat una coberta prefabricada de la marca Thermochip, model TAH. Per motius tèrmics

i estructurals s'ha escollit el model de gruix interior 10 *cm*, 160 *cm* d'aïllament i 19 *cm* de capa exterior. A l'Annex C: Fitxes tècniques es poden veure les característiques principals de la coberta. Referent a les biguetes que suporten la coberta, aquestes tindran una llargada de 5,00 *m*, corresponent a l'intereix entre pòrtics i una secció de 100x230, de fusta laminada GL24h. El càlcul d'aquestes biguetes es pot observar a l'Annex B: Dimensionat de les biguetes. Considerant una densitat de 380 *kg/m*³ de la fusta laminada GL24h, les biguetes comporten una càrrega permanent de 43,7 *N/m*².

6.2 Accions variables

Les càrregues variables, també anomenades càrregues de servei o càrregues d'ús, són aquelles que varien amb el temps en funció de les condicions d'ús i ocupació de l'edificació. Inclouen les càrregues derivades de persones, vehicles, emmagatzematge de materials, i altres activitats que poden variar al llarg del temps. Aquestes càrregues requereixen una consideració més detallada a causa de la seva variabilitat.

6.2.1 Sobrecàrrega d'ús

El valor de la sobrecàrrega d'ús ve donat al Documento básico - Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación (DB-SE-AE) del CTE en funció de la categoria i subcategoria d'ús tal com es pot veure a la taula de 6.1:

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrad [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospi- tales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁸⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
			Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Taula 6.1: Taula dels valors característics de les sobrecàrregues d'ús segons el CTE DB SE-AE.

En el cas d'estudi, la sobrecàrrega que s'ha de considerar a la coberta és la referent a una coberta accessible únicament per conservació, amb la subcategoria d'ús de coberta lleugera sobre corretges, sense forjat, amb un valor de càrrega uniforme de 0,40 *kN/m*². Cal mencionar que aquesta força no és concomitant amb la resta d'accions variables.

6.2.2 Vent

Aquesta acció, a diferència de les altres, actua en totes les direccions i s'hauran de comprovar a cada una d'elles. Per cada direcció també considerem les accions en els dos sentits, tant de pressió com de succió.

L'acció del vent la calcularem segons el que ens indica el CTE-DB-SE-AE 3.3. Segons aquest apartat, l'acció del vent és una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o una pressió estàtica Q_e que s'expressa com,

$$Q_e(z) = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p \quad (6.1)$$

On,

- q_b és la pressió dinàmica del vent, depèn de l'emplaçament geogràfic. És pot calcular a partir de l'expressió 6.2. A l'annex D del document, mostrat a la figura 6.1 apareix un mapa del territori amb les diferents zones segons la velocitat del vent, en el nostre cas, ens trobem en zona C i per tant, una v_b de 29 m/s.

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 \quad (6.2)$$



Figura 6.1: Valor bàsic de la velocitat del vent, v_b

- $c_e(z)$ és el coeficient d'exposició, varia segons l'alçada de l'estructura (z) i del grau d'asprea de l'entorn (g). Aquest coeficient l'obtidrem segons el que indica el DB SE-AE, a l'Annex D, apartat D.2, que ens indica que: en una nau industrial, si l'alçada sobre el terreny és menor a 200 metres (el nostre cas és de 7.875 metres al punt més alt), podem determinar el coeficient mitjançant les

següents expressions:

$$c_e = F \cdot (F + 7k) \quad (6.3)$$

$$F = k \cdot \ln \frac{\max(z, Z)}{L} \quad (6.4)$$

Sent k , L i Z paràmetres característics del tipus d'entorn (que determinarem amb el grau d'aspra g i la taula D.2 del DB SE-AE); i z és l'alçada de carener, que hem determinat per trigonometria:

$$z = \text{alçada del pilar} + \frac{\text{carener}}{2} + \tan \text{pendent} \quad (6.5)$$

- c_p és el coeficient eòlic o de pressió. Depenent de la forma i orientació de la superfície amb el vent, s'obtindran els valors de cada situació possible. En el nostre cas, es calcularà el vent lateral i el vent de façana, amb les seves direccions possibles, pressió i succió.

Les combinacions que realitza el CYPE son les següents:

- V(0) H1: Vent a 0° , pressió exterior tipu 1
- V(0) H2: Vent a 0° , pressió exterior tipu 2
- V(90) H1: Vent a 90° , pressió exterior tipu 1
- V(90) H2: Vent a 90° , pressió exterior tipu 2
- V(180) H1: Vent a 180° , pressió exterior tipu 1
- V(180) H2: Vent a 180° , pressió exterior tipu 2
- V(270) H1: Vent a 270° , pressió exterior tipu 1
- V(270) H2: Vent a 270° , pressió exterior tipu 2

6.2.3 Neu

La càrrega de la neu també ve determinada pel CTE-DB-SE-AE segons la taula de la figura 6.2, en aquest cas, per la ubicació de Girona, podem veure que aquesta pren un valor de $0,40 \text{ kN/m}$.

En aquest cas, la neu pot estar acompanyada pel vent i es pot originar una caiguda irregular sobre la coberta. És per aquest motiu que el DB-SE-AE ens indica que s'han de considerar tres casos diferents:

- N1: Coeficient de forma de la dreta i l'esquerra igual a l'original.
- N2: Coeficient de forma de l'esquerra es redueix a la meitat mentre que el de la dreta es manté igual a l'original.

- N3: Coeficient de forma de l'esquerra es manté igual a la original mentre que el de la dreta es redueix a la meitat.

Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almeria	0	0,2	Huesca	470	0,2	SanSebas-	0	0,5
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,7	tián/Donostia	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	0,4	Santander	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Segovia	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Sevilla	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Soria	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tarragona	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,6	Tenerife	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Teruel	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,4	Toledo	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valencia/València	690	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Valladolid	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Vitoria / Gasteiz	650	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zamora	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Zaragoza	0	0,2
						Ceuta y Melilla		

Taula 6.2: Valors característics de la càrrega de neu en capitals de província segons el CTE-DB-SE-AE.

6.3 Resum d'accions en l'edificació

Finalment, en aquesta secció es recullen les dades referents al terreny, al material i les càrregues sobre la nau.

Taula 6.3: Dades de la fusta laminada GL24h

Paràmetre	Valor	Unitats	Descripció
σ	24	N/mm^2	Límit Elàstic
E	11.600	N/mm^2	Mòdul de young
Densitat	380	kg/m^3	Densitat

Taula 6.4: Estat de càrregues a coberta

Paràmetre	Valor	Unitats	Descripció
G1	0,22	kN/m^2	Pes propi coberta
G2	0,20	kN/m^2	Pes propi instal·lacions
G3	1,06	kN/m	Pes propi biguetes
Q1	0.40	kN/m^2	Sobrecàrrega d'ús
Vent	Segons combinació	kN/m^2	Vent
Neu	0.40	kN/m^2	Neu

6.4 Resistència al foc

En aquesta secció es definirà la resistència al foc mínima que exigirà l'estructura segons el CTE-DB-SI, concretament la Secció 6: Resistència al foc de l'estructura.

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
[h] Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

Taula 6.5: Resistència al foc suficient dels elements estructurals segons la taula 3.1 del CTE-DB-SI. A la figura 6.5, podem observar que, tractant-se d'un establiment comercial, amb planta sobre rasant i una alçada d'evacuació inferior a 15 m, l'estructura exigeix una resistència al foc mínima R90. Aquest paràmetre serà un condicionant més a l'hora de calcular l'estructura. El programari de càlcul CYPE, permet fer aquesta comprovació un cop dissenyada l'estructura. En seccions de fusta, augmentar la secció representa un augment en la resistència al foc, ja que, com s'ha comentat anteriorment, és degut a la creació d'una capa carbonitzada superficial que actua com a barrera protectora davant del foc. Per tant, un augment de la secció permet que una part d'aquesta carbonitzi i la part estructural continuï mantenint les seves propietats mecàniques sense veure's malmesa.

6.5 Combinacions d'accions

6.5.1 Estat Límit Últim (ELU)

La combinació en Estat Límit Últim en una situació persistent o transitòria, segons el CTE-DB-SE, pren la següent equació a partir dels coeficients parcials de seguretat (ψ) i els coeficients de simultaneïtat (γ) que marca el CTE-DB-SE.

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}, \quad (6.6)$$

On,

- $\gamma_G G_k$ són totes les accions permanents en valor característic
- $\gamma_Q Q_k$ és l'acció variable principal
- $\gamma_Q \Psi_0 Q_k$ són la resta d'accions variables en valor de combinació

6.5.2 Estat Límit de Servei (ELS)

La combinació en Estat Límit de Servei permet avaluar els efectes deguts a accions de llarga durada i fletxa a partir de la següent expressió:

$$\sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}, \quad (6.7)$$

On,

- G_k són totes les accions permanents
- $\Psi_0 Q_{2,i}$ són la resta d'accions variables en valor quasi permanent

Capítol 7

Estudi tèrmic

Aquest capítol es centra en l'avaluació a nivell tèrmic de la nau industrial proposada, formada per tancaments d'entramat lleuger. L'objectiu és el de determinar com aquest tipus de tancaments poden contribuir en la millora del rendiment energètic i la reducció de les pèrdues de calor.

La fusta té una conductivitat tèrmica molt més baixa que els altres materials utilitzats en la construcció i, alhora, una calor específica molt elevada, de 1.600 a 2.900 $kg^{\circ}C$, la qual cosa suposa que, amb el mateix subministrament de calor, s'escalfa molt menys. També cal remarcar que tot i que la conductivitat depèn del tipus de fusta, en tots els casos presenta valors molt baixos respecte als seus principals competidors en l'àmbit de la construcció, concretament d'unes 4 vegades més baixa que la totxana, 10 vegades més baixa que el formigó i 2.000 vegades més baixa que l'alumini.

Tipus de Fusta		ρ (kg / m3)	λ (W / m·K)
Frandosa	Molt pesada	$\rho > 870$	0,29
	Pesada	$750 < \rho \leq 870$	0,23
	De pes mitjà	$565 < \rho \leq 750$	0,18
	Lleugera	$435 < \rho \leq 565$	0,15
	Molt lleugera	$200 < \rho \leq 435$	0,13
Conífera	Molt pesada	$\rho > 610$	0,23
	Pesada	$520 < \rho \leq 610$	0,18
	De pes mitjà	$435 < \rho \leq 520$	0,15
	Lleugera	$\rho \leq 435$	0,13

Taula 7.1: Valors de densitat i de conductivitat tèrmica segons el tipus de fusta.

	conductivitat λ (W/mK)	Difusivitat α (m2/h)	Retard ϕ (hores)
Alumini	230	0.3485	0.2
Aire	0.026	0.0755	0.5
Aïllant EPS	0.035	0.0076	1.6
Aïllant fibra fusta	0.04	0.0025	2.8
Formigó	1.35	0.0024	2.8
Vidre	1	0.0019	3.2
Maó foradat	0.49	0.0018	3.3
Suro	0.049	0.0009	4.5
Fusta	0.13	0.0004	7.3

Taula 7.2: Valors de conductivitat, difusivitat i retard de transmissió tèrmica segons el tipus de material.

Cal destacar que els productes derivats de la fusta, com els taulells contraxapats, presenten conductivitats tèrmiques semblants a les observades a la taula 7.1. És per aquest motiu, que en sistemes de tancament amb entramat lleuger s'utilitzen aquests tipus de derivat per millorar encara més l'eficiència tèrmica. Un clar exemple és el taulell d'encenalls orientats (OSB), que presenta una conductivitat tèrmica de $0,13 \text{ W/mK}$. Pel que fa a l'aïllament, com podem observar a la taula 7.2, el valor de conductivitat de la fibra de fusta es manté proper al que podríem tenir amb aïllament de llana mineral.

A continuació s'exposa el tancament utilitzat en el projecte, compost per un aïllant tèrmic de fibra de fusta de baixa densitat, col·locat entre llistons d'entramat lleuger de fusta laminada, panells d'OSB de 22 mm i un acabat amb un sistema SATE, a partir de fibra de fusta d'alta densitat i recobert amb morter de silicat. Aquesta secció la podem trobar a la figura 7.1, extreta del càlcul de càrregues tèrmiques del CYPE.

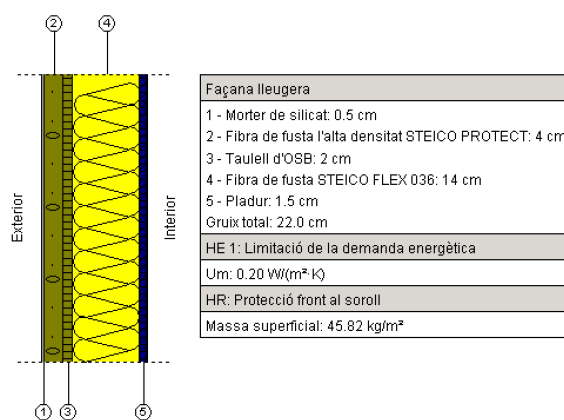


Figura 7.1: Secció de la solució de tancament proposada

En aquesta secció es pot observar que, amb un gruix de 22 cm , utilitzant materials derivats de la fusta, obtenim un valor de transmitància tèrmica molt inferior al que podríem trobar en un tancament convencional. En aquest cas, el tancament només transmetria $0,20 \text{ W/m}^2 \text{K}$, un valor clarament inferior a un tancament de formigó com el que podríem trobar a les edificacions convencionals.

A la figura 7.2, es proposa un tancament de 16 cm de formigó, amb una capa de 8 cm de llana de roca i el panell de pladur d' $1,50 \text{ cm}$ per tal de veure la diferència entre la relació gruix/transmitància d'un tancament convencional amb el tancament proposat. Com es pot observar, en aquest cas ens trobem amb un gruix de tancament més elevat, de $25,5 \text{ cm}$ i un valor de transmitància també més elevat, de $0,43 \text{ W/m}^2 \text{K}$.

Amb el programa de càlcul tèrmic CYPE MEP, s'ha modelat el que podria ser la nau industrial amb els tancaments exposats anteriorment. Per tal de simplificar el càlcul, no s'han tingut en compte les possibles obertures de façana com portes, vidres de façana, etc. S'ha calculat l'estudi tenint en compte els m^3 totals de la nau, en el supòsit de ser completament diàfana, amb una ocupació de 50 persones, el tancament de coberta escollit, panell de Thermochip de $18,90 \text{ cm}$, amb una transmitància de $0,20 \text{ W/m}^2 \text{K}$ i una solera de 20 cm de formigó.

A l'Annex F: Càlcul de l'estudi tèrmic, es pot trobar la documentació referent al càlcul tèrmic, amb

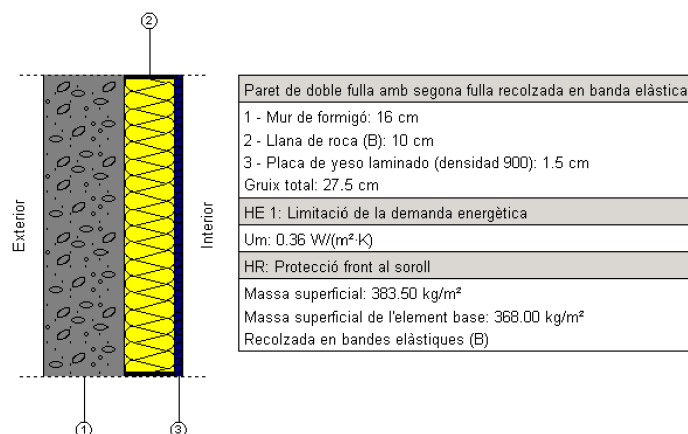


Figura 7.2: Secció de tancament convencional de formigó

les càrregues tèrmiques de les dues configuracions, amb tancament convencional i tancament d'entramat lleuger. A continuació, però, es mostra la taula resum de càrregues tèrmiques d'ambdós casos per tal de fer-ne la comparativa.

Refrigeració		
Conjunt	Potència per superfície (W/m²)	Potència total (W)
Planta baixa - Local comercial	33.0	36612.0

Calefacció		
Conjunt	Potència per superfície (W/m²)	Potència total (W)
Planta baixa - Local comercial	27.7	30717.5

Taula 7.3: Resum de càrregues tèrmiques pel model amb entramat lleuger

Refrigeració		
Conjunt	Potència per superfície (W/m²)	Potència total (W)
Planta baixa - Local comercial	33.4	36994.8

Calefacció		
Conjunt	Potència per superfície (W/m²)	Potència total (W)
Planta baixa - Local comercial	33.1	36629.5

Figura 7.3: Resum de càrregues tèrmiques pel model convencional

Les dades que has obtingut de l'estudi tèrmic amb els dos models de façana ofereixen una perspectiva clara sobre des diferències en utilitzar una façana d'entramat lleuger de fusta enfront d'una façana convencional. Primerament, podem observar que a nivell d'energia calorífica, pel que fa a la refrigeració, el valor canvia molt poc significativament. En canvi, a nivell de calefacció, l'ús d'un tancament d'entramat lleuger representa una reducció d'uns 6kW de potència tèrmica. Tot i semblar un valor significativament petit, si ens fixem en l'Annex F: Càlcul de l'estudi tèrmic, el fet de canviar el tancament exterior, l'entramat lleuger suposa una millora aproximadament del 10 % a les càrregues degudes a l'estructura. Aquesta reducció indica que la proposta de tancament del projecte és més eficient tèrmicament, gràcies a les seves

millors propietats d'aïllament comentades a l'inici d'aquest treball. A més a més cal tenir present que tot i que la diferència no pugui semblar molt notable, s'està reduint la secció del tancament i el seu pes de manera molt significativa, passant d'uns $383,50 \text{ kg/m}^2$ pel tancament amb panell de formigó, a uns $45,82 \text{ kg/m}^2$ amb entramat lleuger, s'estan utilitzant materials que requereixen menys energia i emeten menys emissions de CO_2 en el procés de producció. Cal destacar, també, que l'entramat lleuger és un sistema de construcció en sec, que no requereix aigua com altres materials convencionals, que també permet reduir la generació de residus durant la fabricació i obra.

Capítol 8

Resum del pressupost

El cost econòmic d'aquest projecte es troba desglossat al Document V. Pressupost i és de 648.654,75
€. SIS-CENTS QUARANTA-VUIT MIL SIS-CENTS CINQUANTA-QUATRE AMB SETANTA-CINC
CÈNTIMS.648.654,75 €.

Capítol 9

Conclusions

Un cop desenvolupat el treball, es pot afirmar que s'ha assolit l'objectiu de calcular l'estructura d'una nau industrial a partir de perfils de fusta laminada, així com el càlcul dels tancaments i l'estudi tèrmic. L'ús de la fusta laminada GL24h per a l'estructura de la nau ha demostrat ser una elecció viable i eficaç, altament sostenible. Els càlculs estructurals han confirmat que aquest material ofereix una alta resistència mecànica i estabilitat, capaç de suportar les càrregues permanents i variables imposades per l'ús industrial, en una localització determinada. Entre els seus avantatges, cal destacar que la seva lleugeresa es tradueix a una menor fonamentació i, per tant, la disminució de la utilització de materials menys sostenibles, com el formigó o l'acer. També cal destacar que, referent a la resistència al foc, la fusta laminada ha demostrat que, tot i la combustibilitat inherent de la fusta, pot complir amb els estàndards de seguretat contra incendis gràcies a la seva capacitat de formar una capa carbonitzada que protegeix les parts internes de la peça de fusta.

Els tancaments d'entramat lleuger utilitzats en el projecte han resultat ser molt eficients tant des del punt de vista estructural com del tèrmic. La seva capacitat per aïllar tèrmicament l'interior de la nau és notable, oferint un bon control de la temperatura interior i contribuint a la reducció de les necessitats energètiques per a calefacció i refrigeració. Això es tradueix en un estalvi econòmic a llarg termini i en una reducció de la petjada de carboni de l'edifici. Cal destacar que amb aquest tancament, s'aconsegueix una reducció de la secció respecte a un tancament convencional, oferint millors propietats tèrmiques, estalviant en material, temps d'execució, pes i utilitzant materials sostenibles. I tot això, a partir de construcció en sec.

Processos posteriors a aquest projecte i que no es troben dins a l'abast del mateix són els acabats arquitectònics de la nau, la distribució interior a nivell dels diferents espais que puguin existir i la justificació tècnica refent a incendis, com el càlcul de la càrrega de foc, la sectorització, la descripció dels equips de protecció,... També s'hi haurien d'incloure tots els aspectes relacionats amb les instal·lacions, tant de baixa tensió, fontaneria, climatització, ventilació i sanejament.

Bibliografia

- [1] Anson Fradera, O., La fusta en la construcció. Dossier tècnic núm. 102, Març 2020
(<https://ruralcat.gencat.cat>, març 2024)
- [2] Arquimia, ¿Qué és el entramado ligero de madera?, 17 febrer 2024
(<https://www.arquima.net/que-es-el-entramado-ligero-de-madera/>, març 2024)
- [3] Arquitectura Sostenible, Tableros de madera OSB para una construcción sostenible, 19 febrer 2019
(<https://arquitectura-sostenible.es/tableros-de-madera-osb-para-una-construccion-sostenible/>, abril 2024)
- [4] CYPE Ingenieros, S.A., Generador de precios. España, 2024
(<https://www.generadordeprecios.info/gsc.tab=0>, maig 2024)
- [5] Itec, BEDEC-Banc Construcció 2024-01, 2024
(<https://metabase.itec.cat/vide/es/bedec/itec>, maig 2024)
- [6] Madeira, Diseño y cálculo de uniones en estructuras de madera. Documento de aplicación del CTE, 2019
(<https://egoin.com>, abril 2024)
- [7] Ministerio de Fomento, Código técnico de la edificación. Seguridad Estructural [CTE-DB-SE], 20 desembre 2019
(<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>, març 2024)
- [8] Ministerio de Fomento, Código técnico de la edificación. Seguridad Estructural - Madera [CTE-DB-SE-M], 20 desembre 2019
(<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-M.pdf>, març 2024)
- [9] Ministerio de Fomento, Código técnico de la edificación. Acciones en la Edificación [CTE-DB-SE-AE], Abril 2009
(<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>, març 2024)
- [10] Ministerio de Fomento, Código técnico de la edificación. Seguridad en caso de incendio [CTE-DB-SI], 20 desembre 2019
(<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SI/DBSI.pdf>, març 2024)

-
- [15] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Código Estructural, 2021
(<https://www.boe.es/boe/dias/2021/08/10/pdfs/BOE-A-2021-12944>, abril 2024)
- [11] Steico SE, Productos, 2024
(<https://www.steico.com/es/productos>, abril 2024)
- [12] Storaenso, Glued laminated timber (GLT), 2024
(<https://www.storaenso.com/en/products/mass-timber-construction/building-products/glulam>, març 2024)
- [13] Thermohip S.L.U, Productos. Thermohip Roof, 2024
(<https://www.thermohip.com/productos-2/>, març 2024)
- [14] Weber Saint-Gobain, ¿Cómo influye la transmitancia térmica en el aislamiento de una fachada?,
Febrer 2024
(<https://www.es.weber/blog/transmitancia-termica-aislamiento-fachada>, març 2024)

Annexos

Annex A: Estudi Geotècnic

UNITAT GEOTÈCNICA 3: SUBSTRAT ROCÓS ALTERAT – GRAU III / VI

Com ja s'ha esmentat, aquesta unitat està formada per una roca dura, formada per una calcària massiva amb numulits.

La capacitat portant d'una roca dura amb les característiques geomecàniques de les roques de litologia de calcària, pot ser superior a 10 Kp/cm².

Però, encara que l'alteració d'aquest tipus de roca va disminuint transicionalment en profunditat, no es pot tractar com una roca dura totalment sana. Així doncs, la càrrega admissible de servei estimada per aquesta unitat és de:

$$Q_{adm} = 2,0 \text{ Kp/cm}^2$$

Atès que es tracta d'una roca dura alterada i, en funció de la càrrega de treball prevista, els assentaments tendiran a zero i per tant es consideren admissibles.

5. AGRESSIVITAT DEL MEDI

Tal com s'ha esmentat a l'apartat *III. METODOLOGIA I TREBALLS REALITZATS*, s'han efectuat els assaigs de laboratori pertinents per conèixer el grau d'agressivitat del medi envers al formigó.

Aquesta anàlisi ha estat efectuada pel laboratori acreditat de **CECOTERM S.L.** Les actes dels resultats es poden observar a l'annex 2 (*Assaig de laboratori*) del present informe i de forma sintètica, a la següent taula:

Taula 6: Resultats de les analítiques químiques del sòl.

ASSAIGS DE LABORATORI							
MOSTRA	REFERÈNCIA LABORATORI	SULFATS DEL SÒL UNE 103201:1996					GRAU AGRESSIVITAT (EHE)
		% SO ₃	% SO ₄	Mg/kg SO ₃	Mg/kg SO ₄	ml/kg ACIDES BAUMANN -GULLY	
MS-1.1	G08-4660	Exempt	Exempt	Exempt	Exempt	0,0	NO AGRESSIU

La concentració del ió sulfat en el sòl (mg SO₄²⁻/kg de sòl sec), com es pot observar a la taula anterior és **EXEMPT** i el paràmetre d'acidesa Baumann – Gully és de **0,0 ml/Kg** i per tant, segons la Instrucció de Formigó Estructural EHE/99, **el sòl no actuarà de forma agressiva envers al formigó**.

6. EXPANSIVITAT DEL MEDI

L'expansivitat d'un sòl és un fenomen que s'origina amb la conjugació d'un terreny argilós d'alta plasticitat amb unes condicions ambientals capaces de produir variacions apreciables d'humitat.

Pel que respecta a l'expansivitat del terreny, els materials de la unitat de recolzament (**unitat geotècnica 2**) corresponen bàsicament a materials granulars (blocs i grava) i la **unitat 3** correspon a un substrat rocós dur,, per tant es pot concloure que **EL MEDI DE FONAMENTACIÓ NO PRESENTA CARACTERÍSTIQUES EXPANSIVES**.

7. PARÀMETRES SÍSMICS

Segons la norma de construcció sismoresistent: part general i edificació NCSE-02, l'acceleració sísmica bàsica del municipi de **Girona és de 0,08g**.

A continuació es donen els paràmetres sísmics bàsics del subsòl de les parcel·les, que es podran utilitzar en el càlcul de l'estructura, en cas que siguin d'aplicació els preceptes de la normativa sismoresistent:

PARÀMETRES SÍSMICS	
Tipus d'edificació:	Importància normal
Tram 1: Terreny tipus II Gruix de 3 m definits a partir dels assaigs d'investigació.	Coefficient $C_2 = 1,3$
Tram 2: Terreny tipus II Gruix de 27 m definits a partir dels assaigs d'investigació i de la bibliografia de la zona d'estudi.	Coefficient $C_1 = 1,0$
Coefficient C:	1,3
Coefficient S:	0,824
Acceleració sísmica bàsica:	$a_b = 0,08 \text{ g}$
Acceleració sísmica de càlcul:	$a_c = 0,06592 \text{ g}$
Coefficient de contribució:	$K = 1,0$

8. EXCAVABILITAT I ESTABILITAT

Els materials de la **unitat 1** presenten una excavabilitat **ALTA** i els de la **unitat 2** varien de **MITJA a BAIXA** mitjançant els mètodes d'excavació convencionals (màquina retroexcavadora i/o pala giratòria) tot i que la presència de blocs de dimensions considerables podran dificultar l'excavació, i no es pot descartar haver d'aplicar els mètodes d'excavació en roca (a percussió – martell piconador) per a la seva extracció. D'altra banda, la **unitat 3** correspon a una roca dura, i per tant, per a la seva excavació s'haurà d'utilitzar directament el martell piconador.

Els materials de la **unitat 1** degut a la seva naturalesa (rebliment), poden ser inestables. Així doncs, tot i la seva escassa potència (0,8 m), cal preveure problemes d'estabilitat en les parets de les excavacions que es realitzaran i per tant s'hauran d'aplicar les mesures de sosteniment necessàries per tal d'assegurar que l'excavació prevista no afecti a l'estabilitat de les fonamentacions de les edificacions veïnes.

A priori, una possible excavació dins les unitats 2 i 3 no presentaria problemes d'estabilitat a curt ni a mitjà termini en condicions atmosfèriques favorables.

9. CONCLUSIONS

De les informacions extretes del reconeixement geotècnic de camp i a partir de les dades presentades en aquest informe es pot concloure que:

- El subsòl de les parcel·les d'estudi on es preveu la construcció d'un bloc d'habitatges entre mitgeres, està format per tres unitats geològiques a escala d'aflorament, que corresponen a: *i)* un **reompliment antròpic** superficial d'escassa entitat que tapissa *ii)* un **dipòsit de peudemont** quaternari, que alhora es disposa a sobre de *iii)* un **substrat rocós calcari** d'edat Eocè.
- A partir de la litologia concreta dels materials investigats i de les característiques geomecàniques que presenten, s'han diferenciat tres unitats geotècniques, que corresponen a:
 - 1) Un petit reompliment antròpic, de **comportament geomecànic heterogeni i de compacitat baixa (unitat geotècnica 1)**.
 - 2) Un dipòsit blocs i grava, de **compacitat mitjanament densa (unitat geotècnica 2)**.
 - 3) Un substrat rocós de litologia calcària, amb **una elevada resistència a la compressió simple (unitat geotècnica 3)**.
- Atenent a les dades facilitades per la direcció tècnica de l'obra, es coneix que el projecte constructiu no preveu la construcció de cap mena de planta soterrada, realitzant una fonamentació de tipus superficial.
- El model geològic – geotècnic s'ha representat mitjançant uns perfils geotècnics interpretatius que es poden consultar a l'annex 3 d'aquest document.

10. RECOMANACIONS

A la vista de tota la informació recollida en aquest informe es recomana:

- Assegurar que en cap cas la fonamentació queda recolzada a la unitat geotècnica 1, la qual està formada per materials antròpics de comportament geomecànic heterogeni i de compacitat baixa. Aquesta unitat superficial presenta una potència màxima de 0,8 metres.
- Així doncs, es recomana que la fonamentació superficial es recolzi correctament a la **unitat geotècnica 2**, i que la càrrega màxima de treball de l'estructura s'adeqüi a les càrregues admissibles d'aquesta segona unitat, calculades a l'apartat 4.6 del present informe (*Càrrega admissible i assentaments*).
- En el moment de realitzar el reconeixement geològic de la parcel·la, **no es va detectar el nivell freàtic local** en cap dels punts d'assaig realitzats.
- Atenent als resultats de les analítiques realitzades, el terreny **no presenta característiques expansives i no actuarà de forma agressiva envers al formigó**.

- Els paràmetres sísmics bàsics del subsòl de la parcel·la indicats a l'apartat 7 del present informe, es podran utilitzar pel càlcul de l'estructura, en cas que siguin d'aplicació els preceptes de la normativa sismoresistent.
- Els materials de la **unitat 1** presenten una excavabilitat **ALTA** i els de la **unitat 2** varien de **MITJA a BAIXA** mitjançant els mètodes d'excavació convencionals (màquina retroexcavadora i/o pala giratòria) tot i que la presència de blocs de dimensions considerables podran dificultar l'excavació, i no es pot descartar haver d'aplicar els mètodes d'excavació en roca (a percussió – martell piconador) per a la seva extracció.

Els materials de la **unitat 1** degut a la seva naturalesa (rebliment), poden ser inestables. Així doncs, tot i la seva escassa potència (0,8 m), cal preveure problemes d'estabilitat en les parets de les excavacions que es realitzaran i per tant s'hauran d'aplicar les mesures de sosteniment necessàries per tal d'assegurar que l'excavació prevista no afecti a l'estabilitat de les fonamentacions de les edificacions veïnes.

Annex B: Dimensionat de les corretges de coberta

Les biguetes utilitzades a la coberta de la nau industrial han estat calculades de manera numèrica a partir dels paràmetres establerts pel CTE-DB-SE i aplicant les possibles càrregues permanents sobre la coberta, com és el cas de les instal·lacions, amb una càrrega de $0,30 \text{ kN/m}$.

Pel que fa al tancament de coberta, s'ha utilitzat una coberta prefabricada de la marca Thermohip, model TAH. Per motius tèrmics i estructurals s'ha escollit el model de gruix interior 10 cm , 160 cm d'aïllament i 19 cm de capa exterior. A la figura 9.1 es poden veure les característiques principals de la coberta.

Cara interior	Espesor núcleo	Cara exterior	Dimensiones			Paneles / palet	m² panel / palet	Peso panel		Carga máxima	Carga a $L/200$ ⁽¹⁾	Transmit. térmica
			Grosor	Largo	Ancho			kg/m²	kg/panel			
10	40	19	69	2400	550	32	42,240	18,23	24,06	1654	398	0,702
10	50	19	79	2400	550	28	36,960	18,55	24,49	1906	458	0,609
10	60	19	89	2400	550	26	34,320	18,87	24,91	2127	512	0,519
10	80	19	109	2400	550	20	26,400	19,51	25,75	2204	530	0,400
10	100	19	129	2400	550	18	23,760	20,15	26,60	2363	569	0,326
10	120	19	149	2400	550	16	21,120	20,79	27,44	2544	612	0,275
10	160	19	189	2400	550	12	15,840	22,07	29,13	>2732	>657	0,209
10	200	19	229	2400	550	10	13,200	23,35	30,82	>2732	>657	0,169

Taula 9.1: Dades tècniques de la coberta Thermohip

La sobrecàrrega d'ús ve determinada pel CTE-DB-SE-AE segons la taula de la figura 9.2. En el cas d'estudi, la nau compliria amb les característiques de la categoria G: Cobertes accessibles únicament per a conservació i subcategoria G1: Cobertes lleugeres sobre corretges (sense forjat), un valor característic de $0,40 \text{ kN/m}$.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
			Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Taula 9.2: Valors característics de la càrrega d'ús segons el CTE-DB-SE-AE

La càrrega de la neu també ve determinada pel CTE-DB-SE-AE segons la taula de la figura 9.3, en aquest

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	470	0,2	Salamanca	780	0,5
Almeria	1.130	0,2	Huesca	570	0,7	SanSebas-	0	0,3
Ávila	180	1,0	Jaén	820	0,4	tián/Donostia	0	0,3
Badajoz	0	0,2	León	150	1,2	Santander	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	380	0,5	Segovia	10	0,2
Bilbao / Bilbo	860	0,3	Logroño	470	0,6	Sevilla	1.090	0,9
Burgos	440	0,6	Lugo	660	0,7	Soria	0	0,4
Cáceres	0	0,4	Madrid	0	0,6	Tarragona	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	40	0,2	Tenerife	950	0,9
Castellón	640	0,2	Murcia	130	0,2	Teruel	550	0,5
Ciudad Real	100	0,6	Orense / Ourense	230	0,4	Toledo	0	0,2
Córdoba	0	0,2	Oviedo	740	0,5	Valencia/València	690	0,4
Coruña / A Coruña	1.010	0,3	Palencia	0	0,4	Valladolid	520	0,7
Cuenca	70	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Vitoria / Gasteiz	650	0,4
Gerona / Girona	690	0,4	Palmas, Las	450	0,2	Zamora	210	0,5
Granada	0	0,5	Pamplona/Iruña	0	0,7	Zaragoza	0	0,2
						Ceuta y Melilla		

Taula 9.3: Valors característics de la càrrega de neu en capitals de província segons el CTE-DB-SE-AE.

cas, un valor de $0,40 \text{ kN/m}$.

La càrrega de vent més desfavorable en el cas de les biguetes és el vent de pressió ja que va en la mateixa direcció que les càrregues de la coberta, instal·lacions i neu. Per trobar el valor de la càrrega de vent que s'ha de contemplar, agafem el valor de baixada de càrregues calculat pel CYPE segons el CTE-DB-SE i, de totes les combinacions de vent, el valor de pressió més desfavorable és de $0,35 \text{ kN/m}^2$.

A continuació, a la taula 9.4, es mostra el resum de les càrregues sobre les biguetes de la coberta.

Taula 9.4: Estat de càrregues sobre la coberta

Paràmetre	Valor	Unitats	Descripció
G_1	0,22	kN/m^2	Pes propi coberta
G_2	0,20	kN/m^2	Pes instal·lacions
Q	0,40	kN/m^2	Sobrecàrrega d'ús
Neu	0,40	kN/m^2	Càrrega neu
$Vent$	0,35	kN/m^2	Càrrega vent

Per dimensionar les corretges s'ha suposat la combinació en ELU de les càrregues anteriors amb la combinació més desfavorable considerant que la sobrecàrrega d'ús no és concomitant amb la resta de càrregues. En aquest cas, doncs, la combinació més perjudicial es troba quan la neu és l'acció variable principal i va acompanyada de la neu.

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}, \quad (\text{B.1})$$

que substituint els valors característics de l'estat de càrregues suposaria,

$$1,35 \cdot 0,22 + 1,50 \cdot 0,40 + 1,50 \cdot 0,60 \cdot 0,35 = 1,47 \text{ kN/m}^2, \quad (\text{B.2})$$

que, amb un intereix de $2,00 \text{ m}$ entre biguetes, suposa una càrrega lineal de $2,95 \text{ kN/m}$.

Per tant, calculem el moment màxim que haurà de suportar la bigueta en ELU suposant una unió biarticulada amb les jàsseres que uneix. De totes maneres, s'ha de tenir en compte que la bigueta seguirà el pendent de la coberta del 5%, per tant, es descompon el valor de la càrrega en ELU en la que recau perpendicular a la biga (eix z) i la paral·lela a la biga, amb un valor pràcticament nul (eix y). De manera que el moment màxim es descriu com,

$$M_{max} = \frac{q(z) \cdot L^2}{8} = \frac{2,68 \cdot 5^2}{8} = 9,20 kNm, \quad (B.3)$$

Considerant que s'ha escollit una biga de fusta GL24H amb una resistència a flexió de 24 N/mm^2 de secció $100 \times 230 \text{ mm}$, comprovem que la resistència de la barra amb el coeficient de seguretat definit al CTE-DB-SI-M sigui suficient per absorbir la càrrega de la coberta a nivell de resistència.

$$\sigma_{adm} \geq \frac{M_{q(z)} \cdot \frac{y}{2}}{I_y} = \frac{9,20 \cdot 10^6 \cdot \frac{230}{2}}{1,01 \cdot 10^8} = 10,43 \text{ N/mm}^2, \quad (B.4)$$

Amb la comprovació anterior, es valida la biga escollida, de longitud de $2,00 \text{ m}$ de secció $100 \times 230 \text{ mm}$. Tot i així, es calcula la fletxa en ELS a partir de la combinació característica,

$$\sum G_{k,j} + P + \sum \gamma_{0,i} \cdot Q_{k,i}, \quad (B.5)$$

De l'equació B.5, tenint en compte el pes propi de la bigueta de 380 kg/m^3 , amb la secció corresponent de $100 \times 230 \text{ mm}$, s'obté un valor de $0,81 \text{ kN/m}$. Considerant una corretja biarticulada, es calcula la fletxa màxima segons l'expressió B.6, que justifica el compliment de fletxa màxima de $L/300$, de $16,67 \text{ mm}$.

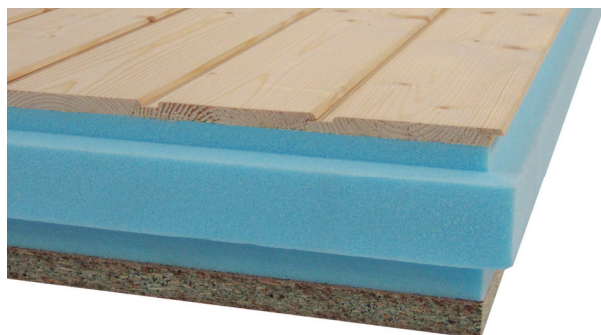
$$\delta_{max} = \frac{5 \cdot q \cdot l^5}{384 \cdot E \cdot I} = 7,91 \text{ mm}. \quad (B.6)$$

A continuació, a la taula de la figura B.1 s'adjunten les taules utilitzades com a càlcul d'aquest Annex.

DADES MATERIALS			PREDIMENSIONAT BIGUETES		
https://www.thermochip.com/wp-content/uploads/2018/08/thermochip_gh_ficha_tec.pdf			Càrrega coberta sobre biguetes		
Descripció	Valor	Unitats	Descripció	Valor	Unitats
Gruix interior	10	mm	Interelx entre biguetes	2,00	m
Gruix aïllament	160	mm	Possibles instal·lacions	0,20	kN/m2
Gruix exterior	19	mm	Pes propi de la coberta	0,22	kN/m2
Gruix total	189	mm	Sobrecàrrega d'ús	0,40	kN/m2
Llargada	2	m	Neu	0,40	kN/m2
Pes coberta	22,07	kg/m2	Vent	0,35	kN/m2
Biguetes - GL24h			G - 1,35	0,56	kN/m2
Descripció	Valor	Unitats	Q - 1,5	0,60	kN/m2
Alçada	230	mm	Neu 1,5 0,5	0,30	kN/m2
Amplada	100	mm	Vent 1,5 0,6	0,32	kN/m2
Densitat	380	kg/m³	Eq. ELU	1,48	kN/m2
Secció	23000	mm²	q (ELU)	2,95	kN/m
I	1,01E+08	mm⁴	qz(ELU)	2,94	kN/m
Sigma adm	24	N/mm²	qy(ELU)	0,26	kN/m
L	5	m	M(qz)	9,20	kNm
Pes propi	42,8697	N/m2	M(qy)	0,80	kNm
E	11600	N/mm²	Sigma(qz)	10,43	kNm
			Sigma(qy)	2,10	kNm
			Moment flector		
			Descripció	Valor	Unitats
			Mmax	9,20	kN·m
Comprovació resistència			Comprovació resistència		
			Sigma adm	>	Sigma
			11,52	>	10,43
			COMPLEIX		
			Comprovació fletxa		
			Fletxa adm	>	Sigma
			Eq. ELS	0,50	kN/m2
			q ELS	1,0358831	kN/m
			16,66666667	>	7,91
			COMPLEIX		

Figura B.1: Taula referent al càlcul de les biguetes

Annex C: Fitxes tècniques



Los datos aportados en la presente Ficha Técnica son un resumen de prestaciones relacionadas en el ETE 08/0295.

Para ampliar dicha información, consulte la declaración de prestación del artículo o el propio certificado ETE 08/0295 que tienen a su disposición en www.thermochip.com

COMPOSICIÓN

Interior: friso de abeto

Núcleo: poliestireno extruido

Exterior: aglomerado hidrófugo

Cara interior	Espesor núcleo	Cara exterior	Dimensiones			Paneles / palet	m ² panel / palet	Peso panel		Carga máxima	Carga a L/200 ^[1]	Transmit. térmica
	mm		Grosor	Largo	Ancho			kg/m ²	kg/panel	kg/m ²	kg/m ²	W/m ² °C
10	40	16	66	2400	550	34	44,880	16,38	21,62	865	220	0,713
				3000	550		56,100	16,38	27,03	842	202	0,713
10	40	19	69	2400	550	32	42,240	18,33	24,20	902	230	0,702
				3000	550		52,800	18,33	30,24	881	212	0,702
10	50	16	76	2400	550	30	39,600	16,70	22,04	995	254	0,618
				3000	550		49,500	16,70	27,56	951	228	0,618
10	50	19	79	2400	550	28	36,960	18,65	24,62	1035	263	0,609
				3000	550		46,200	18,65	30,77	1008	242	0,609
10	60	16	86	2400	550	26	34,320	17,02	22,47	1125	286	0,525
				3000	550		42,900	17,02	28,08	1102	265	0,525
10	60	19	89	2400	550	26	34,320	18,97	25,04	1205	307	0,519
				3000	550		42,900	18,97	31,30	1180	284	0,519
10	80	16	106	2400	550	22	29,040	17,66	23,31	1390	355	0,404
				3000	550		36,300	17,66	29,14	1364	328	0,404
10	80	19	109	2400	550	20	26,400	19,61	25,89	1425	363	0,400
				3000	550		33,000	19,61	32,36	1404	337	0,400
10	100	16	126	2400	550	18	23,760	18,30	24,16	1585	404	0,328
				3000	550		29,700	18,30	30,20	1511	375	0,328
10	100	19	129	2400	550	18	23,760	20,25	26,73	1690	430	0,326
				3000	550		29,700	20,25	33,41	1667	401	0,326

^[1] Cálculos obtenidos sobre panel en tres apoyos.



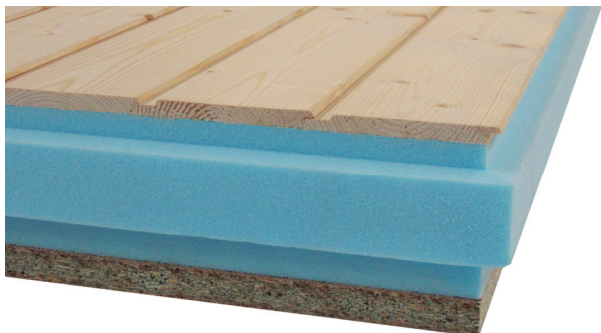
THERMOCHIP, S.L.U.

A Medua, s/n, 32330 Sobrado de Valdeorras, Ourense [España]

+34 900 351 713 ✉ info@thermochip.com

www.thermochip.com

THERMOCHIP



Los datos aportados en la presente Ficha Técnica son un resumen de prestaciones relacionadas en el ETE 08/0295.

Para ampliar dicha información, consulte la declaración de prestación del artículo o el propio certificado ETE 08/0295 que tienen a su disposición en www.thermochip.com

COMPOSICIÓN

Interior: friso de abeto

Núcleo: poliestireno extruido

Exterior: aglomerado hidrófugo

Cara interior	Espesor núcleo	Cara exterior	Dimensiones			Paneles / palet	m ² panel / palet	Peso panel		Carga máxima	Carga a L/200 ^[1]	Transmit. térmica
	mm		Grosor	Largo	Ancho			kg/m ²	kg/panel	kg/m ²	kg/m ²	W/m ² °C
10	120	16	146	2400	550	16	21,120	18,94	25,00	1730	441	0,276
				3000			26,400	18,94	31,25	1702	410	0,276
10	120	19	149	2400	550	16	21,120	20,89	27,57	1830	467	0,275
				3000			26,400	20,89	34,47	1803	433	0,275
10	160	16	186	2400	550	12	15,840	20,22	26,69	>1886	>480	0,210
				3000			19,800	20,22	33,36	>1859	>448	0,210
10	160	19	189	2400	550	12	15,840	22,17	29,26	>1963	>501	0,209
				3000			19,800	22,17	36,58	>1940	>467	0,209
10	200	16	226	2400	550	10	13,200	21,50	28,38	>1886	>480	0,169
				3000			16,500	21,50	35,48	>1859	>448	0,169
10	200	19	229	2400	550	10	13,200	23,45	30,95	>1963	>501	0,169
				3000			16,500	23,45	38,69	>1940	>467	0,169

^[1] Cálculos obtenidos sobre panel en tres apoyos.



THERMOCHIP, S.L.U.

A Medua, s/n, 32330 Sobradelo de Valdeorras, Ourense [España]

+34 900 351 713 ✉ info@thermochip.com

www.thermochip.com

THERMOCHIP

MORTERO SILÍCEO M7,5

El mortero seco Gris SILÍCEO M7,5 que suministra AYMAR S.A. es un mortero industrial fabricado con áridos de mármol, arenas silíceas seleccionadas y aditivos especiales que le confieren una óptima docilidad, trabajabilidad y adherencia, para uso corriente en albañilería, especial para un buen acabado en revestimientos

Composición

Compuesto por **áridos** blancos de mármol triturados para su uso en construcción, como áridos para hormigón y morteros (EN 12620 y EN 13139), **cemento CEM I - 42, 5R** (EN 197-1 y UNE 80601), y **aditivos orgánicos** para mejorar la trabajabilidad del mortero, reducir el agua de amasado, aumentar la cohesión, disminuir la exudación y evitar la segregación.

Campo de aplicación

El mortero seco Gris **SILÍCEO M7,5** es multiuso. Se emplea para enlucidos, levantar muros, paredes de carga, de mampostería tradicional con ladrillos y tejas, terrazos, prefabricados de hormigón y termoarcilla, relleno y recrecidos.

Instrucciones de empleo

- **Preparación del soporte:** limpiar y humedecer los soportes antes de la aplicación.

El soporte deberá estar totalmente fraguado, ser resistente, consistente, estar limpio de polvo, pintura, aceite...etc.

- **Preparación de la mezcla:** utilizar siempre agua corriente, limpia.

Añadir 3,75-4 l. de agua de amasado por saco y mezclar manual (batidora) o mediante la máquina de proyectar hasta obtener una masa homogénea y aplicar.

Recomendaciones de uso

- No aplicar a temperaturas bajas y elevada humedad ambiental, con lluvia o con riesgo de heladas. La temperatura de aplicación debe estar comprendida entre 5°C y 30°C.
- No aplicar sobre yesos o en unión de piezas fácilmente disgregables.
- No recomendable para proyectar a máquina.
- Para lograr un acabado satisfactorio es recomendable humedecer varias veces el mortero aplicado, durante las dos primeras semanas a partir de 24 horas después de su aplicación.
- La adición de otro material (aditivos, cemento, etc.) puede cambiar el comportamiento y las características del producto.

Datos técnicos

Ámbito	Característica	Valor	Norma de ensayo
Producto	Designación normativa	M7,5 CSIV W0	EN 998-2 EN 998-1
	Apariencia	Gris	-
	Granulometría	0-2 mm	EN 1015-1
	Densidad en polvo	1800 Kg/m ³	EN 1015-10
	Densidad aparente del mortero endurecido	2000 Kg/m ³	EN 1015-10
Aplicación	Agua de amasado	15-15.5%	-
	Tiempo de vida útil / trabajabilidad	90 minutos	EN 1015-9
	Densidad de mezcla	2100 Kg/m ³	EN 1015-10
	Rendimiento	1,9 Kg/m ² y mm de espesor	
	Consistencia	175 ± 10 mm	EN 1015-3
Características técnicas	Resistencia a la compresión	≥7.5 N/mm ²	EN 1015-11
	Resistencia a la flexión	2,5 N/mm ²	EN 1015-11
	Adherencia sobre soporte de hormigón	> 0,3 N/mm ² (tipo b)	EN 1015-12
	Resistencia inicial al cizallamiento	0.15 N/mm ²	EN 998-2 (valor tabulado)
	Contenido en aire	7%	EN 1015-7
	Contenido en cloruros	< 0.01%	EN 1015-17
	Absorción de agua por capilaridad	< 1,9 Kg/(m ² ·min ^{0.5})	EN 1015-18
	Permeabilidad	Reactivo Nitrato Potásico < μ=15 Reactivo Cloruro de Litio < μ=15	EN 1015-19
	Conductividad Térmica	λ _{10,dry} = 0,83 W/mK	EN 1745 (valor tabulado)
	Coeficiente de difusión de vapor de agua	μ=15/35	EN 1745 (valor tabulado)
	Reacción al Fuego	Clase A1	EN 998-2
Presentación	Sacos de papel de 25 Kg. aprox. Almacenar, un máximo de 12 meses a partir de fecha de fabricación, en el envase original cerrado, en lugar cubierto, seco y ventilado.		

Para conocer las precauciones de seguridad en el empleo, almacenamiento y eliminación del producto, consultar la Ficha de Datos de Seguridad disponible en la página web www.aymarsa.es

NOTA: La información contenida en la presente hoja técnica está basada en nuestra experiencia y en ensayos realizados en laboratorios especializados. Las características del producto resultante dependerán de la correcta preparación y aplicación en obra por el usuario. Si se incumplen estas condiciones no se alcanzarán las características arriba indicadas.



Planta y oficinas

Ctra. C-35, Km 58 · Ap. correos nº1
08470 SANT CELONI (Barcelona)

Tel. (+34) 93 867 00 00
Fax (+34) 93 867 02 87

aymar@aymarsa.es
www.aymarsa.es



ER-1277/2010



SST-0006/2018



SGM-001/2009



GA-20110/0655
Mina "XAUXA"



EN 12620
EN 13139
EN 998-1
EN 998-2
EN 206-1
EN 13813
EN 1504-2
EN 1504-3
EN 1504-6
EN 12004
EN 13888
EN 14891

FICHA TÉCNICA PANEL AISLANTE DE FIBRA DE MADERA

Paneles obtenidos mediante proceso seco y húmedo, basado en un recurso renovable, la madera.
Según norma EN13171



Panel *SteicoProtect*

- Soporte para SATE
- Muy alta resistencia y durabilidad
- Excelentes propiedades aislantes en invierno y verano
- Paneles hidrófugos abiertos a la difusión, protección óptima para la construcción
- Instrucciones de implementación con detalles de construcción disponible
- Productos de madera blanda: contribuyen a la protección del planeta gracias al CO2 almacenado en el madera



Panel *SteicoFlex 036*

- La conductividad térmica más baja de los paneles de fibra de madera semirrígidos
- Mayor resistencia gracias a la estructura de fibra optimizada
- Se adapta fácilmente a las formas del contorno, fácil de usar
- No irrita la piel
- Excelente protección contra el calor
- Muy abierto a la difusión del vapor de agua - protege la construcción.
- Proporciona un clima de vida saludable
- Reciclable, ecológico, respeta el medio ambiente



Panel *SteicoFlex 038*

- Es un aislante flexible comprimible y se adapta fácilmente a las formas del contorno
- Alto rendimiento aislante, tanto en invierno como en verano
- Abierto a la difusión del vapor de agua
- Regulador higrométrico
- Proporciona un clima de vida saludable
- Reciclable, ecológico, respeta el medio ambiente
- Adecuado para cubiertas, muros y forjados
- Cantos rectos

		TABLA DE CARACTERÍSTICAS						
Tipo		Protect			Flex 036		Flex 038	
Formatos	(mm)	600x1325	1250x2800	500x1350	575x1220	575x1220 / 600x1220		
Espesores	(mm)	40,50,80,100	40,60,80	20	40,50,60,80,100,120,140,145,160,180,200,220,240			
		COMPOSICIÓN						
Densidad	(kg/m3)	ent. 230(M*) / 265(H*)			ent. 60		ent. 50	
Coductividad térmica λD [W/(m*K)] según NF EN 12667		0,046(M*) / 0,048(H*)			0,036		0,038	
Clase de reacción al fuego		E						
Resistencia térmica RD [(m²*K)/W] según NF EN 12667		1.70(80) / 2.15(100) (M*) 0,40(20)0.80(40) /1.25(60) (H*)			1,10(40) / 1,35(50) / 1,65(60) / 2,2 0(80) / 2,75(100) /3,30(120) / 3,85(140) / 4,00(145) / 4,40(160) / 5,00(180) 5,55(200) /6,10(220) / 6,65(240)		1,05(40)/1,30(50)/1,55(60)/2,10(80)/2,60(100)/ 3,15(120)/3,65(140)/3,80 (145)/4,20(160)/4,70(180)/5,25(200), 5,75(220)/6,30(240)	
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua		5			2			
Calor específico c [J/(kg*K)]					2100			
Resistencia al flujo de aire AFri [(kPa*s)/ m²]		-			≥ 5			
Valor sd [m] + [(esp.)(mm)]		0,10(20) / 0,20(40) / 0,30(60) / 0,40(80) / 0,50(100)			-		0.08(40)/0.10(50)/0.12(60)/0.16(80)/0.20(100)/0.24(120)/0.28(140)/0,29 (145)/0.32(160)/0.38(180)/0.40(200)/0.44(220)/0.46(240)	
Composición		Fibra de madera, sulfato de amonio, parrafina			Fibra de madera, fibra de poliolefina, sulfato de amonio			
		CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS						
		Solicitación perpendicular al plano del tablero						
Resistencia a la compresión (KPa)		100(M*) / 150(H*)			-		-	
Resistencia a la tracción (KPa)		15(M*) / 20(H*)			-		-	
Código reciclaje (AVV)		030105 /170201						
Marcado CE ssegún NF EN 13171		WF EN 13171 – T5 – DS(70/90)3 – CS(10 \ Y)100 – TR15(30) – WS1,0 – MU5			WF - EN 13171 - T3 - TR1 - AF5 - MU2			

M*: densidad media
H*: densidad alta

Annex D: Càlcul de l'estudi tèrmic

ÍNDEX

1.- SISTEMA ENVOLVENT.....	2
1.1.- Terres en contacte amb el terreny.....	2
1.1.1.- Soleres.....	2
1.2.- Façanes.....	2
1.2.1.- Part cega de les façanes.....	2
1.3.- Cobertes.....	3
1.3.1.- Part massissa dels terrats.....	3
2.- MATERIALS.....	3

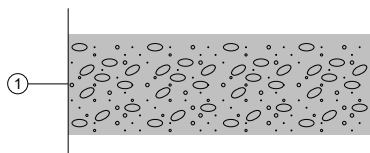


1.- SISTEMA ENVOLVENT

1.1.- Terres en contacte amb el terreny

1.1.1.- Soleres

Solera 20cm

Superfície total 1107.22 m²

Llistat de capes:

1 - Formigó armat

20 cm

Gruix total:

20 cm

Limitació de la demanda energètica $U_s: 0.33 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ (Per una solera amb longitud característica $B' = 16.1 \text{ m}$)Detall de càlcul (U_s)Superfície del forjat, A: 1125.00 m²

Perímetre del forjat, P: 140.00 m

Resistència tèrmica del forjat, $R_f: 0.08 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$

Sense aïllament perimetral

Tipus de terreny: Sorra semidensa

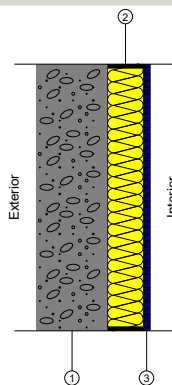
Protecció front al soroll

Massa superficial: 520.00 kg/m²Caracterització acústica, $R_w(C; C_{tr}): 61.6(-1; -7) \text{ dB}$ Nivell global de pressió de soroll d'impactes normalitzat, $L_{n,w}: 68.9 \text{ dB}$

1.2.- Façanes

1.2.1.- Part cega de les façanes

Tancament convencional

Superfície total 1093.54 m²

Llistat de capes:

1 - Mur de formigó

16 cm

2 - Llana de roca (B)

8 cm

3 - Placa de yeso laminado (densidad 900)

1.5 cm

Gruix total:

25.5 cm

Limitació de la demanda energètica $U_m: 0.43 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Protecció front al soroll

Massa superficial: 383.10 kg/m²Massa superficial de l'element base: 368.00 kg/m²

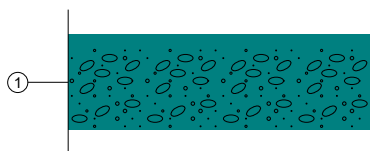
Recolzada en bandes elàstiques (B)



1.3.- Cobertes

1.3.1.- Part massissa dels terrats

Coberta thermochip

Superfície total 1107.22 m²

Llistat de capes:

1 - Coberta Thermochip

18.9 cm

Gruix total:

18.9 cm

Limitació de la demanda energètica U_c refrigeració: 0.20 W/(m²·K) U_c calefacció: 0.20 W/(m²·K)

Protecció front al soroll

Massa superficial: 4.18 kg/m²Caracterització acústica, $R_w(C; C_{tr})$: 16.3(-1; -1) dB

2.- MATERIALS

Capes						
Material	e	ρ	λ	RT	Cp	μ
Coberta Thermochip	18.9	22.1	0.04	4.78	1800	1
Formigó armat	20	2600	2.5	0.08	1000	80
Llana de roca	8	20	0.04	2	1030	1
Mur de formigó	16	2300	2.3	0.0696	1000	80
Placa de yeso laminado (densidad 900)	1.5	900	0.25	0.06	1000	4
Abreviatures utilitzades						
e	Gruix (cm)		RT	Resistència tèrmica (m ² ·K/W)		
ρ	Densitat (kg/m ³)		Cp	Calor específic (J/(kg·K))		
λ	Conductivitat tèrmica (W/(m·K))		μ	Factor de resistència a la difusió del vapor d'aigua ()		

Descripció dels ponts tèrmics lineals

Trobada de façana amb sòl		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	SM1C	138.98	0.13
Trobada de façana amb coberta		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	Trobada de façana amb coberta Aquest tipus de pont tèrmic no està contemplat per la norma. En aquest cas, s'assumeix un valor per defecte per a la transmissió lineal.	138.98	0.44
Trobada entre façanes		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	C3C	31.24	0.02

ÍNDEX

1.- PARÀMETRES GENERALS.....	2
2.- RESULTATS DE CàLCUL DELS RECINTES.....	3
2.1.- Refrigeració.....	3
2.2.- Calefacció.....	4
3.- RESUM DELS RESULTATS DE CàLCUL DELS RECINTES.....	5
4.- RESUM DELS RESULTATS PER A CONJUNTS DE RECINTES.....	5



1.- PARÀMETRES GENERALS

Emplaçament: Girona

Latitud (graus): 41.99 graus

Altitud sobre el nivell del mar: 70 m

Percentil per a estiu: 5.0 %

Temperatura seca estiu: 27.39 °C

Temperatura humida estiu: 22.50 °C

Oscil·lació mitjana diària: 8.4 °C

Oscil·lació mitjana anual: 27.5 °C

Percentil per a hivern: 97.5 %

Temperatura seca a l'hivern: 1.20 °C

Humitat relativa a l'hivern: 90 %

Velocitat del vent: 3.6 m/s

Temperatura del terreny: 6.40 °C

Percentatge de majoració per l'orientació N: 20 %

Percentatge de majoració per l'orientació S: 0 %

Percentatge de majoració per l'orientació E: 10 %

Percentatge de majoració per l'orientació O: 10 %

Suplement d'intermitència per a calefacció: 5 %

Percentatge de càrregues a causa de la pròpia instal·lació: 3 %

Percentatge de majoració de càrregues (Hivern): 0 %

Percentatge de majoració de càrregues (Estiu): 0 %



2.- RESULTATS DE CàLCUL DELS RECINTES

2.1.- Refrigeració

Planta baixa

CÀRREGA MÀXIMA (RECINTE AÏLLAT)										
Recinte		Conjunt de recintes								
Local comercial (Supermercats)		Planta baixa - Local comercial								
Condicions de projecte										
Internes					Externes					
Temperatura interior = 24.0 °C					Temperatura exterior = 26.8 °C					
Humitat relativa interior = 50.0 %					Temperatura humida = 22.5 °C					
Càrregues de refrigeració a les 18h (16 hora solar) del dia 1 de Juliol								C. LATENT (W)	C. SENSIBLE (W)	
Tancaments exteriors										
Tipus	Orientació	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)	Color	Teq. (°C)				
Façana	O	193.3	0.43	383	Clar	24.3				
Façana	S	349.5	0.43	383	Clar	25.3				
Façana	N	349.5	0.43	383	Clar	23.1				
Façana	E	193.3	0.43	383	Clar	25.5				
Cobertes										
Tipus	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)	Color	Teq. (°C)					
Terrat	1107.2	0.20	4	Intermedi	42.6			4119.57		
Total estructural								4336.84		
Ocupants										
Activitat	Nre. persones	C.lat/per (W)	C.sen/per (W)							
De peu o marxa lenta	50	60.48	69.22				3023.80	3461.09		
Il·luminació										
Tipus	Potència (W)	Coef. il·luminació								
Fluorescent amb reactància	5536.08	1.05						5812.88		
Instal·lacions i altres càrregues									5536.08	
Càrregues interiors								3023.80	14810.04	
Càrregues interiors totals								17833.84		
Càrregues degudes a la pròpia instal·lació								3.0 %	574.41	
FACTOR CALOR SENSIBLE : 0.87								Càrregues internes totals	3023.80	19721.29
Potència tèrmica interna total								22745.09		
Ventilació										
Cabal de ventilació total (m³/h)										
2400.5								12062.82	2186.86	
Càrregues de ventilació								12062.82	2186.86	
Potència tèrmica de ventilació total								14249.68		
Potència tèrmica								15086.62	21908.14	
POTÈNCIA TÈRMICA PER SUPERFÍCIE 1107.2 m² 33.4 W/m²								POTÈNCIA TÈRMICA TOTAL : 36994.8 W		



2.2.- Calefacció

Planta baixa

CÀRREGA MÀXIMA (RECINTE AÏLLAT)								
Recinte		Conjunt de recintes						
Local comercial (Supermercats)		Planta baixa - Local comercial						
Condicions de projecte								
Internes		Externes						
Temperatura interior = 21.0 °C		Temperatura exterior = 1.2 °C						
Humitat relativa interior = 50.0 %		Humitat relativa exterior = 90.0 %						
Càrregues tèrmiques de calefacció							C. SENSIBLE (W)	
Tancaments exteriors							1830.65 3009.34 3611.20 1830.65	
Tipus	Orientació	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)	Color			
Façana	O	193.3	0.43	383	Clar			
Façana	S	349.5	0.43	383	Clar			
Façana	N	349.5	0.43	383	Clar			
Façana	E	193.3	0.43	383	Clar			
Cobertes							4455.87	
Tipus	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)	Color				
Terrat	1107.2	0.20	4	Intermedi				
Forjats inferiors							5384.59	
Tipus	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)					
Solera 20cm	1107.2	0.33	520					
Total estructural							20122.30	
Càrregues interiors totals								
Càrregues degudes a la intermitència d'ús						5.0 %	1006.12	
Càrregues internes totals							21128.42	
Ventilació							15501.11	
Cabal de ventilació total (m³/h)								
2400.5								
Potència tèrmica de ventilació total							15501.11	
POTÈNCIA TÈRMICA PER SUPERFÍCIE 1107.2 m²			33.1 W/m²	POTÈNCIA TÈRMICA TOTAL :				36629.5 W



3.- RESUM DELS RESULTATS DE CàLCUL DELS RECINTES

Refrigeració

Conjunt: Planta baixa - Local comercial														
Recinte	Planta	Subtotals			Càrrega interna		Ventilació			Potència tèrmica				
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Cabal (m³/h)	Sensible (W)	Càrrega total (W)	Per superfície (W/m²)	Sensible (W)	Màxima simultània (W)	Màxima (W)	
Local comercial	Planta baixa	4336.84	14810.04	17833.84	19721.29	22745.09	2400.48	2186.86	14249.68	33.41	21908.14	36994.77	36994.77	
Total						2400.5	Càrrega total simultània							36994.8

Calefacció

Conjunt: Planta baixa - Local comercial							
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (W)	Ventilació		Potència		
			Cabal (m³/h)	Càrrega total (W)	Per superfície (W/m²)	Màxima simultània (W)	Màxima (W)
Local comercial	Planta baixa	21128.42	2400.48	15501.11	33.08	36629.52	36629.52
Total			2400.5	Càrrega total simultània		36629.5	

4.- RESUM DELS RESULTATS PER A CONJUNTS DE RECINTES

Refrigeració		
Conjunt	Potència per superfície (W/m²)	Potència total (W)
Planta baixa - Local comercial	33.4	36994.8

Calefacció		
Conjunt	Potència per superfície (W/m²)	Potència total (W)
Planta baixa - Local comercial	33.1	36629.5

1.- SISTEMA ENVOLVENT.....	2
1.1.- Terres en contacte amb el terreny.....	2
1.1.1.- Soleres.....	2
1.2.- Façanes.....	2
1.2.1.- Part cega de les façanes.....	2
1.3.- Cobertes.....	3
1.3.1.- Part massissa dels terrats.....	3
2.- MATERIALS.....	3



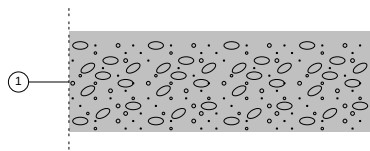
1.- SISTEMA ENVOLVENT

1.1.- Terres en contacte amb el terreny

1.1.1.- Soleres

Solera 20cm

Superfície total 1109.65 m²



Llistat de capes:

1 - Formigó armat	20 cm
Gruix total:	20 cm

Limitació de la demanda energètica

U_s : 0.33 W/(m²·K)

(Per una solera amb longitud característica B' = 16.1 m)

Detall de càlcul (U_s)

Superfície del forjat, A: 1125.00 m²

Perímetre del forjat, P: 140.00 m

Resistència tèrmica del forjat, Rf: 0.08 m²·K/W

Sense aïllament perimetral

Tipus de terreny: Sorra semidensa

Protecció front al soroll

Massa superficial: 520.00 kg/m²

Caracterització acústica, $R_w(C; C_{tr})$: 61.6(-1; -7) dB

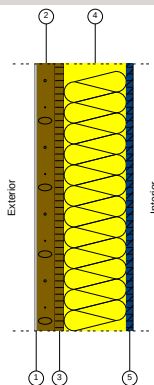
Nivell global de pressió de soroll d'impactes normalitzat, $L_{n,w}$: 68.9 dB

1.2.- Façanes

1.2.1.- Part cega de les façanes

Fusta

Superfície total 1093.54 m²



Llistat de capes:

1 - Morter de silicat	0.5 cm
2 - Fibra de fusta l'alta densitat STEICO PROTECT	4 cm
3 - Taulell d'OSB	2 cm
4 - Fibra de fusta STEICO FLEX 036	14 cm
5 - Pladur	1.5 cm
Gruix total:	22 cm

Limitació de la demanda energètica

U_m : 0.20 W/(m²·K)

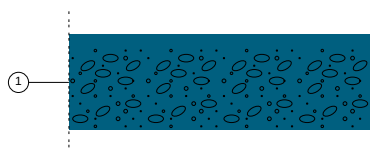
Protecció front al soroll

Massa superficial: 45.82 kg/m²



1.3.- Cobertes

1.3.1.- Part massissa dels terrats

Coberta thermochip**Superfície total 1109.65 m²**

Llistat de capes:

1 - Coberta Thermochip

18.9 cm

Gruix total:

18.9 cm

Limitació de la demanda energètica U_e refrigeració: 0.20 W/(m²·K) U_e calefacció: 0.20 W/(m²·K)

Protecció front al soroll

Massa superficial: 4.18 kg/m²Caracterització acústica, $R_w(C; C_{tr})$: 16.3(-1; -1) dB

2.- MATERIALS

Capes						
Material	e	ρ	λ	RT	Cp	μ
Coberta Thermochip	18.9	22.1	0.04	4.78	1800	1
Fibra de fusta l'alta densitat STEICO PROTECT	4	10.6	0.048	0.8333	2100	5
Fibra de fusta STEICO FLEX 036	14	60	0.036	3.8889	2100	2
Formigó armat	20	2600	2.5	0.08	1000	80
Morter de silicat	0.5	2100	0.83	0.006	1600	50
Pladur	1.5	900	0.25	0.06	1000	4
Taulell d'OSB	2	650	0.13	0.1538	1700	30
Abreviatures utilitzades						
e	Gruix (cm)		RT	Resistència tèrmica (m ² ·K/W)		
ρ	Densitat (kg/m ³)		Cp	Calor específic (J/(kg·K))		
λ	Conductivitat tèrmica (W/(m·K))		μ	Factor de resistència a la difusió del vapor d'aigua ()		

Descripció dels ponts tèrmics lineals

Troçada de façana amb sòl		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
 SM1C		139.12	0.13
Troçada de façana amb coberta		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
 Troçada de façana amb coberta Aquest tipus de pont tèrmic no està contemplat per la norma. En aquest cas, s'assumeix un valor per defecte per a la transmissió lineal.		139.12	0.44
Troçada entre façanes		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
 C3C		31.24	0.02

ÍNDEX

1.- PARÀMETRES GENERALS.....	2
2.- RESULTATS DE CàLCUL DELS RECINTES.....	3
2.1.- Refrigeració.....	3
2.2.- Calefacció.....	4
3.- RESUM DELS RESULTATS DE CàLCUL DELS RECINTES.....	5
4.- RESUM DELS RESULTATS PER A CONJUNTS DE RECINTES.....	5



1.- PARÀMETRES GENERALS

Emplaçament: Girona

Latitud (graus): 41.99 graus

Altitud sobre el nivell del mar: 70 m

Percentil per a estiu: 5.0 %

Temperatura seca estiu: 27.39 °C

Temperatura humida estiu: 22.50 °C

Oscil·lació mitjana diària: 8.4 °C

Oscil·lació mitjana anual: 27.5 °C

Percentil per a hivern: 97.5 %

Temperatura seca a l'hivern: 1.20 °C

Humitat relativa a l'hivern: 90 %

Velocitat del vent: 3.6 m/s

Temperatura del terreny: 6.40 °C

Percentatge de majoració per l'orientació N: 20 %

Percentatge de majoració per l'orientació S: 0 %

Percentatge de majoració per l'orientació E: 10 %

Percentatge de majoració per l'orientació O: 10 %

Suplement d'intermitència per a calefacció: 5 %

Percentatge de càrregues a causa de la pròpia instal·lació: 3 %

Percentatge de majoració de càrregues (Hivern): 0 %

Percentatge de majoració de càrregues (Estiu): 0 %



2.- RESULTATS DE CàLCUL DELS RECINTES

2.1.- Refrigeració

Planta baixa

CÀRREGA MÀXIMA (RECINTE AÏLLAT)									
Recinte		Conjunt de recintes							
Local comercial (Supermercats)		Planta baixa - Local comercial							
Condicions de projecte									
Internes					Externes				
Temperatura interior = 24.0 °C					Temperatura exterior = 26.8 °C				
Humitat relativa interior = 50.0 %					Temperatura humida = 22.5 °C				
Càrregues de refrigeració a les 18h (16 hora solar) del dia 1 de Juliol							C. LATENT (W)	C. SENSIBLE (W)	
Tancaments exteriors									
Tipus	Orientació	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)	Color	Teq. (°C)			
Façana	O	193.6	0.20	46	Clar	22.4			
Façana	S	349.8	0.20	46	Clar	23.4			
Façana	N	349.8	0.20	46	Clar	22.1			
Façana	E	193.6	0.20	46	Clar	25.1			
Cobertes									
Tipus	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)	Color	Teq. (°C)				
Terrat	1109.6	0.20	4	Intermedi	42.6				4128.63
Total estructural									3940.32
Ocupants									
Activitat		Nre. persones	C.lat/per (W)	C.sen/per (W)					
De peu o marxa lenta		50	60.48	69.22			3023.80		3461.09
Il·luminació									
Tipus		Potència (W)	Coef. il·luminació						
Fluorescent amb reactància		5548.24	1.05						5825.65
Instal·lacions i altres càrregues									5548.24
Càrregues interiors							3023.80		14834.98
Càrregues interiors totals									17858.78
Càrregues degudes a la pròpia instal·lació							3.0 %		563.26
FACTOR CALOR SENSIBLE : 0.86							Càrregues internes totals	3023.80	19338.56
Potència tèrmica interna total									22362.36
Ventilació									
Cabal de ventilació total (m³/h)									
2400.5							12062.82		2186.86
Càrregues de ventilació							12062.82		2186.86
Potència tèrmica de ventilació total									14249.68
Potència tèrmica							15086.62		21525.42
POTÈNCIA TÈRMICA PER SUPERFÍCIE 1109.6 m²							33.0 W/m²	POTÈNCIA TÈRMICA TOTAL : 36612.0 W	



2.2.- Calefacció

Planta baixa

CÀRREGA MÀXIMA (RECINTE AÏLLAT)						
Recinte		Conjunt de recintes				
Local comercial (Supermercats)		Planta baixa - Local comercial				
Condicions de projecte						
Internes		Externes				
Temperatura interior = 21.0 °C		Temperatura exterior = 1.2 °C				
Humitat relativa interior = 50.0 %		Humitat relativa exterior = 90.0 %				
Càrregues tèrmiques de calefacció						C. SENSIBLE (W)
Tancaments exteriors						824.65 1354.74 1625.69 824.65
Tipus	Orientació	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)	Color	
Façana	O	193.6	0.20	46	Clar	
Façana	S	349.8	0.20	46	Clar	
Façana	N	349.8	0.20	46	Clar	
Façana	E	193.6	0.20	46	Clar	
Cobertes						4465.66
Tipus	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)	Color		
Terrat	1109.6	0.20	4	Intermedi		
Forjats inferiors						5396.42
Tipus	Superfície (m²)	U (W/(m²·K))	Pes (kg/m²)			
Solera 20cm	1109.6	0.33	520			
Total estructural						14491.81
Càrregues interiors totals						
Càrregues degudes a la intermitència d'ús						5.0 % 724.59
Càrregues internes totals						15216.40
Ventilació						15501.11
Cabal de ventilació total (m³/h)						
2400.5						
Potència tèrmica de ventilació total						15501.11
POTÈNCIA TÈRMICA PER SUPERFÍCIE 1109.6 m²		27.7 W/m²	POTÈNCIA TÈRMICA TOTAL : 30717.5 W			



3.- RESUM DELS RESULTATS DE CàLCUL DELS RECINTES

Refrigeració

Conjunt: Planta baixa - Local comercial													
Recinte	Planta	Subtotals			Càrrega interna		Ventilació			Potència tèrmica			
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Cabal (m³/h)	Sensible (W)	Càrrega total (W)	Per superfície (W/m²)	Sensible (W)	Màxima simultània (W)	Màxima (W)
Local comercial	Planta baixa	3940.32	14834.98	17858.78	19338.56	22362.36	2400.48	2186.86	14249.68	32.99	21525.42	36612.04	36612.04
Total						2400.5	Càrrega total simultània			36612.0			

Calefacció

Conjunt: Planta baixa - Local comercial							
Recinte	Planta	Càrrega interna sensible (W)	Ventilació		Potència		
			Cabal (m³/h)	Càrrega total (W)	Per superfície (W/m²)	Màxima simultània (W)	Màxima (W)
Local comercial	Planta baixa	15216.40	2400.48	15501.11	27.68	30717.51	30717.51
Total			2400.5	Càrrega total simultània	30717.5		

4.- RESUM DELS RESULTATS PER A CONJUNTS DE RECINTES

Refrigeració		
Conjunt	Potència per superfície (W/m²)	Potència total (W)
Planta baixa - Local comercial	33.0	36612.0

Calefacció		
Conjunt	Potència per superfície (W/m²)	Potència total (W)
Planta baixa - Local comercial	27.7	30717.5

Annex F: Comprovació del nucli de fonamentació

Per tal d'assegurar que s'està fent un correcte anàlisi de les sabates de fonamentació, es crucial saber si les càrregues que baixen a la sabata cauen dins o fora del nucli d'aquesta per assegurar l'estabilitat de la fonamentació i l'estructura que suporta.

En el cas que es trobin dins del nucli central de la inèrcia de la secció, la sabata treballarà únicament a compressió i per tant, la sabata estaria treballant en la seva condició favorable. Per altra banda, si es trobés fora del nucli central, alguna de les tensions extremes es faria negatiu i produirien traccions entre la sabata i el terreny, la qual cosa implicaria la separació entre els dos elements.

Per tal d'assegurar que la força resultant es troba dins del nucli central s'ha de comprovar que,

$$\frac{6 \cdot e_x}{a} + \frac{6 \cdot e_y}{b} \leq 1 \quad (\text{F.1})$$

on,

$$e_x = \frac{M_x}{N} \quad (\text{F.2})$$

$$e_y = \frac{M_y}{N} \quad (\text{F.3})$$

Els valors de a i b fan referència a les dimensions de la sabata, en verd es representa el nucli central d'inèrcies.

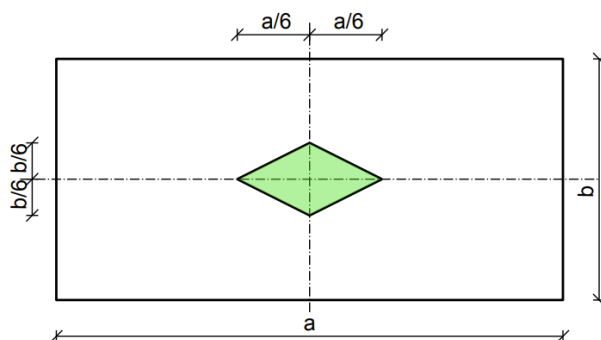


Figura F.1: Representació del nucli central d'inèrcies, amb la seva descripció geomètrica.

Per tal d'estudiar el comportament de la nostra fonamentació i com és la baixada de càrregues, s'agafa informació d'un dels pilars centrals més desfavorable. Per fer un estudi complet, s'han agafat els 3 estats de càrrega més desfavorables pel pilar de totes les combinacions generades: el cas en el qual l'axial R_z pren el seu valor màxim, el cas en el qual el moment en l'eix x M_x pren el seu valor màxim i finalment, l'estat en el qual es dona el valor màxim de M_z . Com que aquestes situacions es donen en combinacions diferents, s'han estudiat els 3 estats.

A continuació, es mostra el càlcul realitzat per cada un dels 3 casos. Tenint en compte que la sabata té unes dimensions de 2.60x2.60x0.60 m, es comprova, a partir de l'equació F.1, si les forces que rep la fonamentació es troben dins del nucli central.

Com es pot observar a les figures F.2, F.3 i F.4, en els 3 casos la baixada de càrregues es troba al nucli central d'inèrcies. Per tant, podem calcular,

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \frac{N}{a \cdot b} + \frac{6 \cdot M_x}{a^2 \cdot b} + \frac{6 \cdot M_y}{a \cdot b^2} \leq 1.25 \sigma_{adm} \quad (F.4)$$

Resolent l'equació F.4, obtenim un valor de 0.02 en el primer cas, de 0.05 en el segon cas i de 0.02 a l'últim, tots tres, valors clarament inferiors a $1.25 \cdot \sigma_{adm}$, per tant, a nivell de tensions, la sabata compleix amb la baixada de càrregues.

CAS Rz max		
Combinació amb Rzmax		
Descripció	Valor	Unitats
Rz	116,00	kN
Mx	15,58	kNm
My	6,98	kNm
Amplada sabata	2,60	m
Llargada sabata	2,60	m
Alçada sabata	0,60	m
Comprovació nucli		
1,34	>	1
DINS EL NUCLI		
Comprovació Sigma		
Sigma max [N/mm2]	1,25*Sigma adm [N/mm2]	
0,02	<	0,25
COMPLEIX		

Figura F.2: Comprovació del nucli en la combinació que provoca una R_z màxima

CAS Mx max		
Combinació amb Mxmax		
Descripció	Valor	Unitats
Rz	84,16	kN
Mx	102,45	kNm
My	0,84	kNm
Amplada sabata	2,60	m
Llargada sabata	2,60	m
Alçada sabata	0,60	m
Comprovació nucli		
2,83	>	1
DINS EL NUCLI		
Comprovació Sigma		
Sigma max [N/mm2]	1,25*Sigma adm [N/mm2]	
0,05	<	0,25
COMPLEIX		

Figura F.3: Comprovació del nucli en la combinació que provoca un M_x màxim

CAS My max		
Combinació amb Mymax		
Descripció	Valor	Unitats
Rz	66,76	kN
Mx	9,92	kNm
My	7,23	kNm
Amplada sabata	2,60	m
Llargada sabata	2,60	m
Alçada sabata	0,60	m
Comprovació nucli		
2,02	>	1
DINS EL NUCLI		
Sigma max [N/mm2] 1,25*Sigma adm [N/mm2]		
0,02	<	0,25
COMPLEIX		

Figura F.4: Comprovació del nucli en la combinació que provoca un M_y màxim

Annex E: Càlcul d'unions

En aquest annex es justifiquen les unions principals de l'estructura: la unió entre la jàssera i el pilar, amb un valor de tallant negatiu de 119 kN i la unió entre les jàsseres principals, amb un valor de tallant positiu de 9 kN . Aquests valors han estat trets del càlcul de la jàssera a partir del programari CYPE.

La primera, la unió entre el pilar i la jàssera, es resol mitjançant un primer encaix entre els dos elements i, posteriorment, la unió a partir de 4 pernys de diàmetre 16 mm , cargolats a la part vista del pilar. A continuació es mostra de manera gràfica, la solució proposada.



Figura E.1: Vista lateral i frontal de la solució proposada per a la unió jàssera-pilar

Per tal de comprovar la resistència dels cargols a la tallant sol·licitada, calculem la resistència $F_{v,rd}$ d'un cargol, que s'expressa com:

$$F_{v,rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A \cdot n}{\gamma_{Mb}} \quad (\text{F.5})$$

on,

- A: àrea resistent a tracció del cargol. En aquest cas, com que es tracta d'un cargol no roscat a la secció de pas, aquest valor correspondrà a 201 mm^2
- f_{ub} : resistència a tracció del cargol, com que s'ha escollit de classe 8.8, aquest valor correspon a 800 N/mm^2
- n: nombre de plans de tall
- γ : coeficient parcial de seguretat, 1.25

Per tant, l'equació es resol de la següent manera:

$$F_{v,rd} = \frac{0.6 \cdot 800 \cdot 10^{-3} \cdot 201 \cdot 2}{1.25} = 154.4 \text{ kN} \quad (\text{F.6})$$

Així doncs, podríem concloure que cargol té una resistència $F_{v,rd}$ de 154.4 kN , per tant, els 4 cargols proposats complirien amb l'esforç tallant sol·licitat.

La segona es resol a partir d'una platina d'acer S275 de 8 mm amb les dimensions representades a continuació, col·locada al centre del perfil de fusta laminada. Aquest perfil uneix les dues jàsseres principals, i, posteriorment, es col·loquen 6 pernys transversals a la unió, cargolats a la part vista de la jàssera. A continuació es mostra de manera esquemàtica, la solució proposada per aquesta unió.

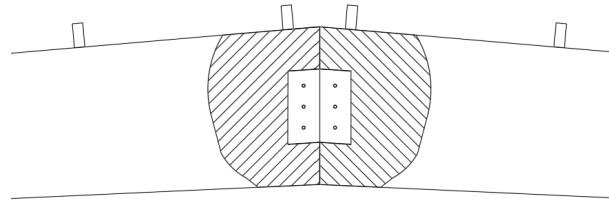


Figura E.2: Representació gràfica de la solució proposada per a la unió jàssera-jàssera

A partir dels càlculs anteriors, sabent que aquesta unió només suporta un tallant de 9 kN , els 6 cargols de la solució proposada seran suficients per suportar el tallant. En aquest cas, però, hem de comprovar l'aixafament de la placa. Per fer-ho, calculem $F_{t,rd}$ a partir de la següent expressió:

$$F_{t,rd} = \frac{2.5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad (\text{F.7})$$

on,

- α :

$$\min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1.0 \right)$$

on, e_1 i p_1 es descriuen a la figura E.3, sent la distància màxima en la direcció de la força entre cargols i entre cargol i final de placa.

- f_u : resistència última de la placa d'acer S275, en aquest cas 410 N/mm^2
- d : diàmetre dels cargols
- γ : coeficient parcial de seguretat, 1.25
- t : gruix de la placa

Per tal de definir les distàncies entre cargols, s'han seguit els criteris establerts pel CTE-DB-SE-A. En la solució d'aquesta unió es defineixen les següents distàncies:

- $e_1 = 150 \text{ mm}$
- $e_2 = 150 \text{ mm}$
- $p_1 = 200 \text{ mm}$
- $p_2 = 200 \text{ mm}$

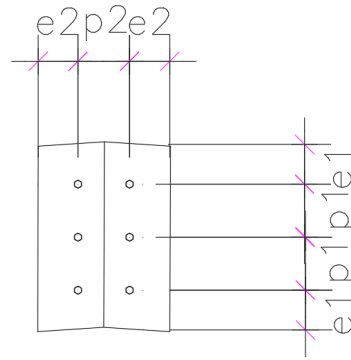


Figura E.3: Distàncies entre cargols i final de placa

Així doncs, es calcula la resistència a l'aixafament de la placa a partir de la fórmula descrita anteriorment,

$$F_{t,rd} = \frac{2.5 \cdot 1 \cdot 410 \cdot 16 \cdot 8}{1.25} = 104,9 kN \quad (F.8)$$

Finalment, amb aquesta comprovació afirmem que la placa és suficient per suportar el tallant principal en aquest punt de l'estructura.