

MEMORIA ESTRUCTURAL

01. Introducción

02. Descripción del sistema estructural de la solución adoptada

- 2.1. Consideraciones previas
- 2.2. Soluciones adoptadas
- 2.3. Características de los materiales
 - 2.3.1. Madera contralaminada
 - 2.3.2. Madera aserrada

03. Bases de cálculo

- 3.1. Normativa considerada
- 3.2. Acciones en la edificación
 - 3.2.1. Acciones permanentes
 - 3.2.2. Acciones variables
- 3.3. Hipótesis de carga según CTE-DB-SE
- 3.4. Hipótesis de carga según CTE-DB-SI

04. Cálculo y comprobaciones de la zona de comedor

- 4.1. Modelizado y predimensionado
- 4.2. Comprobación de las plataformas
- 4.3. Comprobación de los pilares
 - a. Resistencia
 - b. Estabilidad
 - c. Fuego
- 4.4. Esquema de la tipología A

05. Cálculo y comprobaciones de una célula de dormir

- 5.1. Modelizado y predimensionado
- 5.2. Comprobación de las plataformas
- 5.3. Comprobación de los pilares
 - a. Resistencia
 - b. Estabilidad
 - c. Fuego
- 5.4. Esquema de la tipología B

06. Cálculo y comprobaciones de una plataforma de taller en voladizo

- 6.1. Modelizado y predimensionado
- 6.2. Comprobación de la plataforma
- 6.3. Comprobación de los pilares
 - a. Resistencia
 - b. Estabilidad
 - c. Fuego
- 6.4. Esquema de la tipología C

07. Documentación gráfica de la estructura de madera

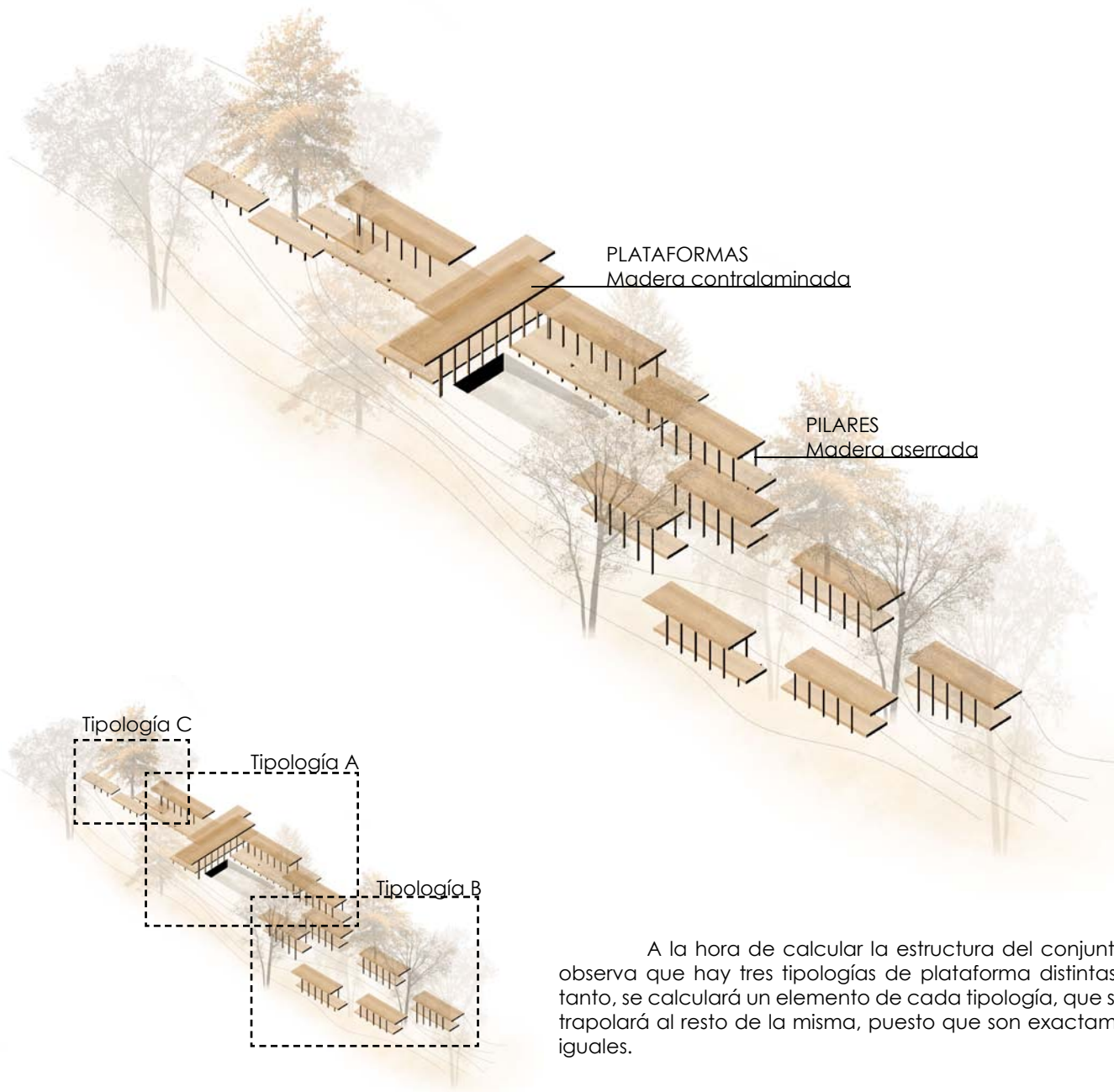
- 7.1. Plano estructural de cimentación
 - a. Paso de instalaciones
- 7.2. Plano estructural de planta baja
- 7.3. Plano estructural de cubiertas

01. INTRODUCCIÓN

En la presente memoria estructural, se establecen las condiciones generales de diseño y cálculo del sistema estructural adoptado en el proyecto, así como las características y especificaciones de los materiales empleados para su construcción.

El proyecto, unitario en cuanto a materialidad puesto que la madera es el único material que se utiliza en el mismo, se subdivide en dos tipos de madera distinto. La primera de ellas es la madera contralaminada utilizada en las plataformas (idea de proyecto), es decir en los forjados de suelo y techo. Por otro lado, se emplea madera aserrada para los pilares que transmiten las cargas de plataforma a plataforma, y de plataforma a terreno.

De esta manera, se consigue mantener la idea de proyecto, potenciando el concepto de plataforma y consiguiendo una lectura unitaria del proyecto en cuanto a estructura y construcción.



02. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

2.1. Consideraciones previas

Para la elección del material estructural del proyecto, al igual que para el resto de elementos del mismo, se ha elegido la madera por ser un material abundante en la zona de intervención, en concreto se opta por madera de pino debido a la cantidad de esta especie en el área mediterránea.

Además, este material se funde perfectamente con el entorno, respetándolo y causando el menor impacto visual en medio de un ambiente natural. Por último, la función de albergue juvenil y la rapidez de montaje de este sistema estructural también han sido otros factores influyentes a la hora de la elección del mismo.

2.2. Soluciones adoptadas

Como se ha comentado en la introducción, el sistema estructural es muy sencillo, optando únicamente por dos elementos estructurales: las plataformas de madera contralaminada y los pilares de madera aserrada.

La **plataforma** es el elemento generador de todo el proyecto, la idea de proyecto, por ello se opta por una madera maciza y de gran formato: la **madera contralaminada**. Esta, está formada por capas de madera de píceas encoladas y dispuestas de forma cruzada para formar elementos de madera maciza de gran tamaño. Debido a la orientación en cruz de las capas longitudinales y transversales, los fenómenos de dilatación y contracción de la madera en el nivel de las placas quedan reducidos a un mínimo irrelevante, mientras que la capacidad de carga estática y la estabilidad de forma mejoran considerablemente.

Se elige la casa comercial KHL, y una sección de 162 mm (normalizada) para el predimensionado. La resistencia característica de la madera contralaminada es de 24 N/mm² (C24).

Para los **pilares**, se opta por **madera aserrada de conífera** (pino silvestre, una de las especies más abundantes en España) debido a la cantidad de estos árboles en la zona. Para los pilares, se intenta que tengan la mínima sección, para que pasen a un segundo plano y se potencie la idea de plataforma.

La sección de los pilares para el predimensionado será de 100x 200 mm y la resistencia característica de estos es de 40 N/mm² (C40).

2.3. Características de los materiales

2.3.1. Madera contralaminada

- Estructura de placas: 3, 5, 7 o más capas según los requisitos estáticos.
- Planchas: Grosor entre 10 y 45 mm, secadas técnicamente, seleccionadas según calidad y unidas por entalladura múltiple.
- Categoría de resistencia: C 24 conforme a EN 338; se permite C 16 en un porcentaje máximo de 10% (véase ETA-06/0138).
- Encolado: Pegamento PUR sin formaldehídos, conforme a EN 15425, apto para elementos constructivos sustentadores y no sustentadores interiores y exteriores.
- Presión de prensado: 0,6 N/mm² como mínimo.
- Humedad de la madera: 12% (+/- 2%) a la entrega.
- Dimensiones máximas: Largo de 16,50 m / ancho de 2,95 m / grosor de hasta 0,50 m.
- Anchos facturables (estándar): 2,40 / 2,50 / 2,73 / 2,95 m.
- Conductividad térmica: $\lambda = 0,13 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ conforme a EN ISO 10456.
- Capacidad térmica: $c_p = 1600 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ conforme a EN ISO 10456.
- Resistencia a la difusión: $\mu = 25$ hasta 50 conforme a EN ISO 10456.
- Estanqueidad al aire: Los tableros de madera maciza de KHL pueden utilizarse generalmente como capas herméticas al aire. Las conexiones entre componentes, juntas, penetraciones etc. deberán sellarse como corresponda.
- Comportamiento al fuego: Euroclase D-s2, d0.
- Velocidad de combustión: Conforme a ETA - 06/0138.

(*) Datos obtenidos de la Ficha Técnica de la marca comercial de madera contralaminada KHL.

-Valores de las propiedades asociadas a la madera contralaminada(se señala la calidad elegida para la madera del proyecto: GL24h)

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

Propiedades		Clase Resistente			
		GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Resistencia (característica), en N/mm²					
- Flexión	f _{m,g,k}	24	28	32	36
- Tracción paralela	f _{t,0,g,k}	16,5	19,5	22,5	26
- Tracción perpendicular	f _{t,90,g,k}	0,4	0,45	0,5	0,6
- Compresión paralela	f _{c,0,g,k}	24	26,5	29	31
- Compresión perpendicular	f _{c,90,g,k}	2,7	3,0	3,3	3,6
- Cortante	f _{v,g,k}	2,7	3,2	3,8	4,3
Rigidez, en kN/mm²					
- Módulo de elasticidad paralelo medio	E _{0,g,medio}	11,6	12,6	13,7	14,7
- Módulo de elasticidad paralelo 5 ^o -percentil	E _{0,g,k}	9,4	10,2	11,1	11,9
- Módulo de elasticidad perpendicular medio	E _{90,g,medio}	0,39	0,42	0,46	0,49
- Módulo transversal medio	G _{g,medio}	0,72	0,78	0,85	0,91
Densidad, en kg/m³					
Densidad característica	ρ _{g,k}	380	410	430	450

2.3.2. Madera aserrada

-Asignación de la clase resistente a partir de la Calidad de la especie arbórea:

C.2 Asignación de clase resistente a partir de la Calidad de la especie arbórea.

- 1
- En la tabla C.1 se establece para la madera aserrada, con carácter informativo y no exhaustivo, la asignación de clase resistente, en función de la calidad según la norma de clasificación la especie arbórea y la procedencia consideradas (véase apartado C.3)

Tabla C.1. Asignación de clase resistente para diferentes especies arbóreas y procedencias según normas de clasificación.

Norma	Especie (Procedencia)	Clase resistente									
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	D35	D40
UNE 56.544	Pino silvestre (España)	-	-	ME-2	MEG	-	ME-1	-	-	-	-
	Pino pinaster (España)	-	-	ME-2	-	ME-1	-	-	-	-	-
	Pino insignis (España)	-	-	ME-2	-	ME-1	-	-	-	-	-
	Pino laricio (España)	-	-	ME-2	MEG	-	-	ME-1	-	-	-
NF B 52.001-4	Abeto (Francia)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	ST-I	-	-	-
	Falso abeto (Francia)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	ST-I	-	-	-
	Pino oregón (Francia)	-	-	-	ST-III	ST-II	-	-	-	-	-
	Pino pinaster (Francia)	-	-	ST-III	-	ST-II	-	-	-	-	-
DIN 4074	Abeto (Europa: Central, N y E)	-	S7	-	-	S10	-	S13	-	-	-
	Falso abeto (Europa: Central, N y E)	-	S7	-	-	S10	-	S13	-	-	-
	Pino silvestre (Europa: Central, N y E)	-	S7	-	-	S10	-	S13	-	-	-
INSTA 142	Abeto (Europa: N y NE)	T0	-	T1	-	T2	-	T3	-	-	-
	Falso abeto (Europa: N y NE)	T0	-	T1	-	T2	-	T3	-	-	-
	Pino silvestre (Europa: N y NE)	T0	-	T1	-	T2	-	T3	-	-	-
BS 4978	Abeto (Reino Unido)	-	GS	-	-	SS	-	-	-	-	-
	Pino silvestre (Reino Unido).	-	GS	-	-	SS	-	-	-	-	-
BS 5756	Iroko (Africa)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	HS
	Jarrah (Australia)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	HS
	Teca (Africa y Asia SE)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	HS

Nota: La norma UNE EN 14081-4 establece para las distintas especies maderables europeas, las cuales son las asignaciones de clases resistentes aplicables a las maderas clasificadas mecánicamente mediante el uso de máquinas tipo Cook-Bolinder y Computermatic.

-Relación entre las especies arbóreas

C.4 Relación de especies arbóreas

- 1
- En la tabla C.3 se incluye la relación de las especies arbóreas, citadas en la Tabla C.1, indicando el nombre botánico, y su procedencia.
- 2
- Otras denominaciones posibles de la especie arbórea, locales o comerciales, se identificarán por su nombre botánico.

Tabla C.3. Especies arbóreas, citadas en la Tabla C.1.

Especie arbórea	Nombre botánico	Procedencia
Abeto	<i>Abies alba</i> . Mill.	Austria
		Europa:C,N,E y NE
		Francia
		Holanda
Chopo	<i>Populus</i> sp.	Reino Unido
		España
		Francia
		Europa:C,N,E y NE
Falso abeto	<i>Picea abies</i> Karst.	Francia
Iroko	<i>Milicia excelsa y regia</i>	Europa:C,N,E y NE
Jarrah	<i>Eucalyptus marginata</i> sm.	Africa
Pino insignis	<i>Pinus radiata</i> D. Don.	Australia
Pino laricio	<i>Pinus nigra</i> Arnold.	España
Pino Oregón	<i>Pseudotsuga menziessii</i> Fr.	Canadá
		EE.UU
		Francia
		España
Pino pinaster	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Francia
		España
Pino silvestre	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Austria
		España
		Europa:C,N,E y NE
		Holanda
Teca	<i>Tectona grandis</i> L.	Reino Unido
		Africa
		Asia SE

-Valores de las propiedades asociadas a la madera aserrada (se señala la calidad elegida para la madera del proyecto: C40)

E.1 Madera aserrada

E.1.1 Valores de las propiedades asociadas a cada clase resistente de la madera aserrada

- 1
- En la tabla E.1 se indican los valores de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad asociadas a cada clase resistente para las especies de coníferas y chopo y en la tabla E.2 para las especies frondosas.

Tabla E.1 Madera aserrada. Especies de coníferas y chopo. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente

Propiedades		Clase resistente											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistencia (característica) en N/mm ²													
- Flexión	f _{m,k}	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
- Tracción paralela	f _{t,0,k}	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
- Tracción perpendicular.	f _{t,90,k}	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
- Compresión paralela	f _{c,0,k}	16	17	18	19	20	22	22	23	25	26	27	29
-Compresión perpendicular	f _{c,90,k}	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
- Cortante	f _{v,k}	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Rigidez, en kN/mm ²													
- Módulo de elasticidad paralelo medio	E _{0,medio}	7	8	9	9,5	10	11	11.5	12	13	14	15	16
- Módulo de elasticidad paralelo 5 ^o -percentil	E _{0,k}	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
- Módulo de elasticidad perpendicular medio	E _{90,medio}	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
- Módulo transversal medio	G _{medio}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad, en kg/m ³													
- Densidad característica	ρ _k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
- Densidad media	ρ _{medio}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

03. BASES DE CÁLCULO

3.1. Normativa considerada

Se han tenido en cuenta los siguientes documentos del Código Técnico de la Edificación (CTE):

- DB SE: Seguridad Estructural
- DB SE AE: Acciones en la Edificación
- DB SE M: Madera
- DB SI: Seguridad en caso de incendio

MODELOS ESTRUCTURALES DE CÁLCULO:

Según el CTE DB-SE 3.3.1.1, “el análisis estructural se realiza mediante modelos en los que intervienen las denominadas variables básicas, que representan cantidades físicas que caracterizan las acciones, influencias ambientales, propiedades de materiales y del terreno, datos geométricos, etc...”.

Para el establecimiento de los modelos de cálculo se siguen las hipótesis clásicas de resistencia de materiales. El análisis estructural se basa en modelos adecuados del edificio que proporcionan una previsión suficientemente precisa de dicho comportamiento, permitiendo tener en cuenta todas las variables significativas y reflejando adecuadamente los estados límite a considerar. En este caso los modelos estructurales se han realizado por ordenador con los programas Autocad y Architrave.

ACCIONES: Las acciones, en general, se modelizan por medio de fuerzas estáticas correspondientes a cargas y momentos puntuales, cargas y momentos uniformemente repartidos y cargas y momentos variablemente repartidos. Los valores de las acciones se adoptan según los criterios del CTE DB-SE-AE. Las acciones dinámicas producidas por el viento se han obtenido por métodos simplificados, dada la escasa importancia en este emplazamiento.

GEOMETRÍA: La geometría se representa con una malla global que conforman las plataformas a distintos niveles y barras verticales que corresponden con los pilares de la estructura.

MATERIALES: Las propiedades de la resistencia de los materiales se representan por sus valores característicos, en este caso designados por el Código Técnico para la madera contralaminada de calidad C24, con una resistencia característica de 24 Mpa, y para la madera aserrada de calidad C40, con una resistencia característica de 40 MPa.

MÉTODO CÁLCULO: A los efectos de la obtención de solicitaciones y desplazamientos, para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático y se supone un comportamiento lineal de los materiales.

VERIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD:

La verificación de la seguridad, es decir, el procedimiento de dimensionado o comprobación se base en los métodos de verificación basados en coeficientes parciales, y en concreto en el método de los estados límite. Según el CTE DB-SE 3.2 “ se denominan estados límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido”. Se distinguen a su vez dos grupos:

-ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS: que son lo que de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo. Como ELU deben considerarse los debidos a:

- Pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido.
- Fallo por deformación excesiva, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos los apoyos y la cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo (corrosión, fatiga...)

-ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO: que son los que de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción. Como ELS deben considerarse los relativos a:

- Deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones.
- Las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra.
- Los daños o el deterioro que puedan afectar desfavorablemente a la apariencia, durabilidad o funcionalidad de la obra.

3.2. Acciones en la edificación

El CTE en su Documento Básico de Acciones en la Edificación distingue los siguientes tipos de acciones:

- ACCIONES PERMANENTES: Dentro de estas acciones se encuentran los pesos propios de los elementos, el pretensado y las acciones del terreno.
- ACCIONES VARIABLES: Dentro de estas acciones se encuentran la sobrecarga de uso, la acción del viento, la acción de la nieve, acciones sobre barandillas y elementos constructivos divisorios y acciones térmicas.

3.2.1. Acciones permanentes

- Madera contralaminada KHL (espesor 162 mm): 5,5 KN/m³ x 0,162 m= 0,891 KN/m²
- Aislante térmico lana de roca (100 mm): 0,02 KN/m² (cada 10 mm de espesor) x 10= 0,2 KN/m²
- Acabado exterior de tableros de madera (30 mm): 0,18 KN/m²

Suma total de los pesos propios que soportará la estructura: **1,27 KN/m²** (cubierta con aislamiento).
Suma total de los pesos propios que soportará la estructura: **1,07 KN/m²** (cubierta sin aislamiento).

Pesos propios **mayorados**:
Cubierta con aislamiento: 1,27 KN/m²x 1,35= **1,71 KN/m²**
Cubierta sin aislamiento: 1,07 KN/m²x 1,35= **1,45 KN/m²**

3.2.2. Acciones variables

Sobre la estructura de madera tendremos en cuenta las siguientes acciones: sobrecarga de uso y acción de la nieve. La acción del viento no se considera, debido a las grandes piezas horizontales de madera contralaminada y la escasa altura del proyecto. La acción sísmica en este emplazamiento también se considera despreciable.

Todas las cubiertas del proyecto son transitables y se realizan actividades de comer, descanso o talleres, por tanto optamos por la categoría de uso C1.

Sobrecarga de uso sobre la cubierta: **2 KN/m²** (CÉLULA DORMIR) y **3 KN/m²** (COCINA-COMEDOR Y TALLER)
Sobrecarga de uso mayorada sobre la cubierta: 2 KN/m²x1,50= **3 KN/m²** (CÉLULA DORMIR)y 3 KN/m²x 1,50= **4,5 KN/m²** (COCINA-COMEDOR Y TALLER)

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 20º	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, qn, puede tomarse:

qn = μ · sk

siendo:

- μ coeficiente de forma de la cubierta. El coeficiente de forma tiene el valor de 1 para cubiertas con inclinación menor o igual que 30°. Las cubiertas del proyecto son planas, con una inclinación mínima del 1,5%, por lo que μ=1.
- sk valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal. El proyecto se encuentra en Almazora (Castellón), por tanto nos encontramos en la zona 5, tal y como se indica en la figura.



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Teniendo en cuenta que Castellón se encuentra a una altitud de 0 metros, obtenemos el coeficiente sk= 0,2 KN/m².

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Por lo que, obtenemos el valor de carga de nieve:

qn = μ · sk = 1 x 0,2 KN/m² = 0,2 KN/m²
qn mayorado= 0,2 KN/m² x 0,75= 0,15 KN/m²

3.3. Hipótesis de cargas según CTE-DB-SE

Los coeficientes de seguridad que establece el CTE-AE son los siguientes:

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
Estabilidad	Variable	1,50	0
		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Por lo tanto:

E.L.U:

- gG=1.35 (acciones de tipo permanente)
- gQ=1.50 (acciones de tipo variable)

E.L.S:

- gG=1.10 (acciones de tipo permanente)
- gQ=1.50 (acciones de tipo variable)

Por otra parte, se consideran los coeficientes de simultaneidad:

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Según el CTE-AE:

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$
 (4.3)

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- b) una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

Extrayendo los valores de los coeficientes de seguridad en la Tabla 4.1 y los de simultaneidad en la Tabla 4.2 anteriores.

3.4. Hipótesis de cargas según CTE-DB-SI

La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio en un edificio afecta a su estructura de dos formas diferentes. Por un lado, los materiales ven afectadas sus propiedades, modificándose de forma importante su capacidad mecánica. Por otro, aparecen acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos, que generalmente dan lugar a tensiones que se suman a las debidas a otras acciones.

Dado que el albergue juvenil se considera entre uso residencial y docente o administrativo, y la altura de evacuación sobre la rasante inferior es menor de 15m, la resistencia al fuego que se usará en los cálculos dimensionales será **R60**

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

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		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

⁽¹⁾ La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

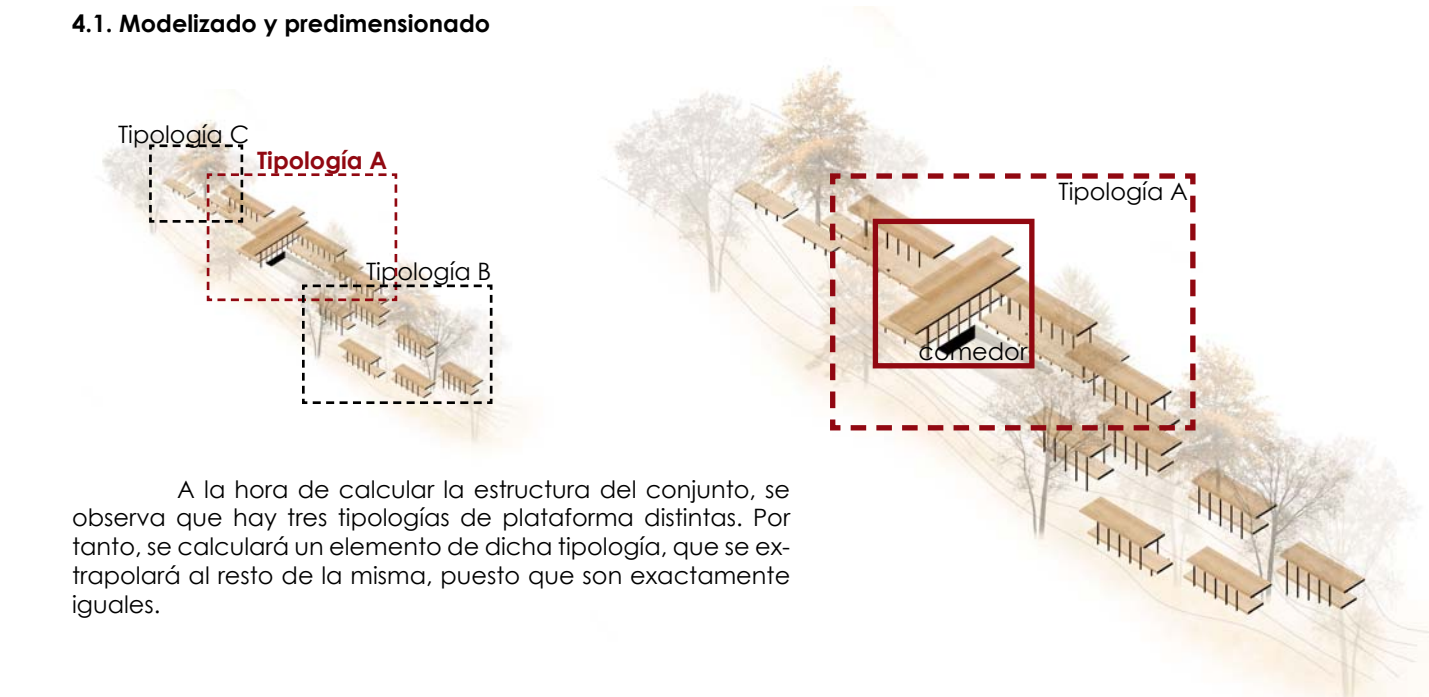
⁽²⁾ En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

⁽³⁾ R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

⁽⁴⁾ R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

04. CÁLCULO Y COMPROBACIONES DE LA ZONA DE COMEDOR

4.1. Modelizado y predimensionado

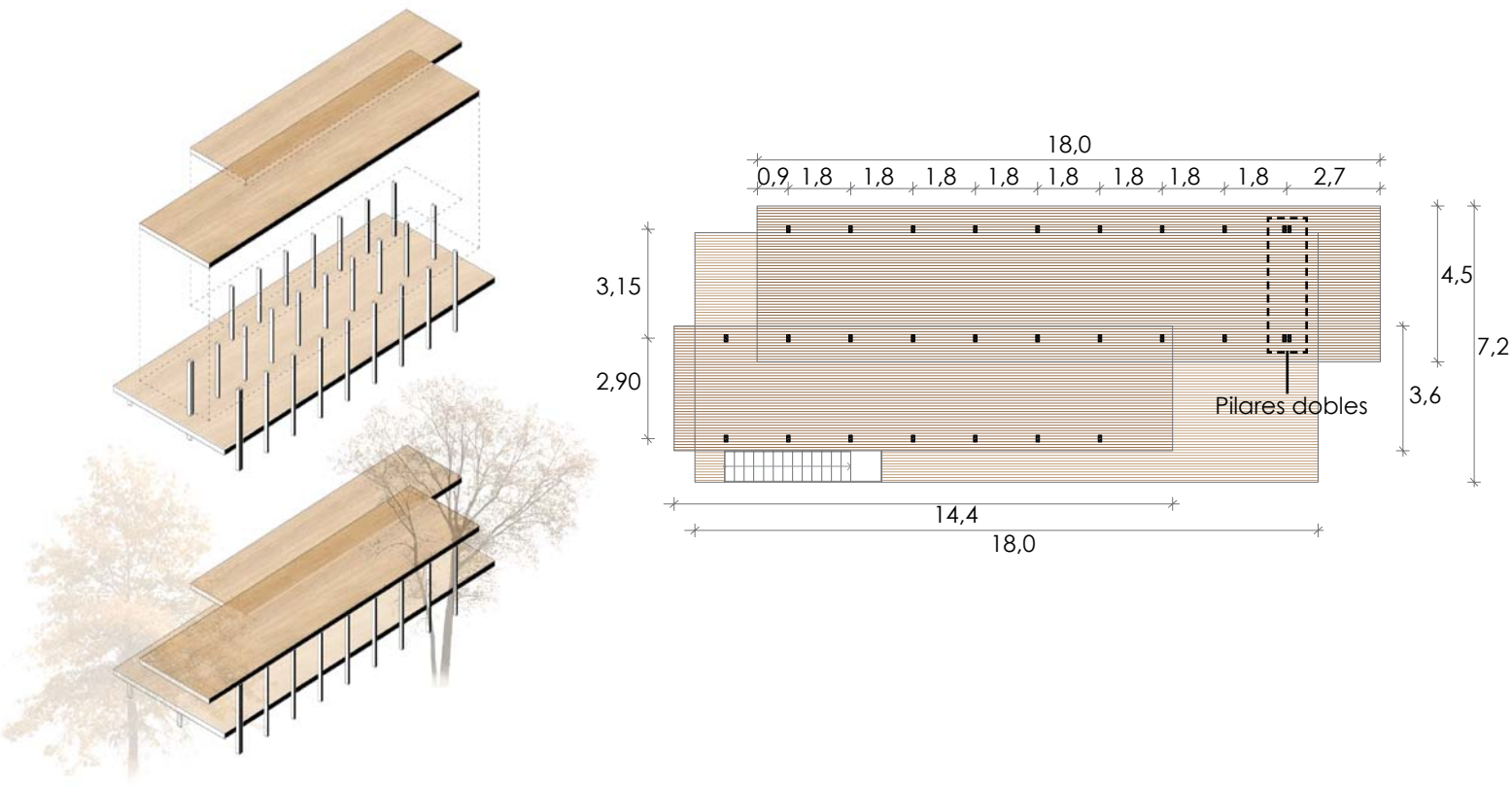


A la hora de calcular la estructura del conjunto, se observa que hay tres tipologías de plataforma distintas. Por tanto, se calculará un elemento de dicha tipología, que se extrapolará al resto de la misma, puesto que son exactamente iguales.

En primer lugar analizaremos la **tipología A (taller, comedor y aseos)**, y de ellas tomaremos la zona de comedor, puesto que se trata de la más desfavorable, al poseer dos cubiertas y otra plataforma de suelo. Como se observa en los esquemas, esta estructura está formada por tres plataformas de madera contralaminada y pilares de sección rectangular de madera aserrada.

Toda la estructura está modulada con un **módulo de 0,90**. Las **plataformas** tienen una dimensión de **18,0 x 7,2 m** (suelo), **18,0 x 4,5 m** y **14,4 x 3,6 m** (cubierta) respectivamente. En cuanto a los **pilares**, tiene una luz de **1,80 m** a eje de pilar, y una altura de **2,7 m** y **2,90 m** entre unión y unión de madera contralaminada.

Se predimensionará la madera contralaminada a partir de las tablas obtenidas en el catálogo KHL y teniendo en cuenta que, para conseguir un proyecto unitario, deberemos tener espesores de plataforma similares en las tres tipologías. Por otro lado, se predimensionan los pilares rectangulares de **10 x 20 cm**.



La estructura de la zona de comer está constituida por medio de tableros de madera contralaminada de la casa comercial KHL, como se ha dicho anteriormente. Para el predimensionado, KHL proporciona una serie de tablas, que con los valores geométricos de nuestro proyecto y los valores de acciones calculados anteriormente nos permite obtener un espesor aproximado de los tableros.

Las cargas son las siguientes: $1,27 \text{ KN/m}^2 \times 1,35 + 3 \text{ KN/m}^2 \times 1,5 = 1,71 \text{ KN/m}^2 + 4,5 \text{ KN/m}^2$

Sobre-carga constante g_k *)	Carga útil		ANCHO INTERIOR DE VANO EN VIGAS DE DOS VANOS ℓ_1 $\ell_2 = 0,8 \cdot \ell_1$ hasta $1,0 \cdot \ell_1$											
		n_k												
	[kN/m ²]	CAT	[kN/m ²]	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m		
1,00	A	1,50	3c 60 DL	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 182 DL	5c 182 DL	5c 182 DL		
		2,00	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL			5c 145 DL					5c 162DL	5c 200 DL
		2,80												
	B	3,00	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 145 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 230 DL				
		3,50												
	C	4,00	3c 90 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 145 DL	5c 162DL	5c 200 DL	7cc 208 DL					
1,50	A	1,50	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 145 DL	5c 182 DL	5c 182 DL	5c 182 DL	5c 200 DL			
		2,00												
		2,80												
	B	3,00	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 248 DL				
		3,50												
	C	4,00	3c 90 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 248 DL					
2,00	A	1,50	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL			
		2,00												
		2,80												
	B	3,00	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 120 DL	5c 145 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 248 DL				
		3,50												
	C	4,00	3c 90 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 248 DL					
2,50	A	1,50	3c 78 DL	3c 95 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL			
		2,00												
		2,80												
	B	3,00	3c 78 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 145 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL				
		3,50												
	C	4,00	3c 90 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL					
3,00	A	1,50	3c 78 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 145 DL	5c 162 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL			
		2,00												
		2,80												
	B	3,00	3c 78 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL					
		3,50												
	C	4,00	3c 90 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL					

*) Peso adicional al peso propio de los elementos KLH (el peso propio de los elementos KLH ya está contemplado en la tabla)

Resistencia a la combustión:	R 0	R 30	R 60	R 90
------------------------------	-----	------	------	------

Con este procedimiento, obtenemos que para las luces y cargas del proyecto, el elemento resistente seleccionado sería un tablero de madera contralaminada de 3c 120 DL, si bien estos elementos estructurales deben garantizar una resistencia al fuego R60, por lo que se escoge el tablero **5c 140 DL**.

NOTA: Tras la realización de los cálculos, tanto el tablero obtenido en el predimensionado 5c 140 DL, como el siguiente de la misma marca comercial 5c 145 DL, NO CUMPLEN, por lo que se mostrarán los cálculos del tablero del siguiente espesor, **5c 162 DL**.

4.2. Comprobación de las plataformas

Para la comprobación estructural de estos elementos, se han utilizado las tensiones obtenidas mediante el programa Architrave y las indicaciones del CT-DB-SE-M. Comprobaremos que la tensión en la membrana sumado a la tensión que surge como consecuencia de la flexión de esta, no supera la tensión admisible de la madera.

Para la realización de los cálculos, se realiza simultáneamente los tres forjados, puesto que los tres son forjados de cubierta (y tienen tensiones similares), y nuestro objetivo es que tengan los tres el mismo espesor de madera contralaminada. Para ello, tomaremos siempre los valores más desfavorables.

Antes de comenzar con el cálculo de la tensión admisible de la madera, estableceremos una clasificación de las acciones, tal y como lo establece el CTE-DB-SE-M. Las acciones que solicitan a los elementos considerados deben asignarse a una de las clases de duración de la carga establecidas en la tabla inferior:

- Peso Propio y Permanentes: Permanentes.
- Sobrecarga de Uso: Media.
- Sobrecarga de Nieve: Corta.

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones		
Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Además a cada elemento estructural considerado debe asignarse a una de las clases de servicio definidas a continuación, en función de las condiciones ambientales previstas.

- **Clase de servicio 1:** La humedad de equilibrio higroscópico media en la mayoría de las coníferas no excede el 12%. En esta clase se encuentran, en general, las estructuras de madera expuestas a un ambiente interior.
- **Clase de servicio 2:** La humedad de equilibrio higroscópico media en la mayoría de las coníferas no excede el 20%. En esta clase se encuentran, en general, las estructuras de madera a cubierto, pero abiertas y expuestas al ambiente exterior, como es el caso de cobertizos y viseras.
- **Clase de servicio 3:** La humedad de equilibrio higroscópico media en la mayoría de las coníferas excede el 20%. En esta clase se encuentran, en general, las estructuras de madera expuestas a un ambiente exterior sin cubrir.

Las tres plataformas a analizar se encuentran, en parte o en su totalidad al exterior, por lo que nos encontramos dentro de la **Clase de Servicio 3**. Una vez considerada esta clasificación, debemos obtener la tensión admisible de la madera según la siguiente fórmula:

siendo,

$$X_d = k_{mod} \cdot \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right)$$

- Xd el valor de cálculo;
- Kmod factor de modificación, cuyos valores figuran en la tabla 2.4 teniendo en cuenta, previamente, la clase de duración de la combinación de carga de acuerdo con la tabla 2.2 y la clase de servicio anterior
- Xk valor característico de la propiedad del material;
- γM coeficiente parcial de seguridad para la propiedad del material definido en la tabla siguiente.

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γM.	
Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	1,0

De manera simplificada, puede adoptarse el coeficiente 1,30 para todos los casos. De este modo, utilizaremos dicho valor.

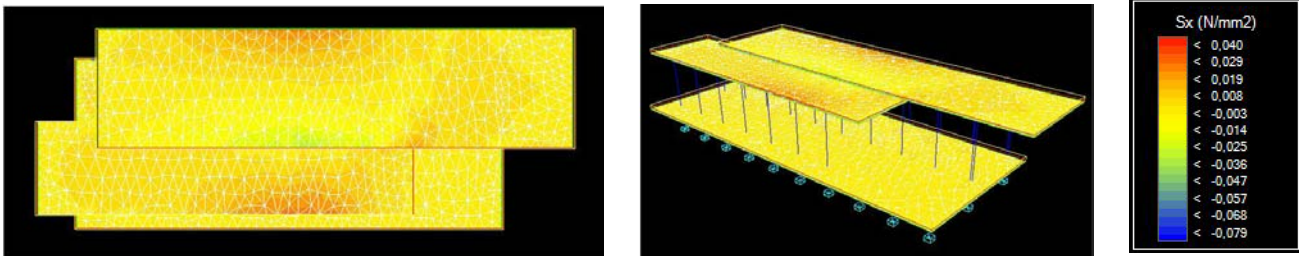
Tabla 2.4 Valores del factor k _{mod}							
Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza	UNE-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	UNE-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera microlaminada	UNE-EN 14374, UNE-EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero contrachapado	UNE-EN 636						
	Tipo EN 636-1,2 y 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-2 y 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero de virutas orientadas (OSB) ¹	UNE-EN 300						
	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de partículas	UNE-EN 312						
	Tipo P4, Tipo P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	Tipo P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	Tipo P6, Tipo P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
Tablero de fibras duro	Tipo P7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
	UNE-EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Tablero de fibras semi-duro	UNE-EN 622-3						
	MBH.LA 1 o 2,	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	2	-	-	-	0,45	0,80
Tablero de fibras MDF	UNE-EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80
¹ OSB = Oriented Strand Board. El acrónimo es usado frecuentemente en lengua inglesa y se ha acuñado como un nombre usual para el material en otros idiomas, como de hecho sucede ya en el nuestro							

Con todos los valores anteriores y conociendo que si en una combinación de acciones existen acciones pertenecientes a diferentes clases de duración el factor Kmod debe elegirse como el correspondiente a la acción de más corta duración. Introduciendo todos estos valores en la fórmula anterior, obtenemos una tensión admisible del tablero de madera contralaminada:

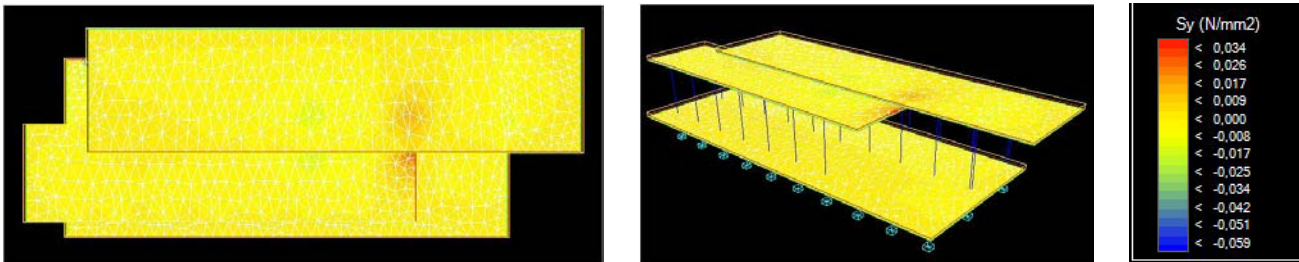
Xd= Kmod · (Xk/ γM) = 0,70 · (24/1,30)= 12,92 N/mm²

Como se ha dicho anteriormente, previamente a realizar los cálculos con el tablero de madera contralaminada de espesor 162 mm, se han realizado los cálculos con un espesor de 145 mm, concluyendo que no cumplía dicho espesor. Comprobaremos ahora con una sección mayor.

Como se trata de elementos superficiales, con la combinación de Estados Límites Últimos más desfavorable, obtenemos mediante Architrave los valores de tensión de membrana S_x y S_y , mas desfavorables en valor absoluto:

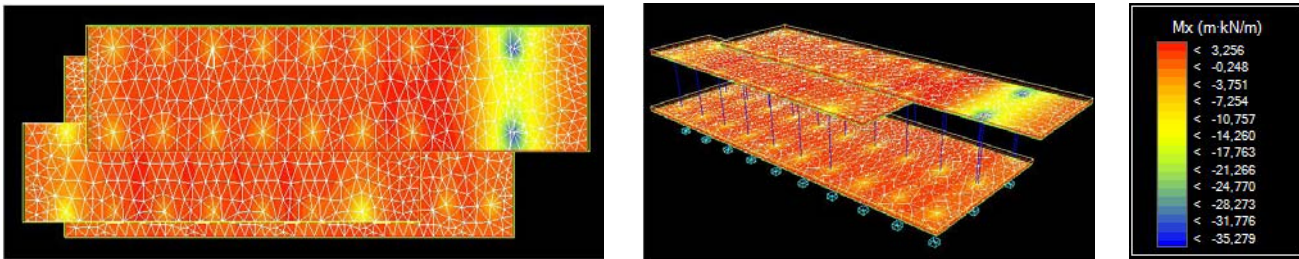


Tensión de membrana $S_x = 0,079$

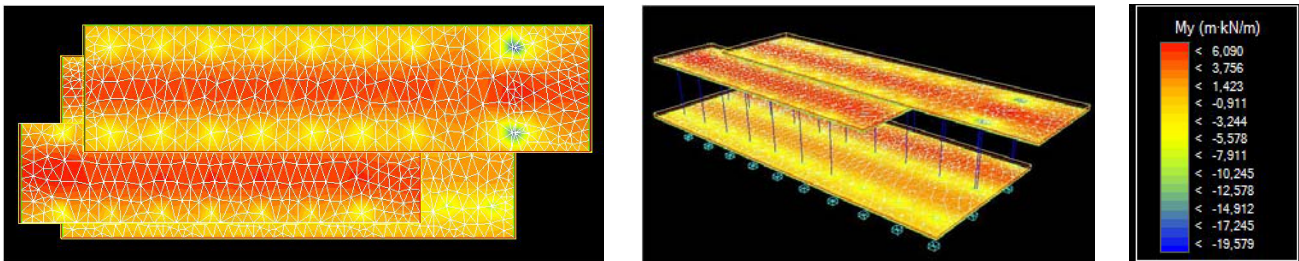


Tensión de membrana $S_y = 0,059$

Además de las tensiones anteriores, debemos calcular las tensiones debidas a la flexión de la placa. Para ello, tomaremos, al igual que en los valores de tensión de membrana, los más desfavorables en valor absoluto:

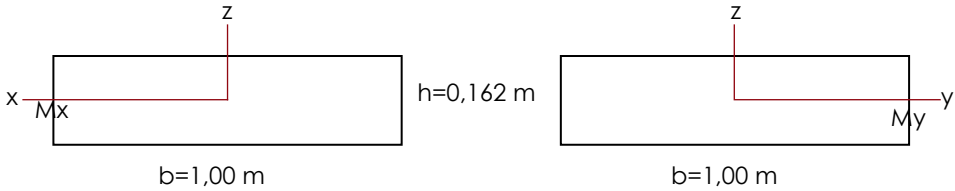


Flexión de placa $M_x = 35,279$



Flexión de placa $M_y = 19,579$

Tras la obtención de estos resultados, calcularemos el momento de inercia de la sección (I):



$$I_x = (b \cdot h)^3 / 12 = (1 \cdot 0,162)^3 / 12 = 3,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$
$$I_y = I_x = (b \cdot h)^3 / 12 = (1 \cdot 0,162)^3 / 12 = 3,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

Con los momentos de inercia ya calculados, obtenemos ahora las tensiones S_x y S_y correspondientes a la flexión de la placa:

$$S_x = M_x / (I_x / z) = 35,279 \cdot 10^6 / ((3,54 \cdot 10^{-4} \cdot 10^9) / (0,162/2)) = 8,07 \text{ N/mm}^2$$
$$S_y = M_y / (I_y / z) = 19,579 \cdot 10^6 / ((3,54 \cdot 10^{-4} \cdot 10^9) / (0,162/2)) = 4,48 \text{ N/mm}^2$$

Por último, comprobaremos que la suma de las tensiones de la placa no supera la tensión admisible de la madera, es decir,

$$S_x + S_y + S_x + S_y < X_d$$

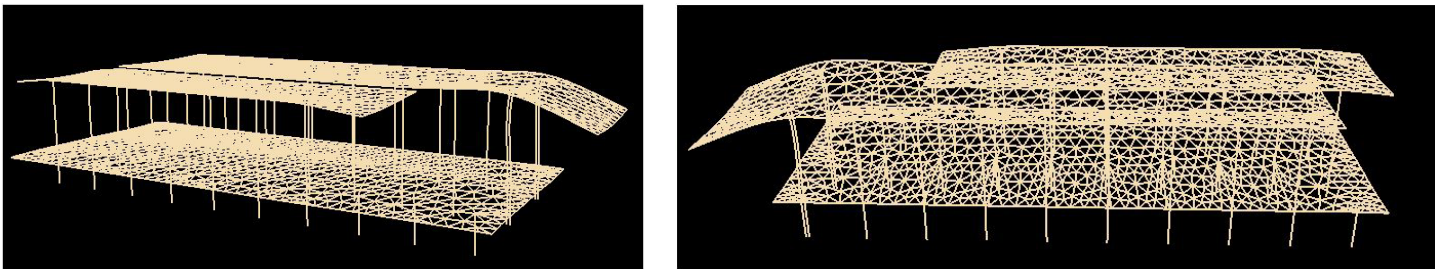
Sustituyendo con nuestros valores:

$$0,079 \text{ N/mm}^2 + 0,059 \text{ N/mm}^2 + 8,07 \text{ N/mm}^2 + 4,48 \text{ N/mm}^2 = 12,69 \text{ N/mm}^2 < X_d = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

Después de esta comprobación podemos dar por apto el tablero de madera contralaminada:

KHL 5c 162 DL

ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO DEFORMADA

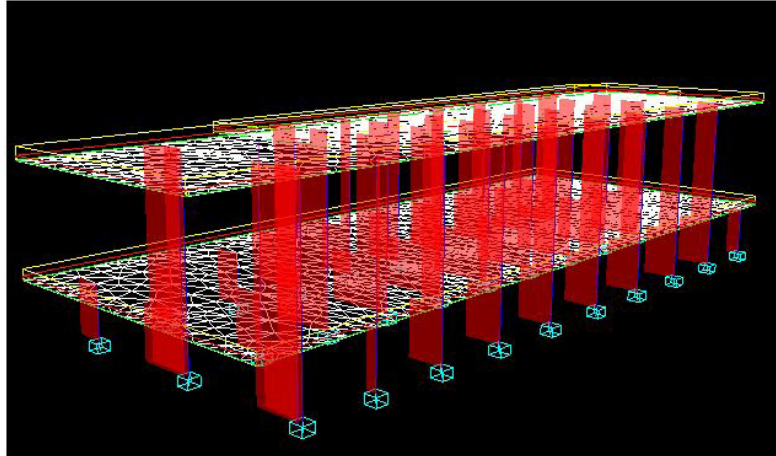


Se adjuntan dos imágenes de la deformada del modelo bajo las combinaciones de acciones citadas anteriormente para el cumplimiento de aptitud de servicio.

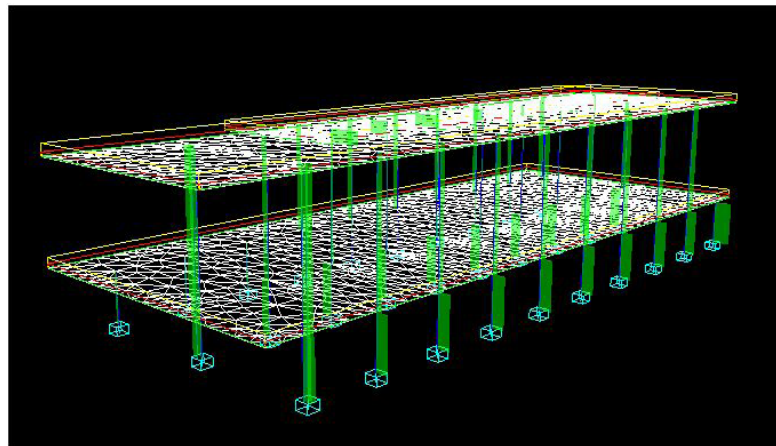
Si bien el programa realiza el cálculo de la hipótesis y muestra su deformada, no se puede obtener un valor numérico de la flecha que en él se produce.

4.3. Comprobación de los pilares

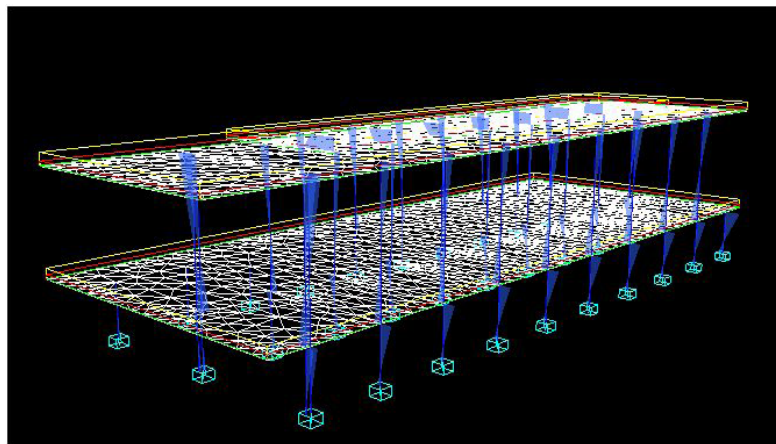
Obtendremos, en primer lugar los diagramas de solicitaciones para los Estados Límites Últimos:



Axiles y torsores



Cortantes



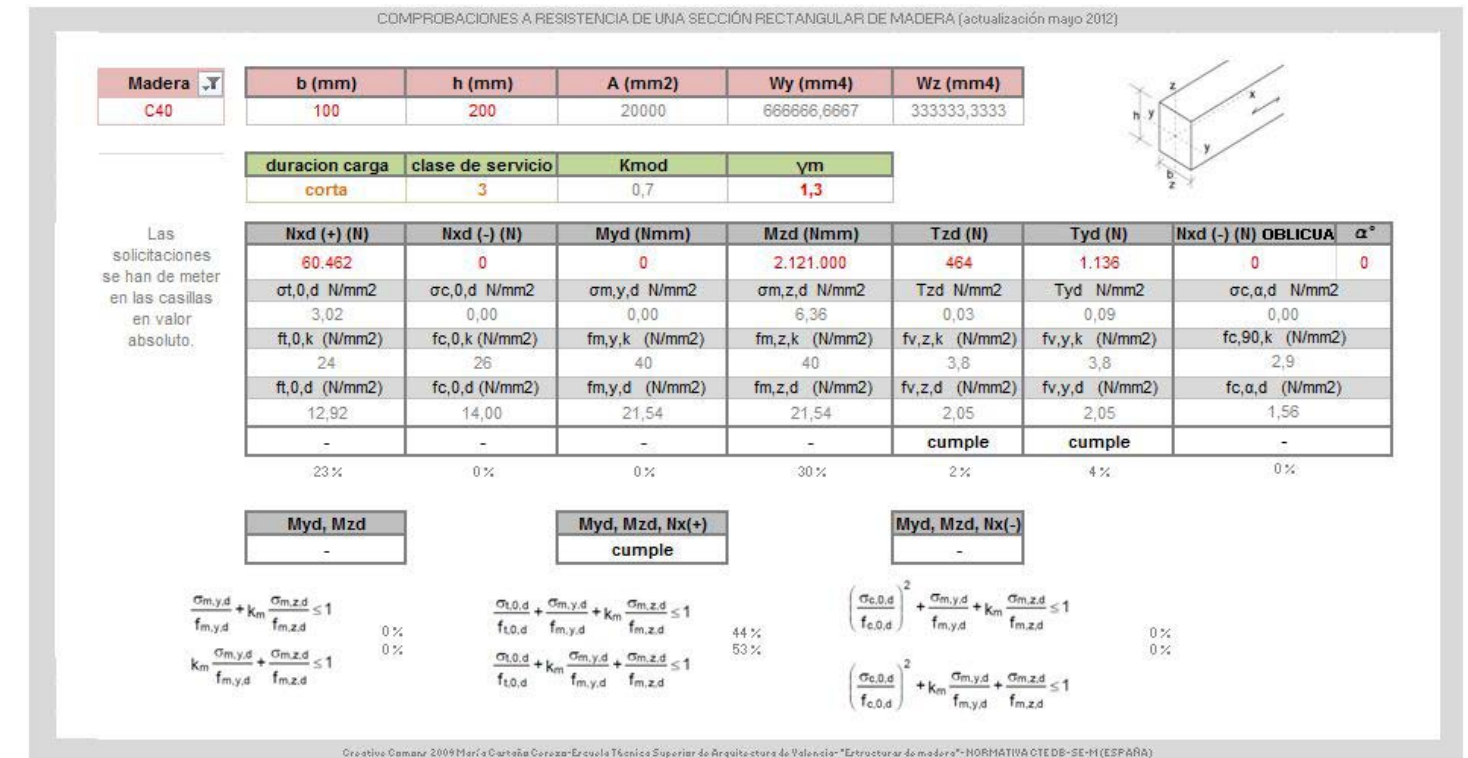
Momentos

Para realizar las comprobaciones tomaremos las solicitudes del pilar más desfavorable. En este caso, los cercanos al voladizo de 2,70 m. Cabe decir, que en un primer cálculo dichos pilares no cumplían, por lo que se decidió duplicar los dos pilares que soportan el voladizo.

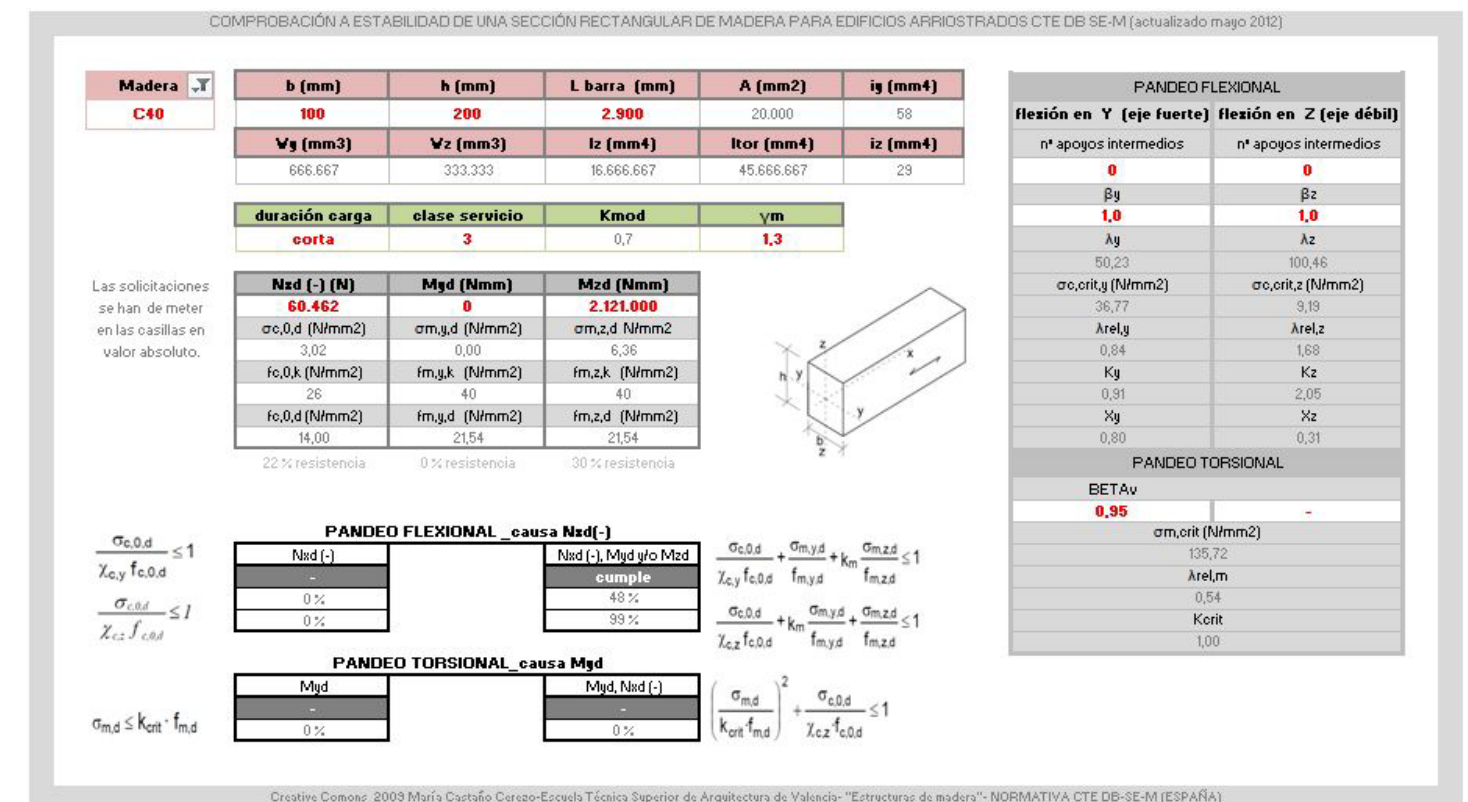
Las solicitudes de estos pilares son:

- Axil Nx: 60,462 KN
- Cortante Vy: 1,136 KN
- Cortante Vz: 0,464 KN
- Flector Mz: 2,121 KN · m

Comprobación a resistencia:



Comprobación a estabilidad:



Comprobación a fuego:

SOMETIDOS A CARGA DE FUEGO

Compresión simple y compuesta

Obra :

Tipo de pieza :

Clase de madera:

C30

CONÍFERA

f_{c,0,k} = 23,0 N/mm²

E_{0,k} = 8,0 KN/mm²

ρ_m = 3,8 KN/m³

Resistencia característica a compresión

Módulo elástico característico

Densidad característica

Resist. al fuego :

R-60

D_{ef} = 55,0 mm

Profundidad de carbonización

Caras expuestas:

2H

+

2B

Clase de servicio:

CS 3

Exterior no protegido

B

B_{ef}

H

H_{ef}

Def

1

2

1 - PROFUNDIDAD DE CARBONIZACIÓN

2 - SECCIÓN EFICAZ

Propiedades de la sección

H = 10 cm

B = 20 cm

Area = 200,0 cm²

I = 6.667 cm⁴

W = 667 cm³

Momento de inercia (de la sección completa)

Momento resistente (de la sección completa)

H_{ef} = -1,0 cm

B_{ef} = 9,0 cm

Area_{ef} = -9,0 cm²

I_{ef} = -61 cm⁴

W_{ef} = -14 cm³

Momento de inercia (de la sección eficaz)

Momento resistente (de la sección eficaz)

Cargas y coeficientes

Cargas permanentes

N_{pp} = 12,00 KN

M_{pp} = 1,10 m-KN

Y_{pp} = 1,00

Sobrecargas de uso

N_{su} = 10,00 KN

M_{su} = 1,00 m-KN

Y_{su} = 1,00

Axil mayorado

Momento flector mayorado

Coef. Mayoración

k_{fi} = 1,25

K_{mod} = 1,00

Factor de modificación en situación de incendio

Factor de modificación según ambiente y tipo de carga

K_h = 1,00

Y_m = 1,00

β_v = 0,85

β_c = 0,20

Coef. Que depende del tamaño relativo de la sección

Coef. Parcial seguridad para cálculo en situación de incendio

Coef de pandeo que depende de los apoyos del pilar

Coef de pandeo que depende del material

Inestabilidad de soportes

Se definen la esbeltez (λ) y la esbeltez relativa (λ_{rel}) y a través de ellos los coeficiente K_v y X_c para evaluar el efecto del pandeo en la estructura

Esbeltez mecánica

λ = 98,15

Esbeltez relativa

λ_{rel} = 1,68

Hay que comprobar pandeo

K_v = 2,04

X_c = 0,312

$$k_v = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$X_c = \frac{1}{k_v + \sqrt{k_v^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Estado límite último compresión

f_{c,0,d} = 9,0 N/mm²

Capacidad resistente máxima a compresión del material

σ_{c,0,d} = -180,0 N/mm²

Tensión aplicada en la sección eficaz

-2007%

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot X_c \cdot \frac{k_{fi} \cdot f_{c,0,k}}{Y_m}$$

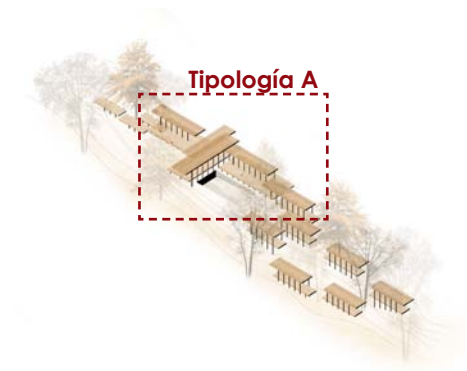
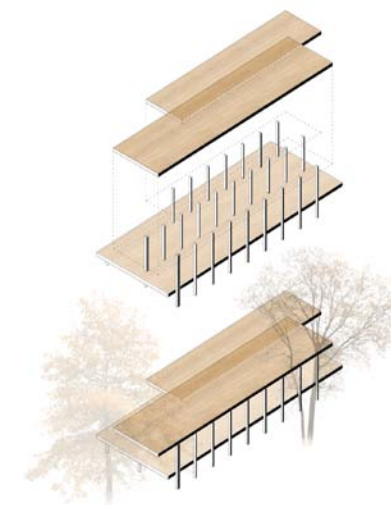
$$\sigma_d = \left(\frac{N_{pp}^* + N_{su}^*}{A_{ef}} + \frac{M_{pp}^* + M_{su}^*}{W_{ef}} \right)$$

Condición de cumplimiento

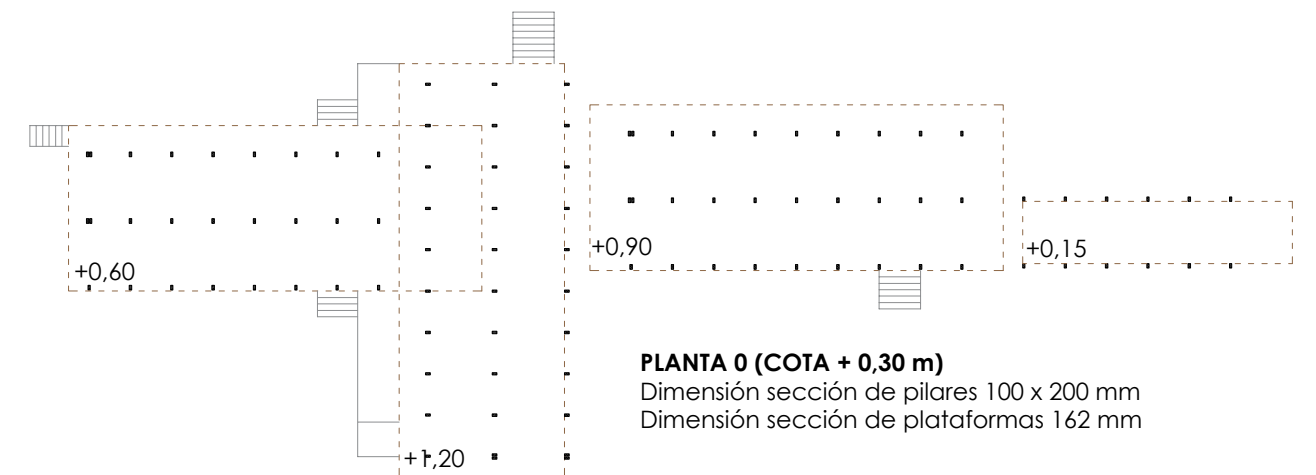
f_{c,0,d} > σ_{c,0,d}

CUMPLE

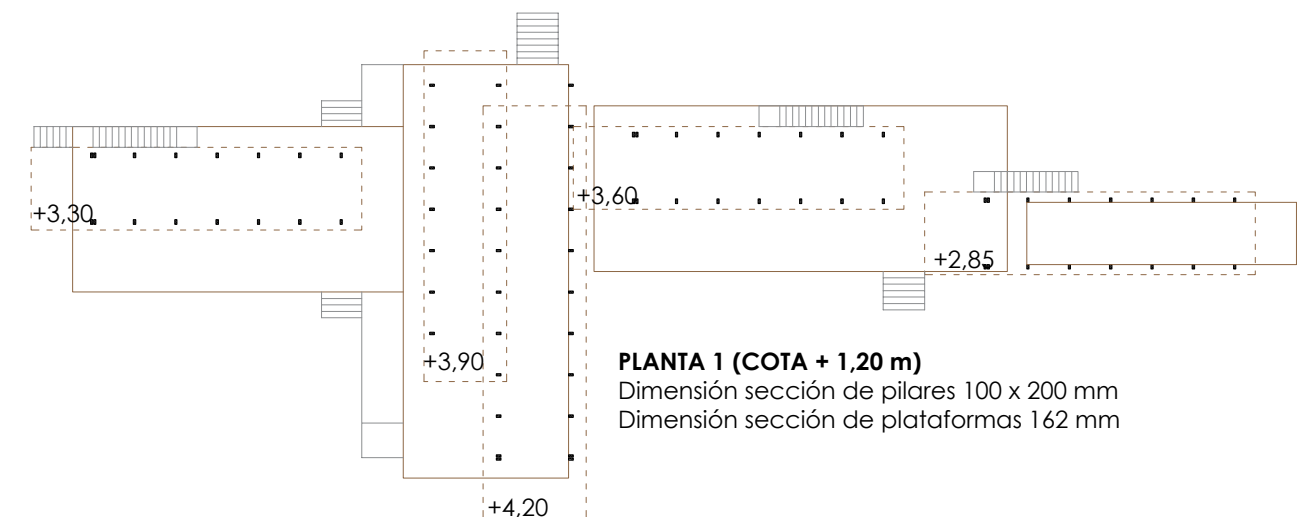
4.4. Esquema de la tipología A



Tras los cálculos y comprobaciones anteriormente realizados, tanto de plataformas como de pilares, se muestra un esquema de las secciones obtenidas en la zona de comedor, y en consecuencia, del resto de plataformas de su misma tipología por tener las mismas dimensiones.



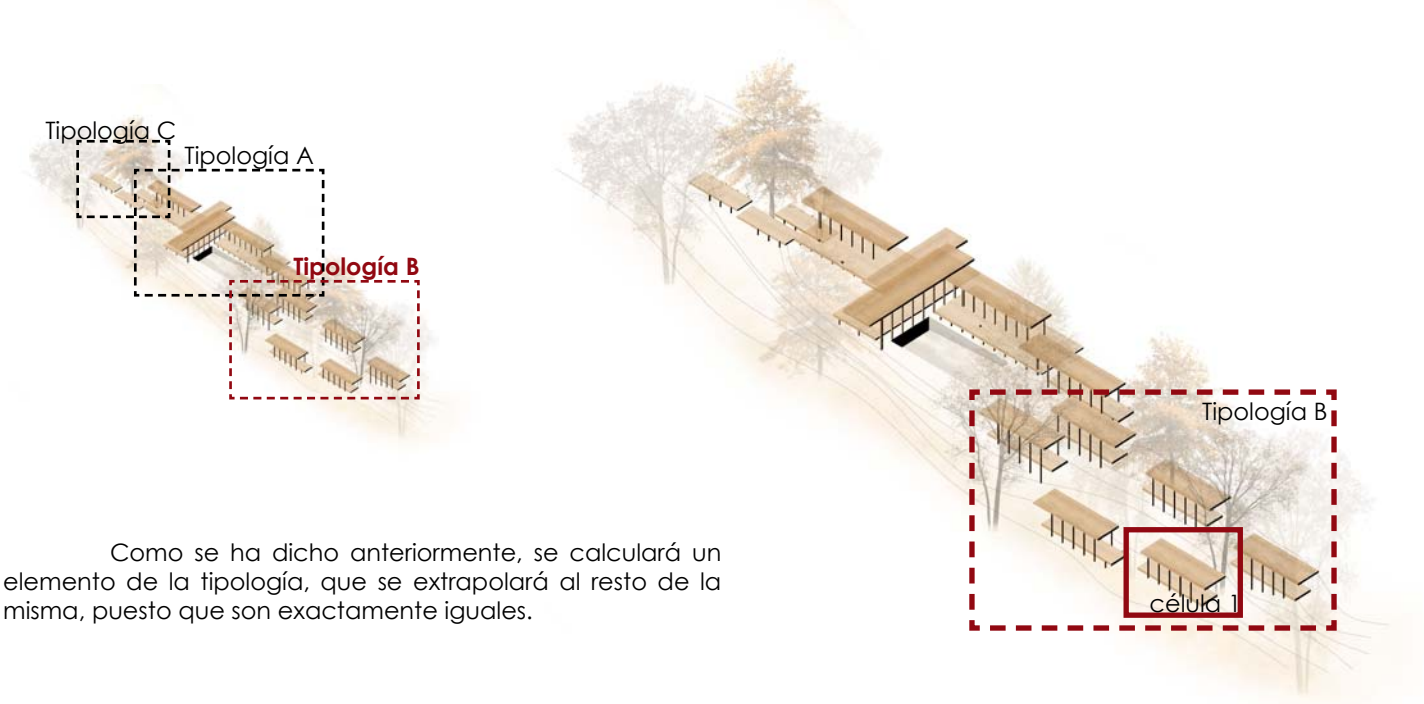
PLANTA 0 (COTA + 0,30 m)
Dimensión sección de pilares 100 x 200 mm
Dimensión sección de plataformas 162 mm



PLANTA 1 (COTA + 1,20 m)
 Dimensión sección de pilares 100 x 200 mm
 Dimensión sección de plataformas 162 mm

05. CÁLCULO Y COMPROBACIONES DE UNA CÉLULA DE DORMIR

5.1. Modelizado y predimensionado

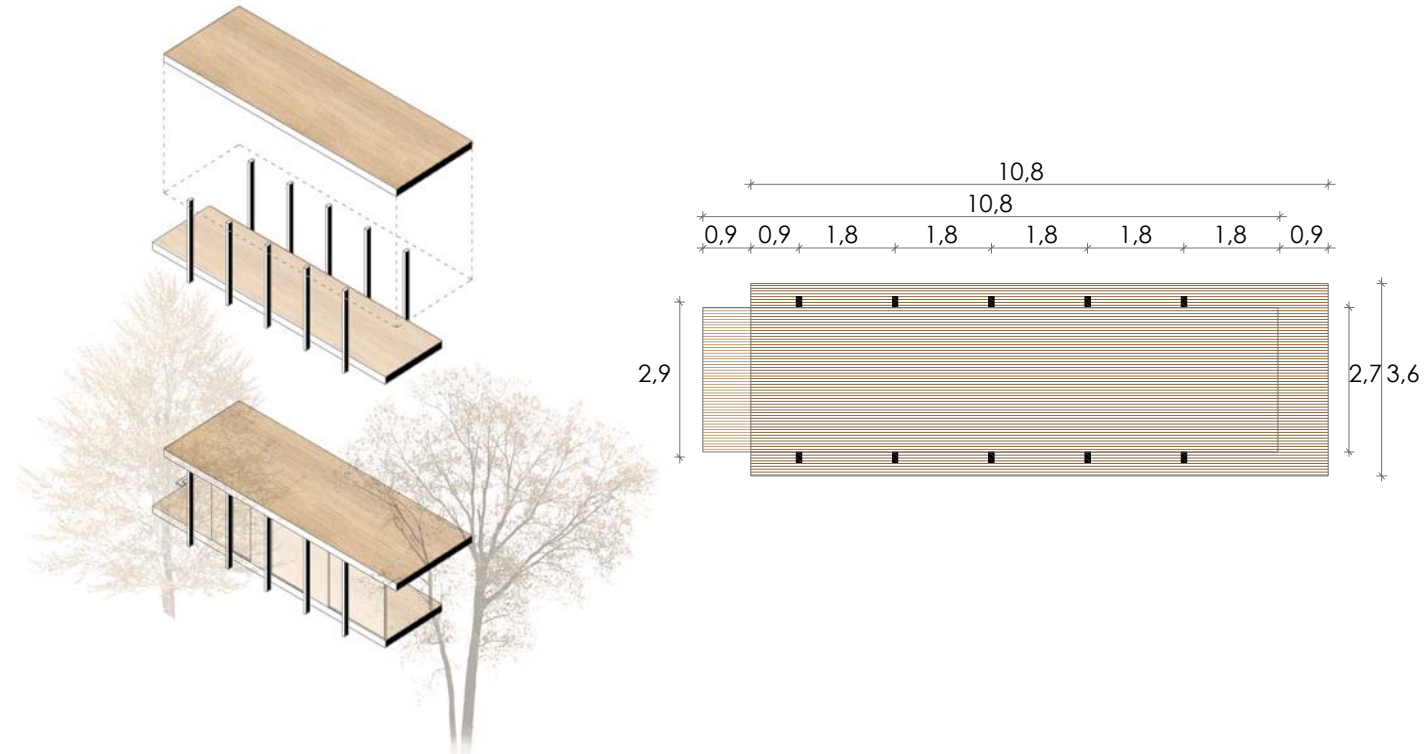


Como se ha dicho anteriormente, se calculará un elemento de la tipología, que se extrapolará al resto de la misma, puesto que son exactamente iguales.

Analizaremos ahora la **tipología B (células de dormir)**, y de ella tomaremos una de las células. Como se observa en los esquemas, esta estructura está formada por dos plataformas de madera contralaminada (suelo y cubierta), ambas exteriores (en parte o en su totalidad) y pilares de sección rectangular de madera aserrada.

Toda la estructura está modulada con un **módulo de 0,90**. Las **plataformas** tienen una dimensión de **10,8 x 2,7 m** (suelo) y **10,8 x 3,6 m** (cubierta) respectivamente. En cuanto a los **pilares**, tiene una luz de **1,80 m** a eje de pilar, y una altura de **2,7 m** entre unión y unión de madera contralaminada.

Se predimensionará la madera contralaminada a partir de las tablas obtenidas en el catálogo KHL y teniendo en cuenta que, para conseguir un proyecto unitario, deberemos tener espesores de plataforma similares en las tres tipologías. Por otro lado, se predimensionan los pilares rectangulares de **10 x 20 cm**.



La estructura de las células de dormir está constituida por medio de tableros de madera contralaminada de la casa comercial KHL, como se ha dicho anteriormente. A diferencia del caso anterior, las células de dormir están constituidas por un único vano por lo que utilizaremos las tablas de predimensionado de un solo vano.

Las cargas son las siguientes: $1,27 \text{ KN/m}^2 \times 1,35 + 2 \text{ KN/m}^2 \times 1,50 = 1,71 \text{ KN/m}^2 + 3 \text{ KN/m}^2$

Sobre-carga constante $g_k^*)$ [kN/m²]	Carga útil q_k [kN/m²]	ANCHO INTERIOR DE VANO EN VIGAS DE UN VANO l								
		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m
		3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
1,00	A	1,50	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,00	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,80	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
	B	3,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		3,50	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		4,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
1,50	A	1,50	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,00	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,80	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
	B	3,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		3,50	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		4,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
2,00	A	1,50	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,00	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,80	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
	B	3,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		3,50	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		4,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
2,50	A	1,50	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,00	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,80	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
	B	3,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		3,50	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		4,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
3,00	A	1,50	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,00	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
		2,80	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL
	B	3,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		3,50	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL
		4,00	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	3c 140 DL	3c 162 DL	3c 182 DL	3c 200 DL	3c 210 DL

*) Peso adicional al peso propio de los elementos KLH (el peso propio de los elementos KLH ya está contemplado en la tabla)

Resistencia a la combustión:	R 0	R 30	R 60	R 90
------------------------------	-----	------	------	------

Con este procedimiento, obtenemos que para las luces y cargas del proyecto, el elemento resistente seleccionado sería un tablero de madera contralaminada de 3c 90 DL, si bien estos elementos estructurales deben garantizar una resistencia al fuego R60, por lo que se escoge el tablero **5c 140 DL**.

NOTA: Para que el proyecto mantenga su idea de unidad en cuanto a plataformas, se decide tomar el mismo espesor de tablero de madera contralaminada que en el caso anterior, de manera que todo el proyecto tenga el mismo espesor de plataformas y se lea como un único proyecto. Por tanto, se comprobará con dicho espesor de tablero, **5c 162 DL**.

5.2. Comprobación de las plataformas

Para la comprobación estructural de estos elementos, se han utilizado las tensiones obtenidas mediante el programa Architrave y las indicaciones del CT-DB-SE-M. Comprobaremos que la tensión en la membrana sumado a la tensión que surge como consecuencia de la flexión de esta, no supera la tensión admisible de la madera.

Para la realización de los cálculos, se realiza simultáneamente los dos forjados, puesto que los dos, al igual que en el caso anterior, son forjados de cubierta (y tienen tensiones similares), y nuestro objetivo es que tengan ambos el mismo espesor de madera contralaminada. Para ello, tomaremos siempre los valores más desfavorables.

Antes de comenzar con el cálculo de la tensión admisible de la madera, estableceremos, de la misma manera que en el caso anterior, una clasificación de las acciones, tal y como lo establece el CTE-DB-SE-M. Las acciones que solicitan a los elementos considerados deben asignarse a una de las clases de duración de la carga establecidas en la tabla inferior:

- Peso Propio y Permanentes: Permanentes.
- Sobrecarga de Uso: Media.
- Sobrecarga de Nieve: Corta.

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones		
Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Además a cada elemento estructural considerado debe asignarse a una de las clases de servicio definidas a continuación, en función de las condiciones ambientales previstas.

- **Clase de servicio 1:** La humedad de equilibrio higroscópico media en la mayoría de las coníferas no excede el 12%. En esta clase se encuentran, en general, las estructuras de madera expuestas a un ambiente interior.
- **Clase de servicio 2:** La humedad de equilibrio higroscópico media en la mayoría de las coníferas no excede el 20%. En esta clase se encuentran, en general, las estructuras de madera a cubierto, pero abiertas y expuestas al ambiente exterior, como es el caso de cobertizos y viseras.
- **Clase de servicio 3:** La humedad de equilibrio higroscópico media en la mayoría de las coníferas excede el 20%. En esta clase se encuentran, en general, las estructuras de madera expuestas a un ambiente exterior sin cubrir.

Las dos plataformas de la célula de dormir se encuentran, en parte o en su totalidad al exterior, por lo que nos encontramos dentro de la **Clase de Servicio 3**. Una vez considerada esta clasificación, debemos obtener la tensión admisible de la madera según la siguiente fórmula:

siendo,

$$X_d = k_{mod} \cdot \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right)$$

- Xd el valor de cálculo;
- Kmod factor de modificación, cuyos valores figuran en la tabla 2.4 teniendo en cuenta, previamente, la clase de duración de la combinación de carga de acuerdo con la tabla 2.2 y la clase de servicio anterior
- Xk valor característico de la propiedad del material;
- γM coeficiente parcial de seguridad para la propiedad del material definido en la tabla siguiente.

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γM.	
Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	1,0

De manera simplificada, puede adoptarse el coeficiente 1,30 para todos los casos. De este modo, utilizaremos dicho valor.

Tabla 2.4 Valores del factor k_{mod}							
Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza	UNE-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	UNE-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera microlaminada	UNE-EN 14374, UNE-EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero contrachapado	UNE-EN 636						
	Tipo EN 636-1,2 y 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-2 y 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero de virutas orientadas (OSB) ¹	UNE-EN 300						
	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de partículas	UNE-EN 312						
	Tipo P4, Tipo P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	Tipo P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	Tipo P6, Tipo P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	Tipo P7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de fibras duro	UNE-EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Tablero de fibras semi-duro	UNE-EN 622-3						
	MBH.LA 1 o 2,	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	2	-	-	-	0,45	0,80
Tablero de fibras MDF	UNE-EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

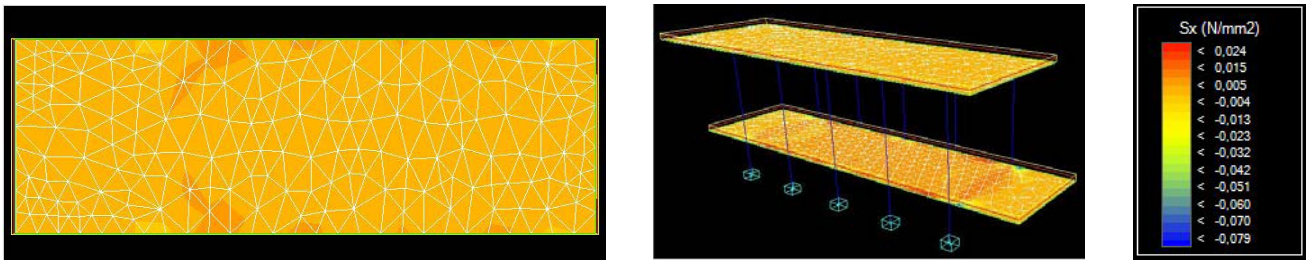
¹OSB = Oriented Strand Board. El acrónimo es usado frecuentemente en lengua inglesa y se ha acuñado como un nombre usual para el material en otros idiomas, como de hecho sucede ya en el nuestro

¹OSB = Oriented Strand Board. El acrónimo es usado frecuentemente en lengua inglesa y se ha acuñado como un nombre usual para el material en otros idiomas, como de hecho sucede ya en el nuestro

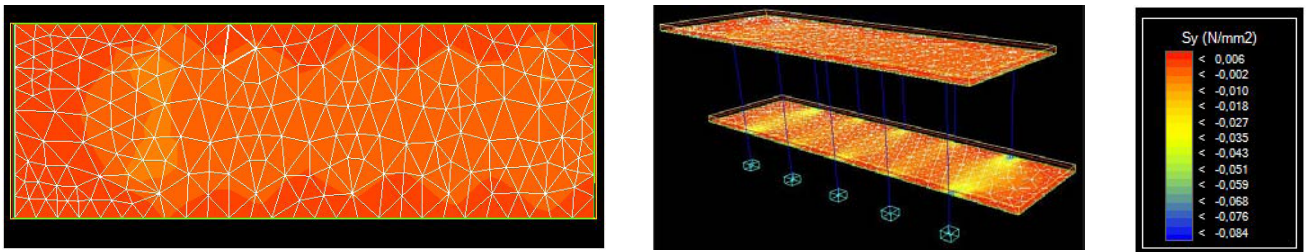
Con todos los valores anteriores y conociendo que si en una combinación de acciones existen acciones pertenecientes a diferentes clases de duración el factor Kmod debe elegirse como el correspondiente a la acción de más corta duración. Introduciendo todos estos valores en la fórmula anterior, obtenemos una tensión admisible del tablero de madera contralaminada:

Xd= Kmod · (Xk/ γM) = 0,70 · (24/1,30)= 12,92 N/mm²

Como se trata de elementos superficiales, con la combinación de Estados Límites Últimos más desfavorable, obtenemos mediante Architrave los valores de tensión de membrana S_x y S_y , mas desfavorables en valor absoluto:

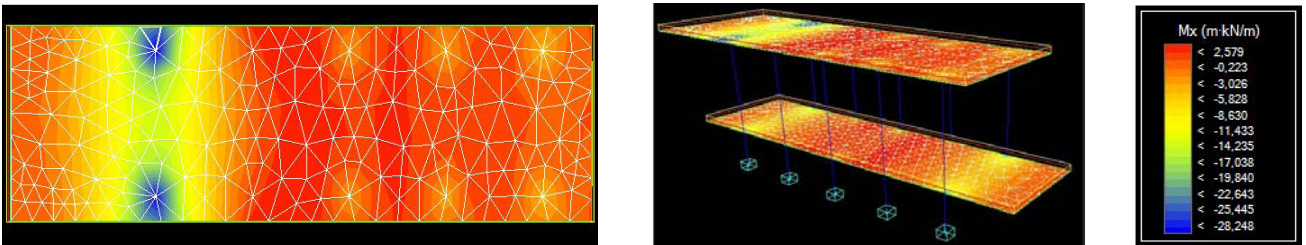


Tensión de membrana $S_x = 0,079$

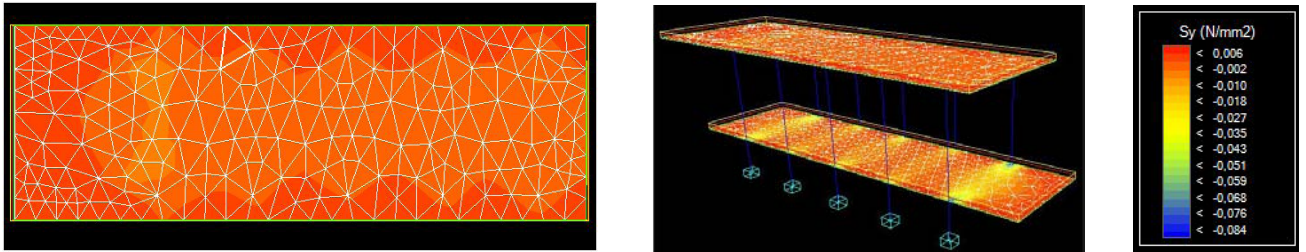


Tensión de membrana $S_y = 0,084$

Además de las tensiones anteriores, debemos calcular las tensiones debidas a la flexión de la placa. Para ello, tomaremos, al igual que en los valores de tensión de membrana, los más desfavorables en valor absoluto:

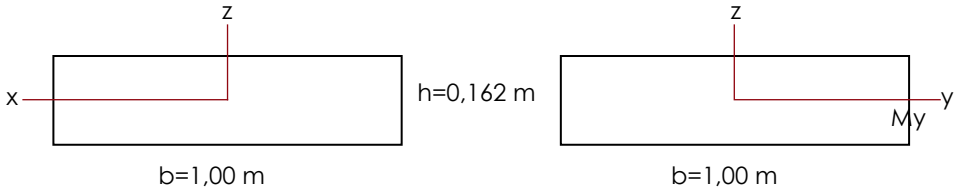


Flexión de placa $M_x = 28,248$



Flexión de placa $M_y = 21,088$

Tras la obtención de estos resultados, calcularemos el momento de inercia de la sección (I):



$$I_x = (b \cdot h^3) / 12 = (1 \cdot 0,162^3) / 12 = 3,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$
$$I_y = I_x = (b \cdot h^3) / 12 = (1 \cdot 0,162^3) / 12 = 3,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

Con los momentos de inercia ya calculados, obtenemos ahora las tensiones S_x y S_y correspondientes a la flexión de la placa:

$$S_x = M_x / (I_x / z) = 28,248 \cdot 10^6 / ((3,54 \cdot 10^{-4} \cdot 10^9) / (0,162/2)) = 6,46 \text{ N/mm}^2$$
$$S_y = M_y / (I_y / z) = 21,088 \cdot 10^6 / ((3,54 \cdot 10^{-4} \cdot 10^9) / (0,162/2)) = 4,83 \text{ N/mm}^2$$

Por último, comprobaremos que la suma de las tensiones de la placa no supera la tensión admisible de la madera, es decir,

$$S_x + S_y + S_x + S_y < X_d$$

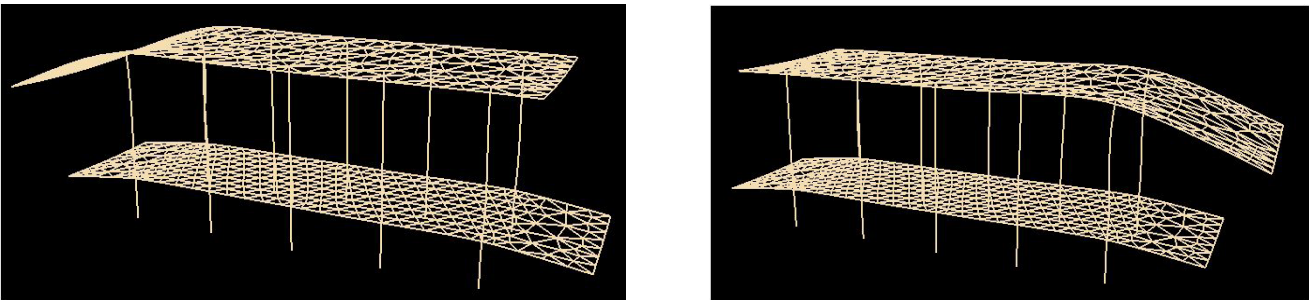
Sustituyendo con nuestros valores:

$$0,079 \text{ N/mm}^2 + 0,084 \text{ N/mm}^2 + 6,46 \text{ N/mm}^2 + 4,83 \text{ N/mm}^2 = 11,45 \text{ N/mm}^2 < X_d = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

Después de esta comprobación podemos dar por apto el tablero de madera contralaminada:

KHL 5c 162 DL

ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO DEFORMADA

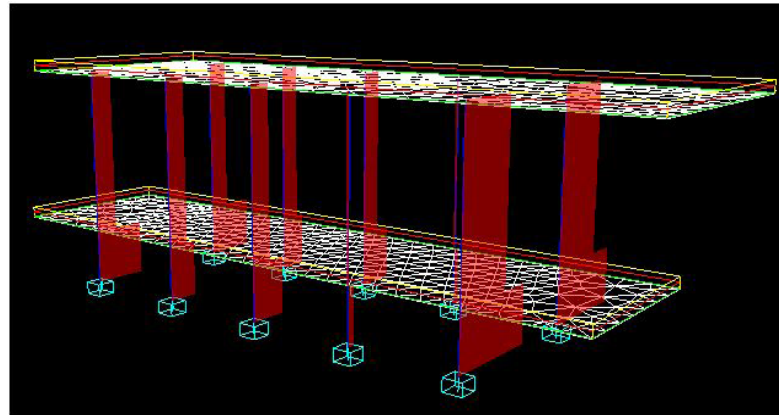


Se adjuntan dos imágenes de la deformada del modelo bajo las combinaciones de acciones citadas anteriormente para el cumplimiento de aptitud de servicio.

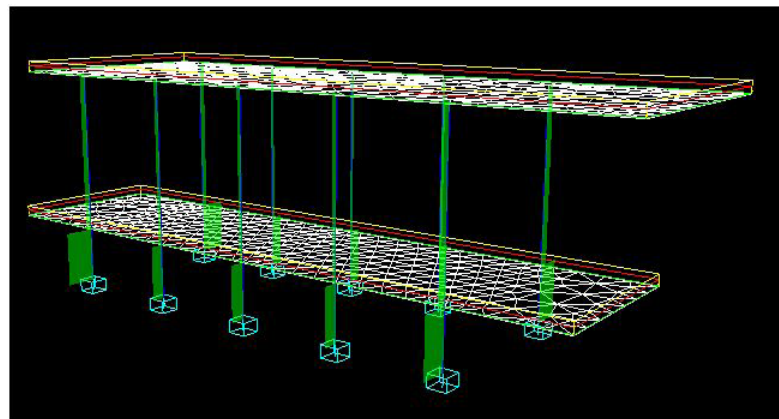
Si bien el programa realiza el cálculo de la hipótesis y muestra su deformada, no se puede obtener un valor numérico de la flecha que en él se produce.

5.3. Comprobación de los pilares

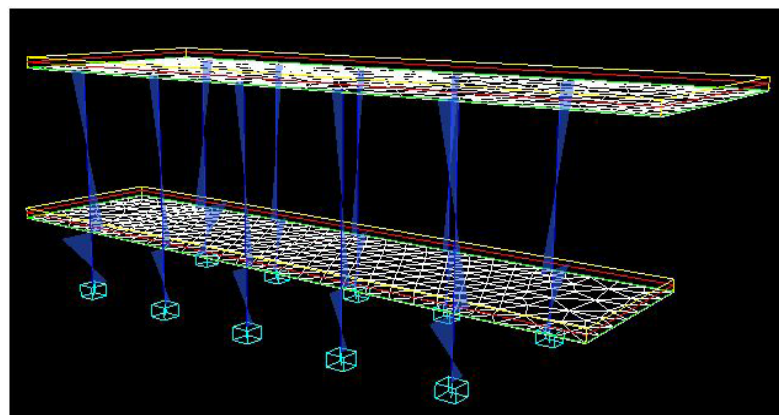
Obtendremos, en primer lugar los diagramas de solicitaciones para los Estados Límites Últimos:



Axiles y torsores



Cortantes



Momentos

Para realizar las comprobaciones tomaremos las solicitaciones del pilar más desfavorable. En este caso, al igual que en el caso anterior, los cercanos al voladizo de 2,70 m.

Las solicitaciones de estos pilares son:

- Axil Nx: 62,812 KN
- Cortante Vy: 4,608 KN
- Cortante Vz: 1,580 KN
- Flector Mz: 2,573 KN·m

Comprobación a resistencia:

COMPROBACIONES A RESISTENCIA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA (actualización mayo 2012)

Madera <input type="checkbox"/>	b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ⁴)	Wz (mm ⁴)
C40	100	200	20000	666666,6667	333333,3333

duración carga	clase de servicio	Kmod	ym
corta	3	0,7	1,3

Las solicitaciones se han de meter en las casillas en valor absoluto.

Nxd (+) (N)	Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)	Tzd (N)	Tyd (N)	Nxd (-) (N) OBLICUA	α°
62.812	0	0	2.573.000	1.580	4.608	0	0
σ _{t,0,d} (N/mm ²)	σ _{c,0,d} (N/mm ²)	σ _{m,y,d} (N/mm ²)	σ _{m,z,d} (N/mm ²)	T _{zd} (N/mm ²)	T _{yd} (N/mm ²)	σ _{c,α,d} (N/mm ²)	
3,14	0,00	0,00	7,72	0,12	0,35	0,00	
f _{t,0,k} (N/mm ²)	f _{c,0,k} (N/mm ²)	f _{m,y,k} (N/mm ²)	f _{m,z,k} (N/mm ²)	f _{v,z,k} (N/mm ²)	f _{v,y,k} (N/mm ²)	f _{c,90,k} (N/mm ²)	
24	26	40	40	3,8	3,8	2,9	
f _{t,0,d} (N/mm ²)	f _{c,0,d} (N/mm ²)	f _{m,y,d} (N/mm ²)	f _{m,z,d} (N/mm ²)	f _{v,z,d} (N/mm ²)	f _{v,y,d} (N/mm ²)	f _{c,α,d} (N/mm ²)	
12,92	14,00	21,54	21,54	2,05	2,05	1,56	
-	-	-	-	cumple	cumple	-	
24 %	0 %	0 %	36 %	6 %	17 %	0 %	

Myd, Mzd
-

Myd, Mzd, Nx(+)
cumple

Myd, Mzd, Nx(-)
-

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_{m,y} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

0 %

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m,z} \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

49 %

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m,z} \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

0 %

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_{m,y} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

0 %

Creative Commons 2009 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia "Estructuras de madera"-NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

Comprobación a estabilidad:

COMPROBACIÓN A ESTABILIDAD DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA PARA EDIFICIOS ARRIOSTRADOS CTE DB SE-M (actualizado mayo 2012)

Madera	▼
C40	

b (mm)	h (mm)	L barra (mm)	A (mm ²)	ig (mm ⁴)
100	200	2.700	20.000	58
Vy (mm ³)	Vz (mm ³)	Iz (mm ⁴)	Ity (mm ⁴)	iz (mm ⁴)
666.667	333.333	16.666.667	45.666.667	29

duración carga	clase servicio	Kmod	ym
corta	3	0,7	1,3

Las solicitaciones se han de meter en las casillas en valor absoluto.

Nxd (-) (N)	Mgd (Nmm)	Mzd (Nmm)
62.812	0	2.573.000
σc,0,d (N/mm ²)	σm,y,d (N/mm ²)	σm,z,d (N/mm ²)
3,14	0,00	7,72
fc,0,k (N/mm ²)	fm,y,k (N/mm ²)	fm,z,k (N/mm ²)
26	40	40
fc,0,d (N/mm ²)	fm,y,d (N/mm ²)	fm,z,d (N/mm ²)
14,00	21,54	21,54

22 % resistencia

0 % resistencia

36 % resistencia

PANDEO FLEXIONAL	
flexión en Y (eje fuerte)	flexión en Z (eje débil)
n° apoyos intermedios	n° apoyos intermedios
0	0
βy	βz
1,0	1,0
Δy	Δz
46,77	93,53
σc,crit,y (N/mm ²)	σc,crit,z (N/mm ²)
42,42	10,61
Δrel,y	Δrel,z
0,78	1,57
Ky	Kz
0,85	1,85
χy	χz
0,83	0,35
PANDEO TORSIONAL	
BETAy	
0,95	-
σm,crit (N/mm ²)	
145,78	
Δrel,m	
0,52	
Kcrit	
1,00	

PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{e,y} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{e,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

Nxd (-)	Nxd (-), Myd y/o Mzd
-	cumple
0 %	52 %
0 %	100 %

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{e,y} f_{c,0,d}} + k_{m,y} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m,z} \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{e,z} f_{c,0,d}} + k_{m,y} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m,z} \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

PANDEO TORSIONAL_causa Myd

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

Mgd	Mgd, Nxd (-)
-	-
0 %	0 %

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{e,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

Creative Commons 2009 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia "Estructuras de madera"-NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

Comprobación a fuego:

SOMETIDOS A CARGA DE FUEGO

Compresión simple y compuesta

Obra :

Tipo de pieza :

Clase de madera:

C30

CONÍFERA

f_{c,0,k} = 23,0 N/mm²

E_{0,k} = 8,0 KN/mm²

ρ_m = 3,8 KN/m³

Resistencia característica a compresión

Módulo elástico característico

Densidad característica

Resist. al fuego :

R-60

D_{ef} = 55,0 mm

Profundidad de carbonización

Caras expuestas:

2H

+

2B

Clase de servicio:

CS 3

Exterior no protegido

B

B_{ef}

H

H_{ef}

Def

Def

1

2

1 - PROFUNDIDAD DE CARBONIZACIÓN

2 - SECCIÓN EFICAZ

Propiedades de la sección

H = 10 cm

B = 20 cm

Area = 200,0 cm²

I = 6.667 cm⁴

W = 667 cm³

Momento de inercia (de la sección completa)

Momento resistente (de la sección completa)

H_{ef} = -1,0 cm

B_{ef} = 9,0 cm

Area_{ef} = -9,0 cm²

I_{ef} = -61 cm⁴

W_{ef} = -14 cm³

Momento de inercia (de la sección eficaz)

Momento resistente (de la sección eficaz)

Cargas y coeficientes

Cargas permanentes

N_{pp} = 12,00 KN

M_{pp} = 1,10 m-KN

Y_{pp} = 1,00

Sobrecargas de uso

N_{su} = 10,00 KN

M_{su} = 1,00 m-KN

Y_{su} = 1,00

Axil mayorado

Momento flector mayorado

Coef. Mayoración

k_{fi} = 1,25

K_{mod} = 1,00

Factor de modificación en situación de incendio

Factor de modificación según ambiente y tipo de carga

K_h = 1,00

Y_m = 1,00

β_v = 0,85

β_c = 0,20

Coef. Que depende del tamaño relativo de la sección

Coef. Parcial seguridad para cálculo en situación de incendio

Coef de pandeo que depende de los apoyos del pilar

Coef de pandeo que depende del material

Inestabilidad de soportes

Se definen la esbeltez (λ) y la esbeltez relativa (λ_{rel}) y a través de ellos los coeficiente K_v y X_c para evaluar el efecto del pandeo en la estructura

Esbeltez mecánica

λ = 98,15

Esbeltez relativa

λ_{rel} = 1,68

β_v · L

√(I_{ef} / A_{ef})

λ_{rel} = λ · √(f_{c,0,k} / E_{0,k})

0,30

Hay que comprobar pandeo

K_v = 2,04

X_c = 0,312

k_v = 0,5 · (1 + β_c · (λ_{rel} - 0,3)) + λ_{rel}²

X_c = 1 / (k_v + √(k_v² - λ_{rel}²))

Estado límite último compresión

f_{c,0,d} = 9,0 N/mm²

Capacidad resistente máxima a compresión del material

σ_{c,0,d} = -180,0 N/mm²

Tensión aplicada en la sección eficaz

-2007%

f_{c,0,d} · k_{fi} · f_{c,0,k} / Y_m

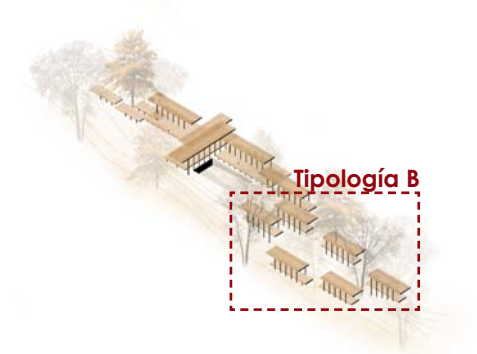
σ_d = (N_{pp} · * + N_{su} · * + M_{pp} · * + M_{su} · *) / (A_{ef} + W_{ef})

Condición de cumplimiento

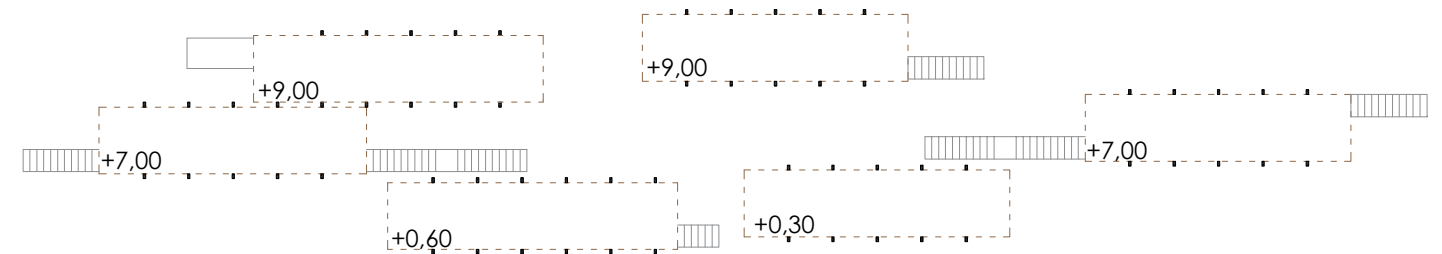
f_{c,0,d} > σ_{c,0,d}

CUMPLE

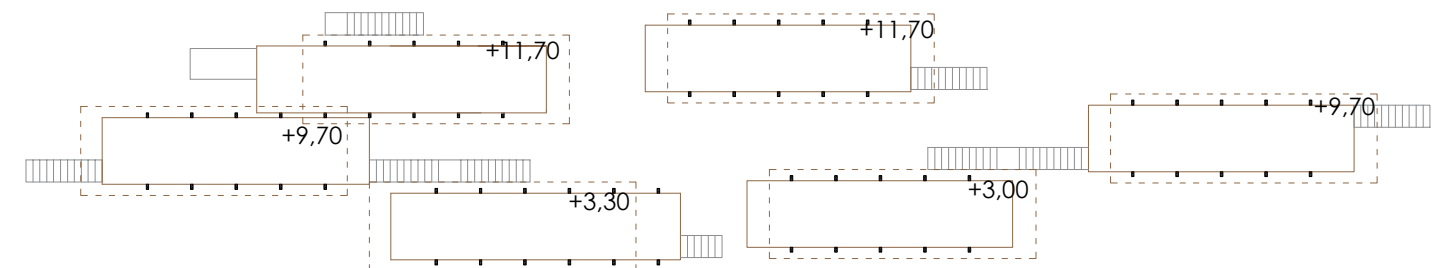
5.4. Esquema de la tipología B



Tras los cálculos y comprobaciones anteriormente realizados, tanto de plataformas como de pilares, se muestra un esquema de las secciones obtenidas en la célula de dormir, y en consecuencia, del resto de plataformas de su misma tipología por tener las mismas dimensiones.



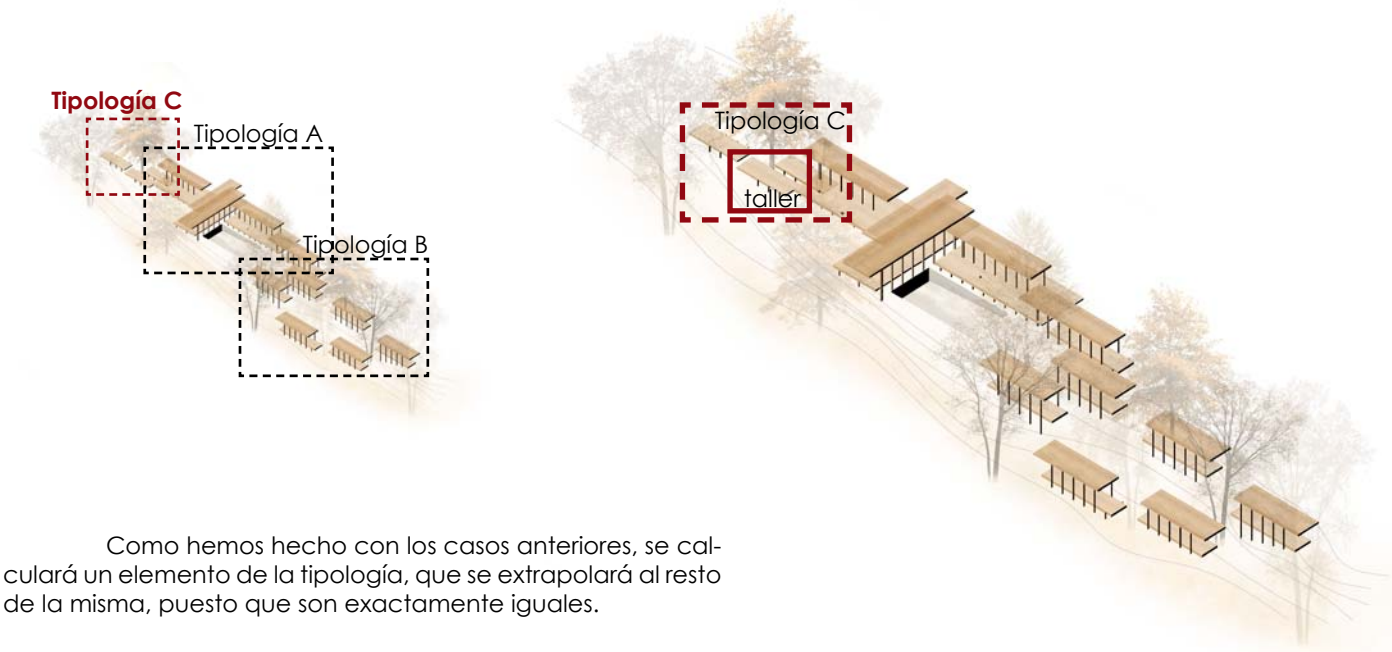
PLANTA 0
Dimensión sección de pilares 100 x 200 mm
Dimensión sección de plataformas 162 mm



PLANTA 1
Dimensión sección de pilares 100 x 200 mm
Dimensión sección de plataformas 162 mm

06. CÁLCULO Y COMPROBACIONES DE UNA PLATAFORMA DE TALLER EN VOLADIZO

6.1. Modelizado y predimensionado

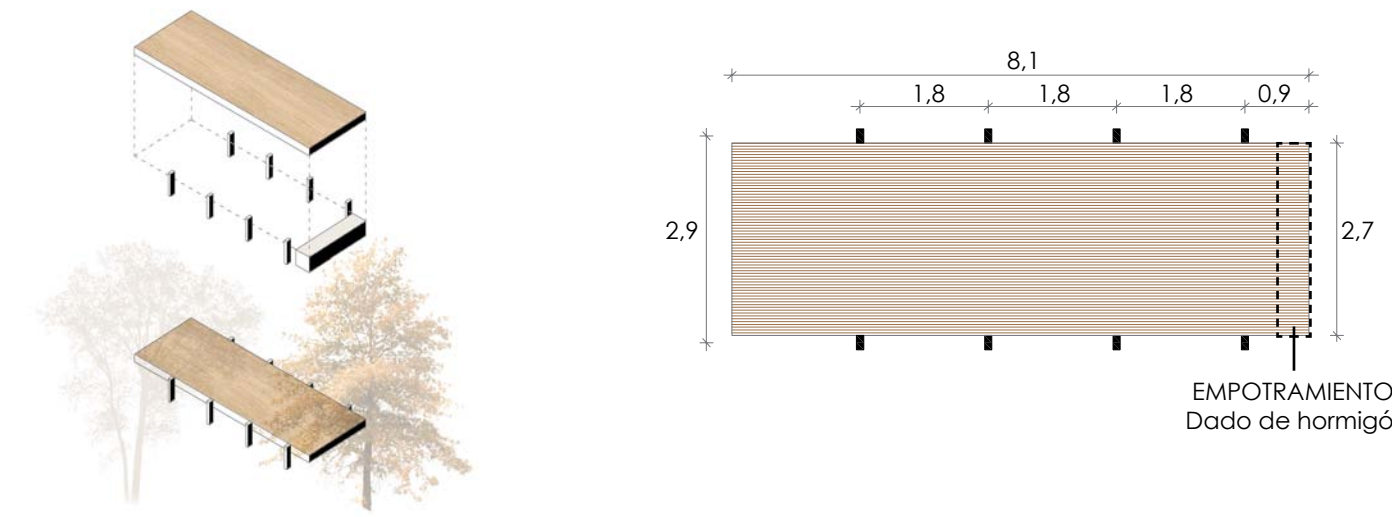


Como hemos hecho con los casos anteriores, se calculará un elemento de la tipología, que se extrapolará al resto de la misma, puesto que son exactamente iguales.

Analizaremos por último la **tipología C (talleres exteriores)**, y de ella tomaremos una de las plataformas de taller. Como se observa en los esquemas, esta estructura está formada por una única plataforma de madera contralaminada exterior, pilares de sección rectangular de madera aserrada, y un dado de hormigón.

Toda la estructura está modulada con un **módulo de 0,90**. La **plataforma** tienen una dimensión de **8,1 x 2,7** m. En cuanto a los **pilares**, tiene una luz de **1,80 m** a eje de pilar, y una altura de **0,60 m** entre unión de madera contralaminada y unión de la cimentación.

Se predimensionará la madera contralaminada a partir de las tablas obtenidas en el catálogo KHL y teniendo en cuenta que, para conseguir un proyecto unitario, deberemos tener espesores de plataforma similares en las tres tipologías. Por otro lado, se predimensionan los pilares rectangulares de **10 x 20 cm**.



La estructura de la plataforma en voladizo está constituida por medio de tableros de madera contralaminada de la casa comercial KHL, como en los casos anteriores. Igual que en la célula de dormir, esta plataforma está constituida por un único vano por lo que utilizaremos las tablas de predimensionado de un solo vano.

Las cargas son las siguientes: $1,07 \text{ KN/m}^2 \times 1,35 + 3 \text{ KN/m}^2 \times 1,50 = 1,45 \text{ KN/m}^2 + 4,5 \text{ KN/m}^2$

Sobre-carga constante	Carga útil		ANCHO INTERIOR DE VANO EN VIGAS DE UN VANO l									
$g_k^*)$	n_k		3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m	
[kN/m ²]	CAT	[kN/m ²]										
1,00	A	1,50	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 95 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	
		2,00			3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 145 DL	5c 182 DL	5c 200 DL		
		2,80						5c 162 DL				5c 182 DL
	B	3,00			3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL		5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	
		3,50						3c 90 DL				3c 108 DL
	C	4,00	3c 95 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 145 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 230 DL		
1,50	A	1,50	3c 78 DL	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	5c 200 DL	
		2,00	3c 90 DL	3c 95 DL		3c 108 DL					5c 140 DL	5c 145 DL
		2,80			3c 120 DL		5c 140 DL	5c 145 DL	5c 162 DL	5c 182 DL		
	B	3,00				3c 95 DL					3c 120 DL	5c 140 DL
		3,50			3c 95 DL		3c 120 DL	5c 145 DL	5c 182 DL	5c 200 DL		
	C	4,00	3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 145 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 230 DL	
2,00	A	1,50	3c 90 DL	3c 95 DL	3c 108 DL	5c 140 DL	5c 145 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	
		2,00			3c 120 DL							5c 140 DL
		2,80				3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL		
	B	3,00			3c 108 DL						3c 120 DL	5c 140 DL
		3,50				3c 95 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL		
	C	4,00	3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 230 DL	7cc 248 DL	
2,50	A	1,50	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 230 DL	
		2,00			5c 140 DL							5c 162 DL
		2,80				5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL		
	B	3,00			5c 140 DL						5c 162 DL	5c 182 DL
		3,50				3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL		
	C	4,00	3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 230 DL	7cc 248 DL	
3,00	A	1,50	3c 90 DL	3c 108 DL	3c 120 DL	5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 230 DL	
		2,00			5c 140 DL							5c 162 DL
		2,80				5c 140 DL	5c 162 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL		
	B	3,00			3c 95 DL						3c 120 DL	5c 140 DL
		3,50				3c 95 DL	3c 120 DL	5c 145 DL	5c 182 DL	5c 200 DL		
	C	4,00	3c 108 DL	3c 120 DL	5c 145 DL	5c 182 DL	5c 200 DL	7cc 208 DL	7cc 230 DL	7cc 248 DL		

*) Peso adicional al peso propio de los elementos KLH (el peso propio de los elementos KLH ya está contemplado en la tabla)

Resistencia a la combustión:	R 0	R 30	R 60	R 90
------------------------------	-----	------	------	------

Con este procedimiento, obtenemos que para las luces y cargas del proyecto, el elemento resistente seleccionado sería un tablero de madera contralaminada de 3c 108 DL, si bien estos elementos estructurales deben garantizar una resistencia al fuego R60, por lo que se escoge el tablero **5c 140 DL**.

NOTA: Para que el proyecto mantenga su idea de unidad en cuanto a plataformas, se decide tomar el mismo espesor de tablero de madera contralaminada que en los casos anteriores, de manera que todo el proyecto tenga el mismo espesor de plataformas y se lea como un único proyecto. Por tanto, se comprobará con dicho espesor de tablero, **5c 162 DL**.

6.2. Comprobación de la plataforma

Para la comprobación estructural de estos elementos, se han utilizado las tensiones obtenidas mediante el programa Architrave y las indicaciones del CT-DB-SE-M. Al igual que en los casos anteriores, comprobaremos que la tensión en la membrana sumado a la tensión que surge como consecuencia de la flexión de esta, no supera la tensión admisible de la madera.

Antes de comenzar con el cálculo de la tensión admisible de la madera, estableceremos, de la misma manera que en los casos anteriores, una clasificación de las acciones, tal y como lo establece el CTE-DB-SE-M. Las acciones que solicitan a los elementos considerados deben asignarse a una de las clases de duración de la carga establecidas en la tabla inferior:

- Peso Propio y Permanentes: Permanentes.
- Sobrecarga de Uso: Media.
- Sobrecarga de Nieve: Corta.

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones		
Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Además a cada elemento estructural considerado debe asignarse a una de las clases de servicio definidas a continuación, en función de las condiciones ambientales previstas.

- **Clase de servicio 1:** La humedad de equilibrio higroscópico media en la mayoría de las coníferas no excede el 12%. En esta clase se encuentran, en general, las estructuras de madera expuestas a un ambiente interior.
- **Clase de servicio 2:** La humedad de equilibrio higroscópico media en la mayoría de las coníferas no excede el 20%. En esta clase se encuentran, en general, las estructuras de madera a cubierto, pero abiertas y expuestas al ambiente exterior, como es el caso de cobertizos y viseras.
- **Clase de servicio 3:** La humedad de equilibrio higroscópico media en la mayoría de las coníferas excede el 20%. En esta clase se encuentran, en general, las estructuras de madera expuestas a un ambiente exterior sin cubrir.

La plataforma en voladizo con función de taller se encuentra expuesta al exterior, por lo que nos encontramos dentro de la **Clase de Servicio 3**. Una vez considerada esta clasificación, debemos obtener la tensión admisible de la madera según la siguiente fórmula:

$$X_d = k_{mod} \cdot \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right)$$

siendo,

- Xd el valor de cálculo;
- Kmod factor de modificación, cuyos valores figuran en la tabla 2.4 teniendo en cuenta, previamente, la clase de duración de la combinación de carga de acuerdo con la tabla 2.2 y la clase de servicio anterior
- Xk valor característico de la propiedad del material;
- γM coeficiente parcial de seguridad para la propiedad del material definido en la tabla siguiente.

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γM.	
Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	1,0

De manera simplificada, puede adoptarse el coeficiente 1,30 para todos los casos. De este modo, utilizaremos dicho valor.

Tabla 2.4 Valores del factor k_{mod}							
Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza	UNE-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	UNE-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera microlaminada	UNE-EN 14374, UNE-EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero contrachapado	UNE-EN 636						
	Tipo EN 636-1,2 y 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-2 y 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero de virutas orientadas (OSB) ¹	UNE-EN 300						
	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de partículas	UNE-EN 312						
	Tipo P4, Tipo P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	Tipo P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	Tipo P6, Tipo P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
Tablero de fibras duro	Tipo P7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
	UNE-EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Tablero de fibras semi-duro	UNE-EN 622-3						
	MBH.LA 1 o 2,	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	2	-	-	-	0,45	0,80
Tablero de fibras MDF	UNE-EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

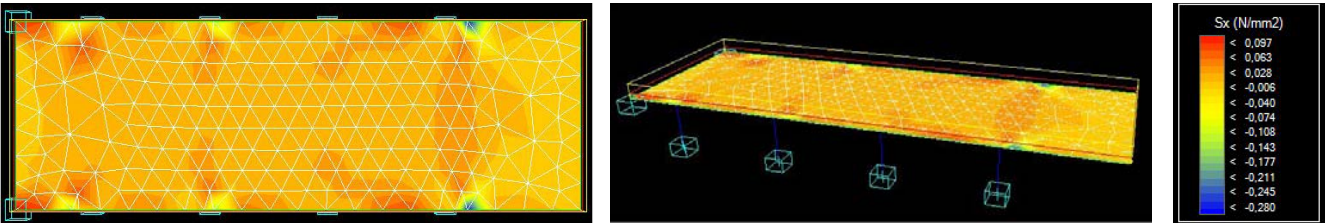
¹OSB = Oriented Strand Board. El acrónimo es usado frecuentemente en lengua inglesa y se ha acuñado como un nombre usual para el material en otros idiomas, como de hecho sucede ya en el nuestro

¹OSB = Oriented Strand Board. El acrónimo es usado frecuentemente en lengua inglesa y se ha acuñado como un nombre usual para el material en otros idiomas, como de hecho sucede ya en el nuestro

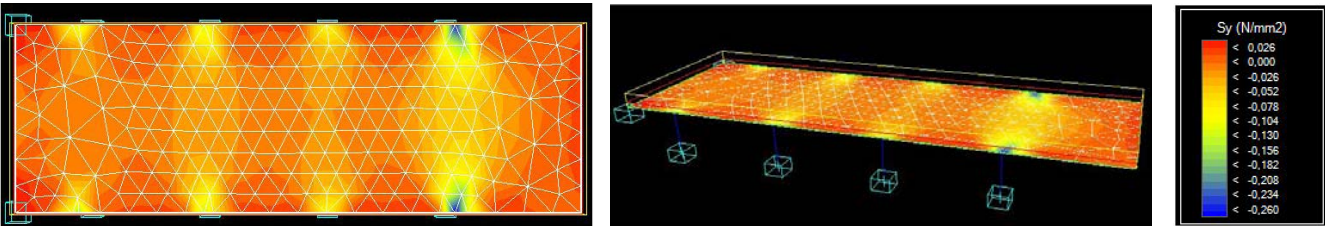
Con todos los valores anteriores y conociendo que si en una combinación de acciones existen acciones pertenecientes a diferentes clases de duración el factor Kmod debe elegirse como el correspondiente a la acción de más corta duración. Introduciendo todos estos valores en la fórmula anterior, obtenemos una tensión admisible del tablero de madera contralaminada:

Xd= Kmod · (Xk/ γM) = 0,70 · (24/1,30)= 12,92 N/mm²

Como se trata de elementos superficiales, con la combinación de Estados Límites Últimos más desfavorable, obtenemos mediante Architrave los valores de tensión de membrana S_x y S_y , mas desfavorables en valor absoluto:

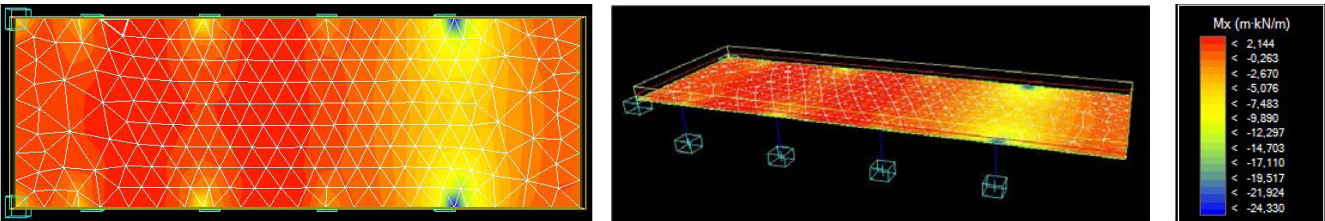


Tensión de membrana $S_x = 0,280$

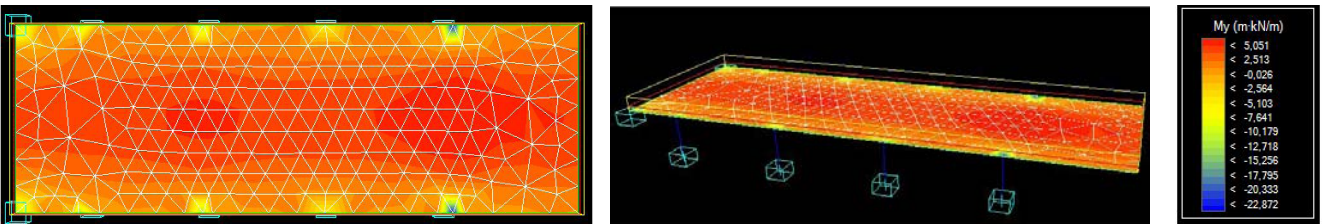


Tensión de membrana $S_y = 0,260$

Además de las tensiones anteriores, debemos calcular las tensiones debidas a la flexión de la placa. Para ello, tomaremos, al igual que en los valores de tensión de membrana, los más desfavorables en valor absoluto:

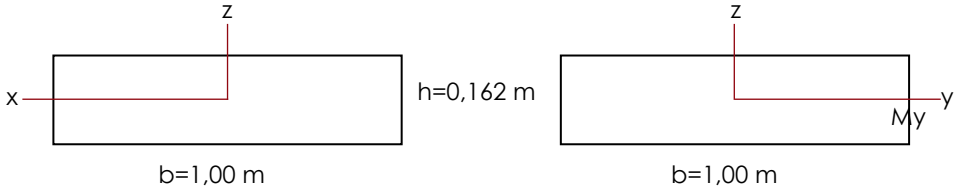


Flexión de placa $M_x = 24,330$



Flexión de placa $M_y = 22,872$

Tras la obtención de estos resultados, calcularemos el momento de inercia de la sección (I):



$$I_x = (b \cdot h)^3 / 12 = (1 \cdot 0,162)^3 / 12 = 3,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$
$$I_y = I_x = (b \cdot h)^3 / 12 = (1 \cdot 0,162)^3 / 12 = 3,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

Con los momentos de inercia ya calculados, obtenemos ahora las tensiones S_x y S_y correspondientes a la flexión de la placa:

$$S_x = M_x / (I_x / z) = 24,330 \cdot 10^6 / ((3,54 \cdot 10^{-4} \cdot 10^9) / (0,162/2)) = 5,57 \text{ N/mm}^2$$
$$S_y = M_y / (I_y / z) = 22,872 \cdot 10^6 / ((3,54 \cdot 10^{-4} \cdot 10^9) / (0,162/2)) = 5,23 \text{ N/mm}^2$$

Por último, comprobaremos que la suma de las tensiones de la placa no supera la tensión admisible de la madera, es decir,

$$S_x + S_y + S_x + S_y < X_d$$

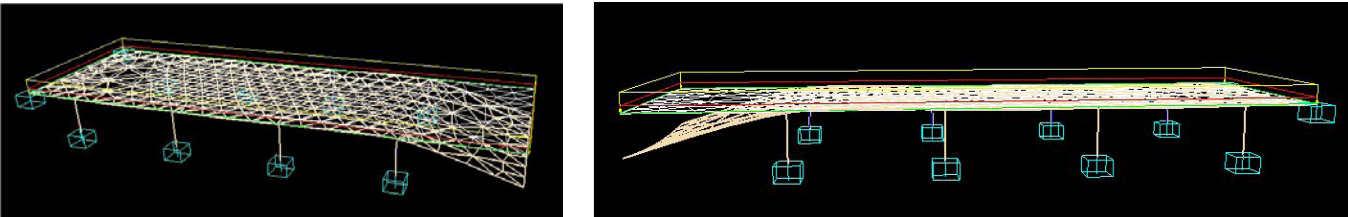
Sustituyendo con nuestros valores:

$$0,280 \text{ N/mm}^2 + 0,260 \text{ N/mm}^2 + 5,57 \text{ N/mm}^2 + 5,23 \text{ N/mm}^2 = 11,34 \text{ N/mm}^2 < X_d = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

Después de esta comprobación podemos dar por apto el tablero de madera contralaminada:

KHL 5c 162 DL

ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO DEFORMADA

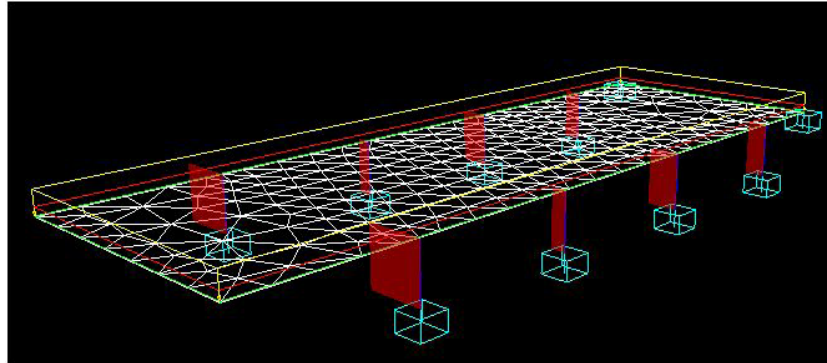


Se adjuntan dos imágenes de la deformada del modelo bajo las combinaciones de acciones citadas anteriormente para el cumplimiento de aptitud de servicio.

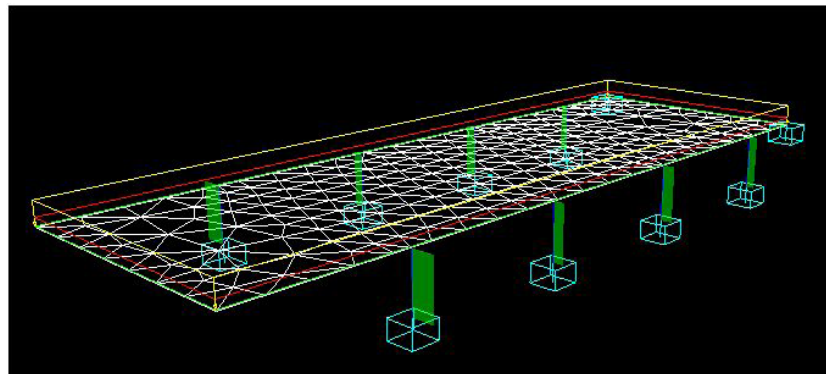
Si bien el programa realiza el cálculo de la hipótesis y muestra su deformada, no se puede obtener un valor numérico de la flecha que en él se produce.

6.3. Comprobación de los pilares

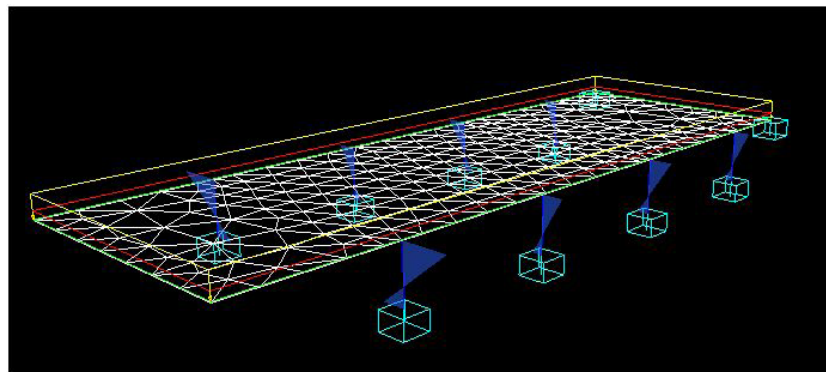
Obtendremos, en primer lugar los diagramas de solicitaciones para los Estados Límites Últimos:



Axiles y torsores



Cortantes



Momentos

Para realizar las comprobaciones tomaremos las solicitaciones del pilar más desfavorable. En este caso, al igual que en el caso anterior, los cercanos al voladizo de 1,80 m.

Las solicitaciones de estos pilares son:

- Axil Nx: 30,037 KN
- Cortante Vz: 3,602 KN
- Cortante Vy: 12,434 KN
- Flector Mz: 2,308 KN·m

Comprobación a resistencia:

COMPROBACIONES A RESISTENCIA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA (actualización mayo 2012)

Madera	b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ⁴)	Wz (mm ⁴)
C40	100	200	20000	666666,6667	333333,3333

duración carga	clase de servicio	Kmod	γm
corta	3	0,7	1,3

Nxd (+) (N)	Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)	Tzd (N)	Tyd (N)	Nxd (-) (N) OBLICUA	α°
30.037	0	0	2.308.000	3.602	12.434	0	0
σt,0,d (N/mm ²)	σc,0,d (N/mm ²)	σm,y,d (N/mm ²)	σm,z,d (N/mm ²)	Tzd (N/mm ²)	Tyd (N/mm ²)	σc,α,d (N/mm ²)	
1,50	0,00	0,00	6,92	0,27	0,93	0,00	
ft,0,k (N/mm ²)	fc,0,k (N/mm ²)	fm,y,k (N/mm ²)	fm,z,k (N/mm ²)	fv,z,k (N/mm ²)	fv,y,k (N/mm ²)	fc,90,k (N/mm ²)	
24	26	40	40	3,8	3,8	2,9	
ft,0,d (N/mm ²)	fc,0,d (N/mm ²)	fm,y,d (N/mm ²)	fm,z,d (N/mm ²)	fv,z,d (N/mm ²)	fv,y,d (N/mm ²)	fc,α,d (N/mm ²)	
12,92	14,00	21,54	21,54	2,05	2,05	1,56	
-	-	-	-	cumple	cumple	-	
12 %	0 %	0 %	32 %	13 %	46 %	0 %	

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx(+)	Myd, Mzd, Nx(-)
-	cumple	-

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

0 % 0 % 0 % 34 % 44 % 0 % 0 %

Comprobación a estabilidad:

COMPROBACIÓN A ESTABILIDAD DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA PARA EDIFICIOS ARRIOSTRADOS CTE DB SE-M (actualizado mayo 2012)

Madera	b (mm)	h (mm)	L barra (mm)	A (mm ²)	ig (mm ⁴)
C40	100	200	600	20.000	58

Ψy (mm ³)	Ψz (mm ³)	Iz (mm ⁴)	Itoy (mm ⁴)	Iz (mm ⁴)
666.667	333.333	16.666.667	45.666.667	29

duración carga	clase de servicio	Kmod	γm
corta	3	0,7	1,3

Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)
30.037	0	2.308.000
σc,0,d (N/mm ²)	σm,y,d (N/mm ²)	σm,z,d (N/mm ²)
1,50	0,00	6,92
fc,0,k (N/mm ²)	fm,y,k (N/mm ²)	fm,z,k (N/mm ²)
26	40	40
fc,0,d (N/mm ²)	fm,y,d (N/mm ²)	fm,z,d (N/mm ²)
14,00	21,54	21,54
11 % resistencia	0 % resistencia	32 % resistencia

PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)	
Nxd (-)	Nxd (-), Myd y/o Mzd
-	cumple
0 %	33 %
0 %	43 %

PANDEO TORSIONAL_causa Myd	
Myd	Myd, Nxd (-)
-	-
0 %	0 %

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{cy} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{cz} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{cz} f_{c,0,d}} \leq 1$$

0 % 0 % 0 %

PANDEO FLEXIONAL	
flexión en Y (eje fuerte)	flexión en Z (eje débil)
n° apoyos intermedios	n° apoyos intermedios
0	0
βy	βz
1,0	1,0
Δy	Δz
10,39	20,78
σc,crit,y (N/mm ²)	σc,crit,z (N/mm ²)
859,02	214,76
Arel,y	Arel,z
0,17	0,35
Ky	Kz
0,50	0,57
χy	χz
1,00	0,99

PANDEO TORSIONAL	
BETAv	
0,95	-
σm,crit (N/mm ²)	
855,99	
Arel,m	
0,25	
Korit	
1,00	

Comprobación a fuego:

SOMETIDOS A CARGA DE FUEGO

Compresión simple y compuesta

Obra :

Tipo de pieza :

Clase de madera:

C30

CONÍFERA

$f_{c,0,k}$

23,0

N/mm²

Resistencia característica a compresión

$E_{0,k}$

8,0

KN/mm²

Módulo elástico característico

ρ_m

3,8

KN/m³

Densidad característica

Resist. al fuego :

R-60

D_{ef}

55,0

mm

Profundidad de carbonización

Caras expuestas:

2H

+

2B

Clase de servicio:

CS 3

Exterior no protegido

B

B_{ef}

H

H_{ef}

Def

1

2

1 - PROFUNDIDAD DE CARBONIZACIÓN

2 - SECCIÓN EFICAZ

Propiedades de la sección

H =

10

cm

B =

20

cm

Area =

200,0

cm²

I =

6.667

cm⁴

W =

667

cm³

Momento de inercia (de la sección completa)

Momento resistente (de la sección completa)

H_{ef} =

-1,0

cm

B_{ef} =

9,0

cm

Area_{ef} =

-9,0

cm²

I_{ef} =

-61

cm⁴

W_{ef} =

-14

cm³

Momento de inercia (de la sección eficaz)

Momento resistente (de la sección eficaz)

Cargas y coeficientes

Cargas permanentes

N_{pp} =

12,00

KN

M_{pp} =

1,10

m-KN

Y_{pp} =

1,00

Sobrecargas de uso

N_{su} =

10,00

KN

M_{su} =

1,00

m-KN

Y_{su} =

1,00

Axíl mayorado

Momento flector mayorado

Coef. Mayoración

k_{fi} =

1,25

Factor de modificación en situación de incendio

K_{mod} =

1,00

Factor de modificación según ambiente y tipo de carga

K_h =

1,00

Coef. Que depende del tamaño relativo de la sección

Y_m =

1,00

Coef. Parcial seguridad para cálculo en situación de incendio

β_v =

0,85

Coef de pandeo que depende de los apoyos del pilar

β_c =

0,20

Coef de pandeo que depende del material

Inestabilidad de soportes

Se definen la esbeltez (λ) y la esbeltez relativa (λ_{rel}) y a través de ellos los coeficiente K_v y X_c para evaluar el efecto del pandeo en la estructura

Esbeltez mecánica

λ =

98,15

Esbeltez relativa

λ_{rel} =

1,68

>

0,30

Hay que comprobar pandeo

K_v =

2,04

X_c =

0,312

$k_v = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3)) + \lambda_{rel}^2$

$X_c = \frac{1}{k_v + \sqrt{k_v^2 - \lambda_{rel}^2}}$

Estado límite último compresión

$f_{c,0,d}$ =

9,0

N/mm²

Capacidad resistente máxima a compresión del material

>

$\sigma_{c,0,d}$ =

-180,0

N/mm²

Tensión aplicada en la sección eficaz

-2007%

$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot X_c \cdot \frac{k_{\beta} \cdot f_{c,0,k}}{Y_m}$

>

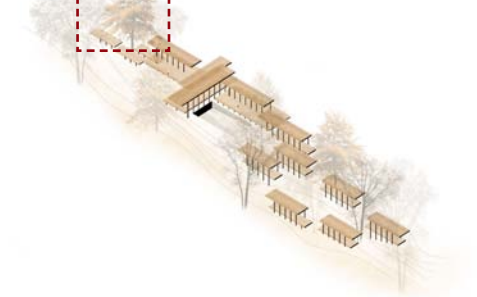
$\sigma_d = \left(\frac{N_{pp}^* + N_{su}^*}{A_{ef}} + \frac{M_{pp}^* + M_{su}^*}{W_{ef}} \right)$

Condición de cumplimiento

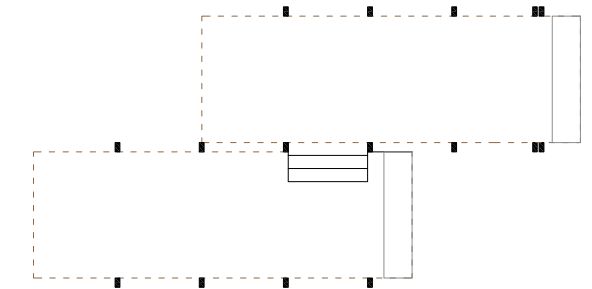
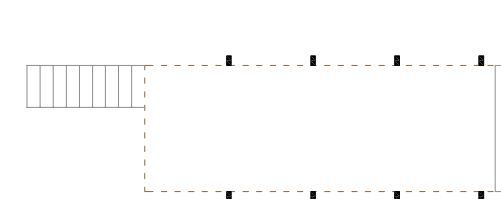
$f_{c,0,d} > \sigma_{c,0,d}$

CUMPLE

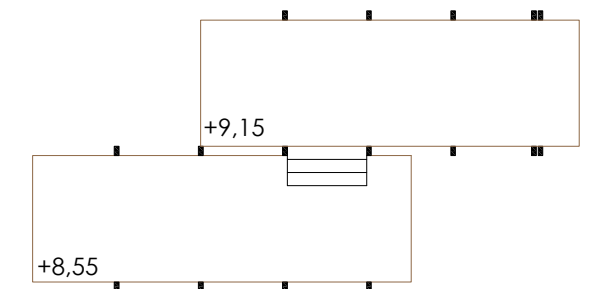
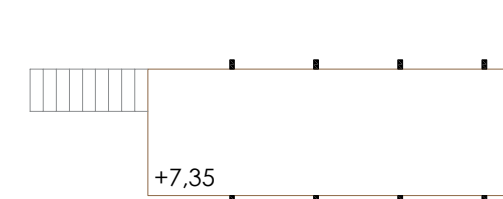
6.4. Esquema de la tipología C



Tras los cálculos y comprobaciones anteriormente realizados, tanto de plataformas como de pilares, se muestra un esquema de las secciones obtenidas en el taller en voladizo, y en consecuencia, del resto de plataformas de su misma tipología por tener las mismas dimensiones.



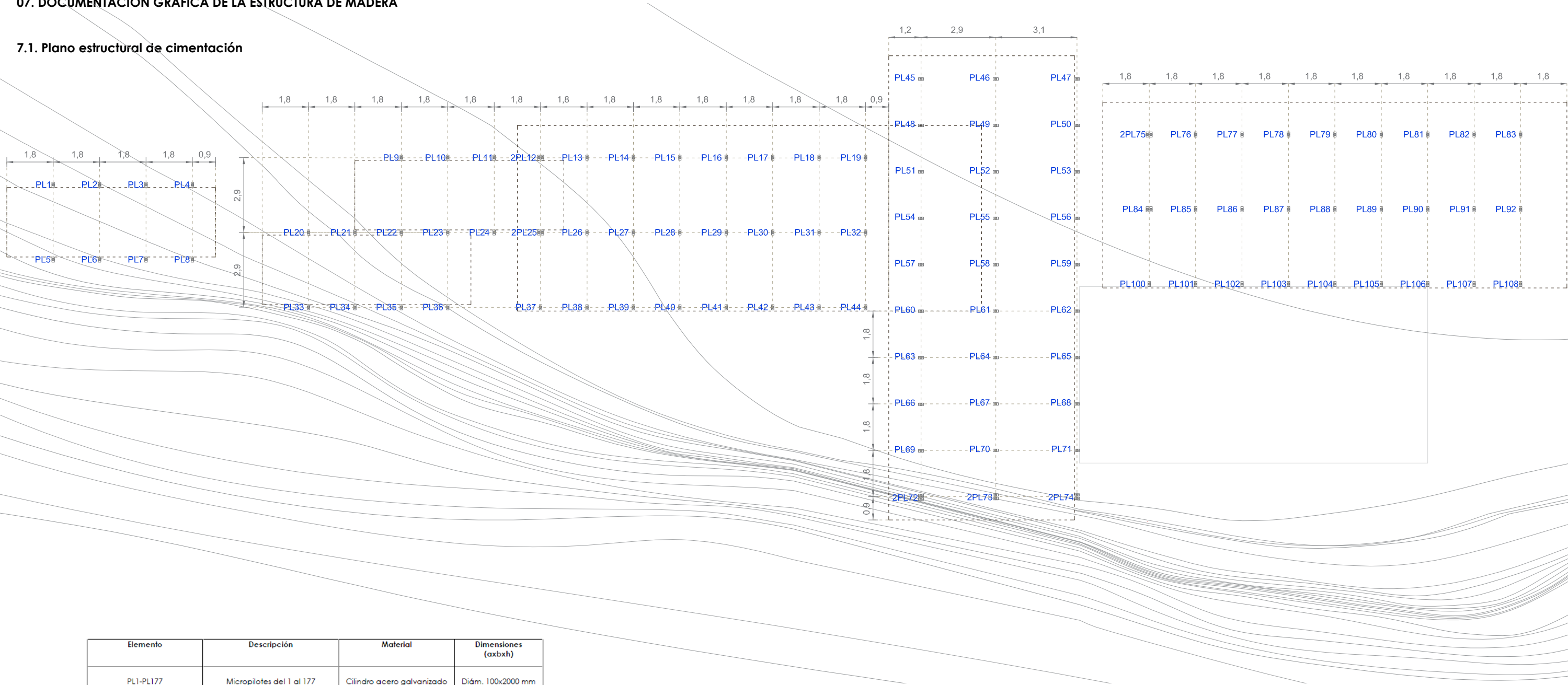
PLANTA 0
Dimensión sección de pilares 100 x 200 mm
Dimensión dado de hormigón 600 x 600 x 2700 mm



PLANTA 1
Dimensión sección de pilares 100 x 200 mm
Dimensión sección de plataformas 162 mm

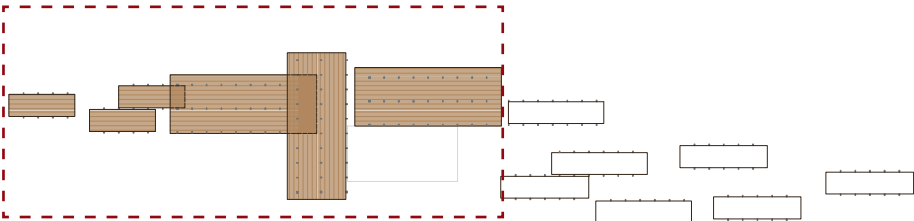
07. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE LA ESTRUCTURA DE MADERA

7.1. Plano estructural de cimentación

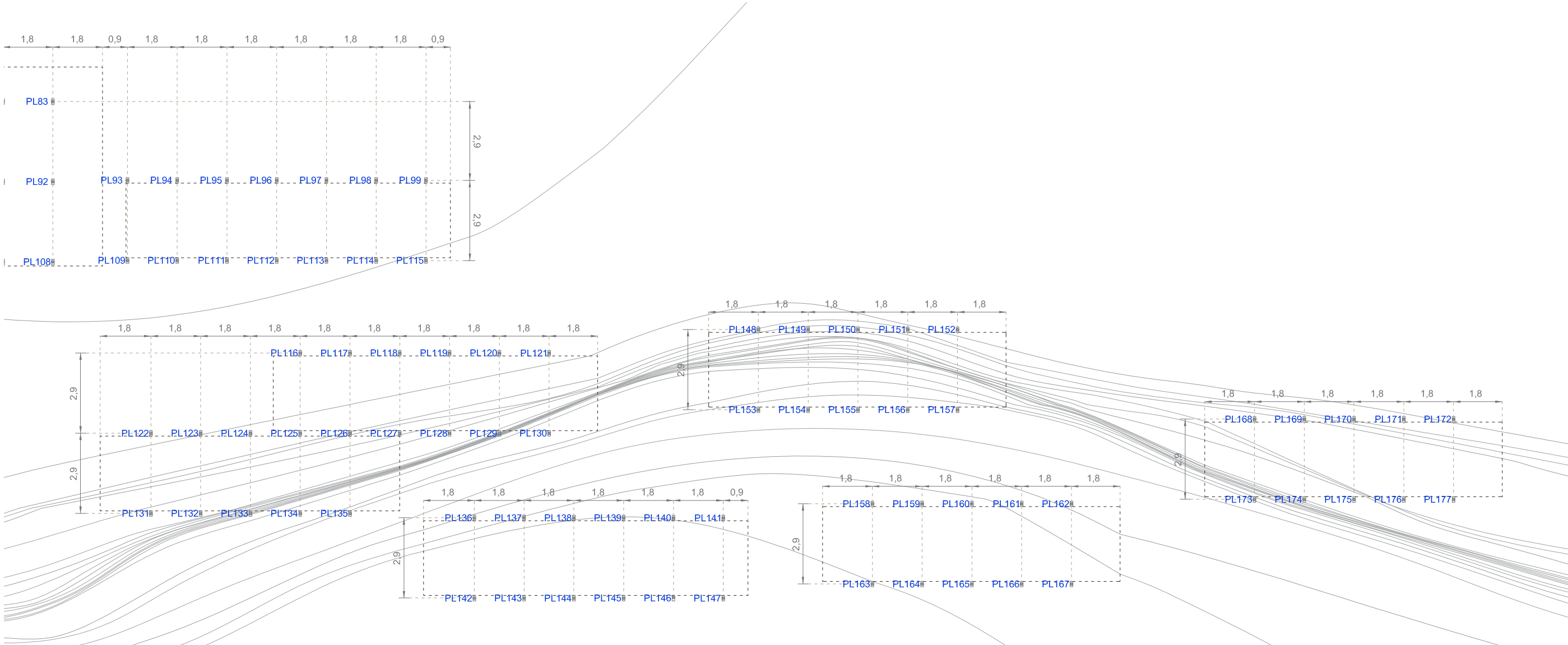


Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PL1-PL177	Micropilotes del 1 al 177	Cilindro acero galvanizado	Diám. 100x2000 mm
P1-P8, P9-P11, P20-P24, P33-P36	Pilares PT1, PT2 y PT3 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 600 mm
2P12-P18, 2P25-P31	Pilares PT4 hasta cubierta PT14	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P19, P32, P37-P44	Pilares PT4 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 900 mm
P45, P46,P48, P51, P54, P57, P60, P63,P66	Pilares PT5 hasta cubierta PT15	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4200 mm
P49-P50, P52-P53, P55-P56, P58-P59, P61-P62,P64-P65, P67-P68, P70-P71, 2P73-74	Pilares PT5 hasta cubierta PT16	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4800 mm
P47, P69, 2P72	Pilares PT5 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1500 mm
2P75-P81, 2P84-P90	Pilares PT6 hasta cubierta PT17	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3900 mm
P82-P83, P91-P92, P100-P108	Pilares PT6 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1200 mm
P93-P99, P109-P115	Pilares PT7 hasta cubierta PT18	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P116-P121, P125-P130	Pilares PT8 hasta cubierta PT19	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P122-P124, P131-P135	Pilares PT9 hasta cubierta PT20	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P136-P147	Pilares PT10 hasta cubierta PT21	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P148-P157	Pilares PT11 hasta cubierta PT22	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P158-P167	Pilares PT12 hasta cubierta PT23	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P168-P177	Pilares PT13 hasta cubierta PT24	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm

Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PT1-PT3	Plataformas del forjado 1-3	Madera contralaminada C24	2700 x 8100 x 162 mm
PT4-PT6	Plataformas del forjado 4-6	Madera contralaminada C24	7200 x 18000 x 162 mm
PT7-PT8, PT10	Plataformas del forjado 7,8,10	Madera contralaminada C24	2700 x 11700 x 162 mm
PT9, PT11-PT13	Plataformas del forjado 9,11,12,13	Madera contralaminada C24	2700 x 10800 x 162 mm
PT14-PT15, PT17-PT18	Plataformas del forjado 14,15,17,18	Madera contralaminada C24	3600 x 14400 x 162 mm
PT16	Plataforma del forjado 16	Madera contralaminada C24	4500 x 18000 x 162 mm
PT19-PT24	Plataformas del forjado 19-24	Madera contralaminada C24	3600 x 10800 x 162 mm

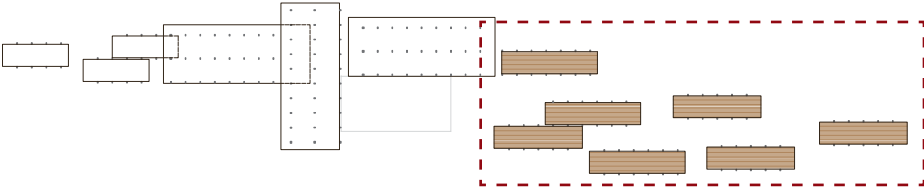


7.1. Plano estructural de cimentación



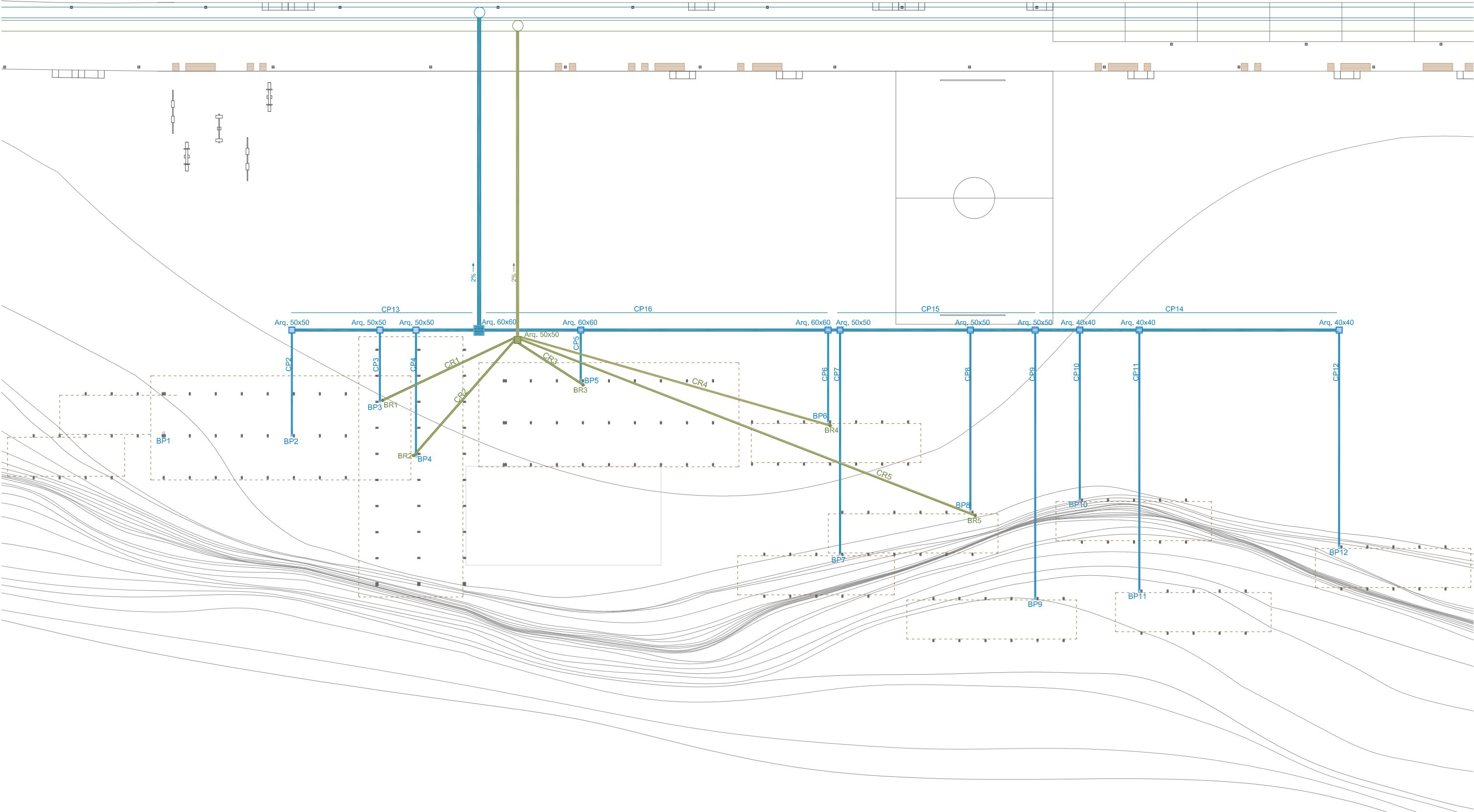
Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PL1-PL177	Micropilotes del 1 al 177	Cilindro acero galvanizado	Diám. 100x2000 mm
P1-P8, P9-P11, P20-P24, P33-P36	Pilares PT1, PT2 y PT3 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 600 mm
2P12-P18, 2P25-P31	Pilares PT4 hasta cubierta PT14	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P19, P32, P37-P44	Pilares PT4 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 900 mm
P45, P46,P48, P51, P54, P57, P60, P63,P66	Pilares PT5 hasta cubierta PT15	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4200 mm
P49-P50, P52-P53, P55-P56, P58-P59, P61-P62,P64-P65, P67-P68, P70-P71, 2P73-74	Pilares PT5 hasta cubierta PT16	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4800 mm
P47, P69, 2P72	Pilares PT5 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1500 mm
2P75-P81, 2P84-P90	Pilares PT6 hasta cubierta PT17	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3900 mm
P82-P83, P91-P92, P100-P108	Pilares PT6 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1200 mm
P93-P99, P109-P115	Pilares PT7 hasta cubierta PT18	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P116-P121, P125-P130	Pilares PT8 hasta cubierta PT19	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P122-P124, P131-P135	Pilares PT9 hasta cubierta PT20	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P136-P147	Pilares PT10 hasta cubierta PT21	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P148-P157	Pilares PT11 hasta cubierta PT22	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P158-P167	Pilares PT12 hasta cubierta PT23	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P168-P177	Pilares PT13 hasta cubierta PT24	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm

Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PT1-PT3	Plataformas del forjado 1-3	Madera contralaminada C24	2700 x 8100 x 162 mm
PT4-PT6	Plataformas del forjado 4-6	Madera contralaminada C24	7200 x 18000 x 162 mm
PT7-PT8, PT10	Plataformas del forjado 7,8,10	Madera contralaminada C24	2700 x 11700 x 162 mm
PT9, PT11-PT13	Plataformas del forjado 9,11,12,13	Madera contralaminada C24	2700 x 10800 x 162 mm
PT14-PT15, PT17-PT18	Plataformas del forjado 14,15,17,18	Madera contralaminada C24	3600 x 14400 x 162 mm
PT16	Plataforma del forjado 16	Madera contralaminada C24	4500 x 18000 x 162 mm
PT19-PT24	Plataformas del forjado 19-24	Madera contralaminada C24	3600 x 10800 x 162 mm



PLANTA CIMENTACIÓN ESCALA 1.150

7.1. Plano estructural de cimentación. Paso de instalaciones

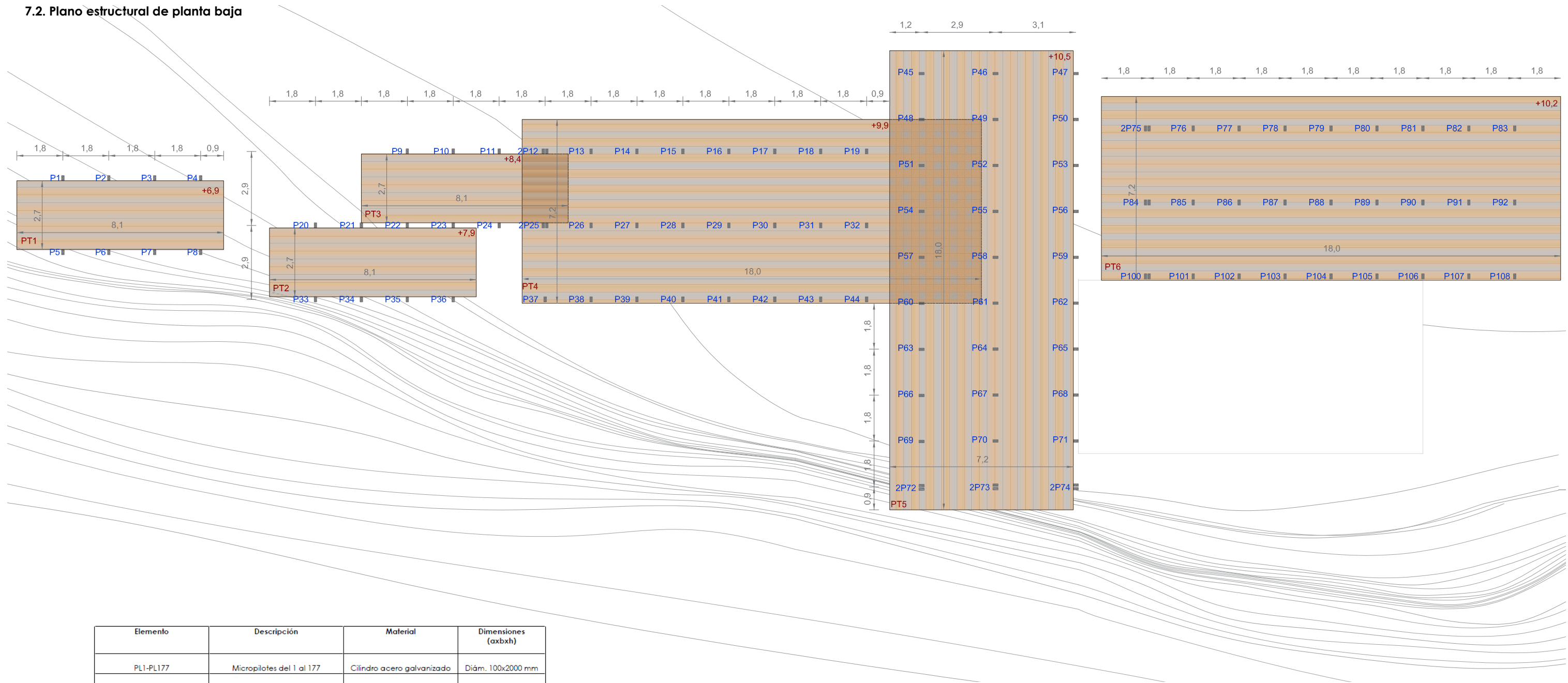


PLANTA CIMENTACIÓN ESCALA 1:250

PFC **MARÍA BARREDA TRAVER**
Colonia Juvenil Taller 2 2014/2015
Tutor: Alberto García Burgos
• MEMORIA ESTRUCTURAL **E23**

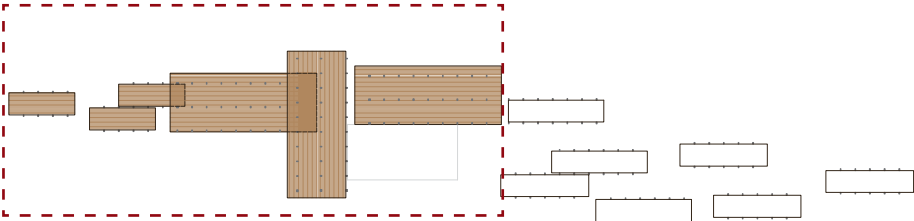
UPI

7.2. Plano estructural de planta baja

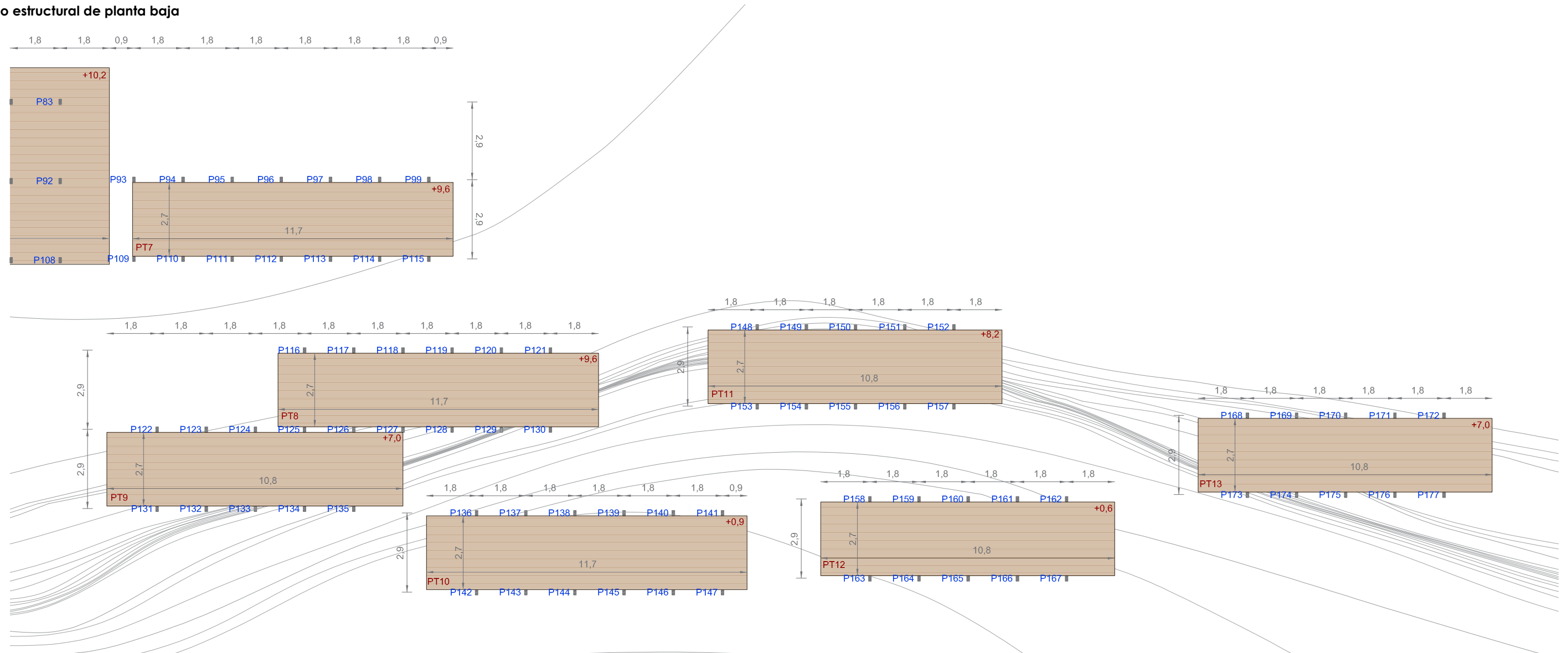


Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PL1-PL177	Micropilotes del 1 al 177	Cilindro acero galvanizado	Diám. 100x2000 mm
P1-P8, P9-P11, P20-P24, P33-P36	Pilares PT1, PT2 y PT3 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 600 mm
2P12-P18, 2P25-P31	Pilares PT4 hasta cubierta PT14	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P19, P32, P37-P44	Pilares PT4 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 900 mm
P45, P46,P48, P51, P54, P57, P60, P63,P66	Pilares PT5 hasta cubierta PT15	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4200 mm
P49-P50, P52-P53, P55-P56, P58-P59, P61-P62,P64-P65, P67-P68, P70-P71, 2P73-74	Pilares PT5 hasta cubierta PT16	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4800 mm
P47, P69, 2P72	Pilares PT5 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1500 mm
2P75-P81, 2P84-P90	Pilares PT6 hasta cubierta PT17	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3900 mm
P82-P83, P91-P92, P100-P108	Pilares PT6 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1200 mm
P93-P99, P109-P115	Pilares PT7 hasta cubierta PT18	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P116-P121, P125-P130	Pilares PT8 hasta cubierta PT19	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P122-P124, P131-P135	Pilares PT9 hasta cubierta PT20	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P136-P147	Pilares PT10 hasta cubierta PT21	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P148-P157	Pilares PT11 hasta cubierta PT22	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P158-P167	Pilares PT12 hasta cubierta PT23	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P168-P177	Pilares PT13 hasta cubierta PT24	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm

Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PT1-PT3	Plataformas del forjado 1-3	Madera contralaminada C24	2700 x 8100 x 162 mm
PT4-PT6	Plataformas del forjado 4-6	Madera contralaminada C24	7200 x 18000 x 162 mm
PT7-PT8, PT10	Plataformas del forjado 7,8,10	Madera contralaminada C24	2700 x 11700 x 162 mm
PT9, PT11-PT13	Plataformas del forjado 9,11,12,13	Madera contralaminada C24	2700 x 10800 x 162 mm
PT14-PT15, PT17-PT18	Plataformas del forjado 14,15,17,18	Madera contralaminada C24	3600 x 14400 x 162 mm
PT16	Plataforma del forjado 16	Madera contralaminada C24	4500 x 18000 x 162 mm
PT19-PT24	Plataformas del forjado 19-24	Madera contralaminada C24	3600 x 10800 x 162 mm

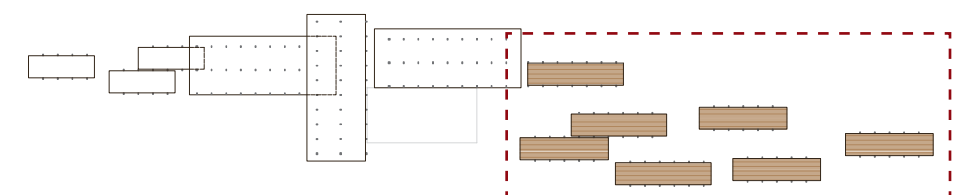


7.2. Plano estructural de planta baja

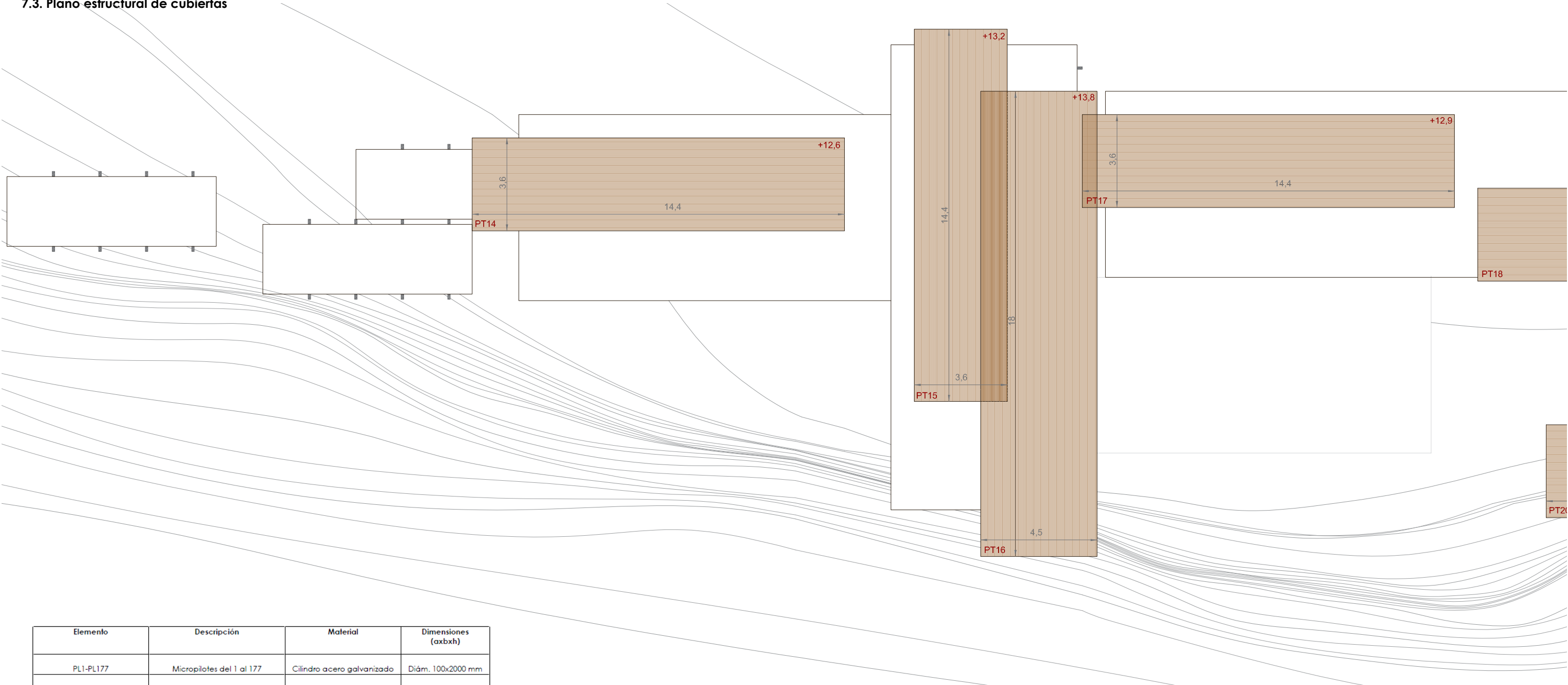


Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PL1-PL177	Micropilotes del 1 al 177	Cilindro acero galvanizado	Diám. 100x2000 mm
P1-P8, P9-P11, P20-P24, P33-P36	Pilares PT1, PT2 y PT3 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 600 mm
2P12-P18, 2P25-P31	Pilares PT4 hasta cubierta PT14	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P19, P32, P37-P44	Pilares PT4 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 900 mm
P45, P46-P48, P51, P54, P57, P60, P63-P66	Pilares PT5 hasta cubierta PT15	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4200 mm
P49-P50, P52-P53, P55-P56, P58-P59, P61-P62, P64-P65, P67-P68, P70-P71, 2P73-74	Pilares PT5 hasta cubierta PT16	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4800 mm
P47, P69, 2P72	Pilares PT5 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1500 mm
2P75-P81, 2P84-P90	Pilares PT6 hasta cubierta PT17	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3900 mm
P82-P83, P91-P92, P100-P108	Pilares PT6 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1200 mm
P93-P99, P109-P115	Pilares PT7 hasta cubierta PT18	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P116-P121, P125-P130	Pilares PT8 hasta cubierta PT19	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P122-P124, P131-P135	Pilares PT9 hasta cubierta PT20	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P136-P147	Pilares PT10 hasta cubierta PT21	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P148-P157	Pilares PT11 hasta cubierta PT22	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P158-P167	Pilares PT12 hasta cubierta PT23	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P168-P177	Pilares PT13 hasta cubierta PT24	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm

Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PT1-PT3	Plataformas del forjado 1-3	Madera contralaminada C24	2700 x 8100 x 162 mm
PT4-PT6	Plataformas del forjado 4-6	Madera contralaminada C24	7200 x 18000 x 162 mm
PT7-PT8, PT10	Plataformas del forjado 7,8,10	Madera contralaminada C24	2700 x 11700 x 162 mm
PT9, PT11-PT13	Plataformas del forjado 9,11,12,13	Madera contralaminada C24	2700 x 10800 x 162 mm
PT14-PT15, PT17-PT18	Plataformas del forjado 14,15,17,18	Madera contralaminada C24	3600 x 14400 x 162 mm
PT16	Plataforma del forjado 16	Madera contralaminada C24	4500 x 18000 x 162 mm
PT19-PT24	Plataformas del forjado 19-24	Madera contralaminada C24	3600 x 10800 x 162 mm

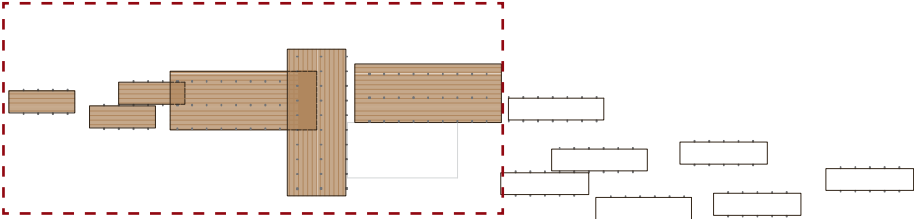


7.3. Plano estructural de cubiertas

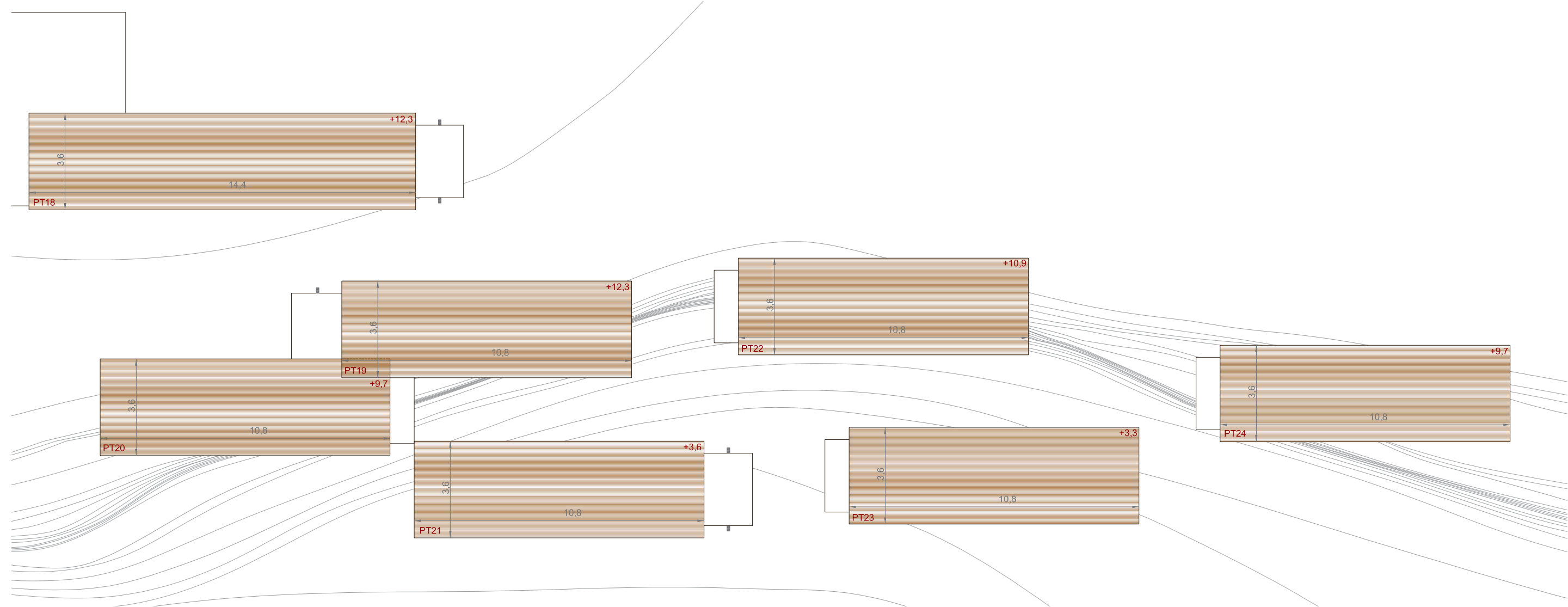


Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PL1-PL177	Micropilotes del 1 al 177	Cilindro acero galvanizado	Diám. 100x2000 mm
P1-P8, P9-P11, P20-P24, P33-P36	Pilares PT1, PT2 y PT3 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 600 mm
2P12-P18, 2P25-P31	Pilares PT4 hasta cubierta PT14	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P19, P32, P37-P44	Pilares PT4 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 900 mm
P45, P46,P48, P51, P54, P57, P60, P63,P66	Pilares PT5 hasta cubierta PT15	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4200 mm
P49-P50, P52-P53, P55-P56, P58-P59, P61-P62,P64-P65, P67-P68, P70-P71, 2P73-74	Pilares PT5 hasta cubierta PT16	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4800 mm
P47, P69, 2P72	Pilares PT5 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1500 mm
2P75-P81, 2P84-P90	Pilares PT6 hasta cubierta PT17	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3900 mm
P82-P83, P91-P92, P100-P108	Pilares PT6 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1200 mm
P93-P99, P109-P115	Pilares PT7 hasta cubierta PT18	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P116-P121, P125-P130	Pilares PT8 hasta cubierta PT19	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P122-P124, P131-P135	Pilares PT9 hasta cubierta PT20	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P136-P147	Pilares PT10 hasta cubierta PT21	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P148-P157	Pilares PT11 hasta cubierta PT22	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P158-P167	Pilares PT12 hasta cubierta PT23	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P168-P177	Pilares PT13 hasta cubierta PT24	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm

Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PT1-PT3	Plataformas del forjado 1-3	Madera contralaminada C24	2700 x 8100 x 162 mm
PT4-PT6	Plataformas del forjado 4-6	Madera contralaminada C24	7200 x 18000 x 162 mm
PT7-PT8, PT10	Plataformas del forjado 7,8,10	Madera contralaminada C24	2700 x 11700 x 162 mm
PT9, PT11-PT13	Plataformas del forjado 9,11,12,13	Madera contralaminada C24	2700 x 10800 x 162 mm
PT14-PT15, PT17-PT18	Plataformas del forjado 14,15,17,18	Madera contralaminada C24	3600 x 14400 x 162 mm
PT16	Plataforma del forjado 16	Madera contralaminada C24	4500 x 18000 x 162 mm
PT19-PT24	Plataformas del forjado 19-24	Madera contralaminada C24	3600 x 10800 x 162 mm



7.3. Plano estructural de cubiertas



Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PL1-PL177	Micropilotes del 1 al 177	Cilindro acero galvanizado	Diám. 100x2000 mm
P1-P8, P9-P11, P20-P24, P33-P36	Pilares PT1, PT2 y PT3 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 600 mm
2P12-P18, 2P25-P31	Pilares PT4 hasta cubierta PT14	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P19, P32, P37-P44	Pilares PT4 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 900 mm
P45, P46,P48, P51, P54, P57, P60, P63,P66	Pilares PT5 hasta cubierta PT15	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4200 mm
P49-P50, P52-P53, P55-P56, P58-P59, P61-P62,P64-P65, P67-P68, P70-P71, 2P73-74	Pilares PT5 hasta cubierta PT16	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 4800 mm
P47, P69, 2P72	Pilares PT5 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1500 mm
2P75-P81, 2P84-P90	Pilares PT6 hasta cubierta PT17	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3900 mm
P82-P83, P91-P92, P100-P108	Pilares PT6 hasta planta baja	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 1200 mm
P93-P99, P109-P115	Pilares PT7 hasta cubierta PT18	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P116-P121, P125-P130	Pilares PT8 hasta cubierta PT19	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P122-P124, P131-P135	Pilares PT9 hasta cubierta PT20	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P136-P147	Pilares PT10 hasta cubierta PT21	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3600 mm
P148-P157	Pilares PT11 hasta cubierta PT22	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm
P158-P167	Pilares PT12 hasta cubierta PT23	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3300 mm
P168-P177	Pilares PT13 hasta cubierta PT24	Madera aserrada pino C40	100 x 200 x 3000 mm

Elemento	Descripción	Material	Dimensiones (axbxh)
PT1-PT3	Plataformas del forjado 1-3	Madera contralaminada C24	2700 x 8100 x 162 mm
PT4-PT6	Plataformas del forjado 4-6	Madera contralaminada C24	7200 x 18000 x 162 mm
PT7-PT8, PT10	Plataformas del forjado 7,8,10	Madera contralaminada C24	2700 x 11700 x 162 mm
PT9, PT11-PT13	Plataformas del forjado 9,11,12,13	Madera contralaminada C24	2700 x 10800 x 162 mm
PT14-PT15, PT17-PT18	Plataformas del forjado 14,15,17,18	Madera contralaminada C24	3600 x 14400 x 162 mm
PT16	Plataforma del forjado 16	Madera contralaminada C24	4500 x 18000 x 162 mm
PT19-PT24	Plataformas del forjado 19-24	Madera contralaminada C24	3600 x 10800 x 162 mm

