

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

TRABAJO FIN DE MÁSTER

***<SISTEMA MODULAR DESMONTABLE DE
MADERA PARA USO TEMPORAL EN SITUACIONES
DE EMERGENCIA>***

Estudiante <RODRIGUEZ, ARTECHE, JON>
Director/Directora <CUADRADO, ROJO, JESÚS>
Departamento INGENIERÍA MECÁNICA
Curso académico <2020/2021>

BILBAO, 10, SEPTIEMBRE, 2021>

MEMORIA

ÍNDICE

1. RESUMEN / LABURPENA / SUMMARY	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. ESTADO DEL ARTE	8
3.1. SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS DE ALUMINIO Y PVC.....	8
3.1.1. ESTRUCTURA.....	9
3.1.2. CERRAMIENTO	10
3.1.3. OTRAS CARACTERÍSTICAS	11
3.2. TIENDAS DE CAMPAÑA.....	11
3.2.1. ESTRUCTURA.....	12
3.2.2. CERRAMIENTO	12
3.3. ESTRUCTURAS INFLABLES	13
3.4. BARRACONES PREFABRICADOS	13
3.4.1. ESTRUCTURA.....	14
3.4.2. CERRAMIENTO	14
4. OBJETIVO.....	15
5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	16
5.1. MATERIAL	16
5.2. SISTEMA.....	16
5.2.1. CRITERIOS	16
5.2.2. CLT	17
5.2.3. PÓRTICOS + ENTRAMADO LIGERO	17
5.2.4. CONCLUSIÓN.....	18
6. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	19
6.1. GEOMETRÍA	19
6.2. ESTRUCTURA	20
6.2.1. MATERIALES.....	21

6.2.1.1. MADERA	21
6.2.1.2. ACERO	22
6.2.2. ACCIONES.....	22
6.2.2.1. PESO PROPIO	22
6.2.2.2. CARGAS MUERTAS.....	22
6.2.2.3. SOBRECARGA DE USO.....	22
6.2.2.4. NIEVE	23
6.2.2.5. VIENTO	24
6.2.2.6. INCENDIO	36
6.2.2.7. DEFORMACIONES.....	37
6.2.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES	37
6.2.3.1. CÁLCULO.....	38
6.2.3.2. VIGAS.....	39
6.2.3.3. PILARES.....	39
6.2.3.4. PERFILES METÁLICOS.....	39
6.2.3.5. VIGAS FORJADO.....	40
6.2.3.6. ENTRAMADO	40
6.3. ENVOLVENTE	41
6.3.1. CUBIERTA	42
6.3.2. FACHADA	43
6.3.3. FORJADO	45
6.4. UNIONES.....	46
6.4.1. CUMBRERA	47
6.4.2. UNIÓN TUBO-PILAR.....	48
6.4.3. UNIÓN PILAR-VIGA.....	49
6.4.4. APOYO PILAR.....	49
6.4.5. APOYO VIGA FORJADO.....	50
6.4.6. UNIÓN VIGUETAS EN VIGA FORJADO.....	50
6.4.7. UNIÓN VIGUETAS EN VIGA.....	50
6.4.8. UNIÓN PANELES DE FACHADA A PILARES	51
6.4.9. UNIONES ENTRAMADO	51

7. FASES DEL TRABAJO Y CRONOGRAMA	52
7.1. FASES	52
7.2. CRONOGRAMA	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. % de ocupación de camas UCI por comunidad autónoma (10/03/2020 – 22/03/2020).

Fuente: Ministerio de Sanidad y Datadista

Figura 2.2. % Ocupación camas de planta y UCI de los hospitales de la CAM por COVID-19 (08/03/2020 – 26/04/2020). Fuente: AMYTS (Asociación de Médicos y Titulados Superiores de Madrid)

Figura 2.3. Hospital de campaña en el recinto ferial de IFEMA (Madrid). Fuente: El País

Figura 2.4. Hospital de campaña de La Fe (Valencia). Fuente: El País

Figura 2.5. Hospital de campaña de Central Park (Nueva York). Fuente: El País

Figura 2.6. Hospital de campaña en la base militar de Campo Mayo (Buenos Aires). Fuente: El País

Figura 2.7. % de ocupación de camas UCI por pacientes COVID-19 y no COVID-19 en España (01/10/2020 – 01/08/2021). Fuente: Ministerio de Sanidad y Datadista

Figura 2.8. Evolución del número de desplazados forzosos a nivel mundial. Fuente: Acnur

Figura 2.9. Centro de acogida temporal de Las Raíces (Tenerife). Fuente: Público

Figura 2.10. Evolución del número de desastres naturales a nivel mundial. Fuente: EM-DAT. The Emergency Database – Université Catholique de Louvain (UCL)

Figura 2.11. CEIP colegio 103 (Valencia). Fuente: ABC Arquitectura modular

Figura 3.1. Ejemplo de sistema industrializado de aluminio y PVC. Fuente: Röder

Figura 3.2. Pórtico de aluminio reforzados con cruces de San Andrés. Fuente: Röder

Figura 3.3. Unión viga – pilar de pórtico con viga perimetral. Fuente: Röder

Figura 3.4. Tipos de cerramientos. De izq. a dcha.: pared sólida de ABS, panel sándwich, chapa de acero y tela de PVC. Fuente: Shelter Structures

Figura 3.5. Instalación de suelo en un sistema de aluminio y PVC. Fuente: Röder

Figura 3.6. Tienda de campaña estándar. Fuente: Röder

Figura 3.7. Paquetes para transporte del sistema. Fuente: Röder

Figura 3.8. Perfiles y uniones de la estructura. Fuente: Röder

Figura 3.9. Ejemplo de sistema inflable. Fuente: TecnoDimension

Figura 3.10. Ejemplo de barracón prefabricado. Fuente: Europa Prefabri

Figura 6.1. Modelo 3D del sistema

Figura 6.2. Pórtico central (izquierda) y hastial (derecha)

Figura 6.3. Estructura principal

Figura 6.4. Valor básico de la velocidad del viento. Fuente: CTE DB-SE-AE

Figura 6.5. Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Figura 6.6. Aplicación de las cargas de viento en el panel de fachada

Figura 6.7. Aplicación de las cargas de viento en el panel de cubierta (1ª hipótesis)

Figura 6.8. Aplicación de las cargas de viento en el panel de cubierta (2ª hipótesis)

Figura 6.9. Aplicación de las cargas de viento en el panel de cubierta (3ª hipótesis)

Figura 6.10. Aplicación de las cargas de viento en el panel de cubierta (4ª hipótesis)

Figura 6.11. Representación 3D del modelo de CYPE para pórticos (20 m)

Figura 6.12. Representación 3D del modelo de CYPE para panel de fachada

Figura 6.13. Panel de cubierta

Figura 6.14. Panel de cubierta “explotado”

Figura 6.15 Panel de fachada

Figura 6.16. Panel de fachada “explotado”

Figura 6.17. Panel de forjado

Figura 6.18. Panel de forjado “explotado”

Figura 6.19. Ejemplos de uniones de cumbrera. Fuente: Maderea.es

Figura 6.20. Alternativa de unión de cumbrera. Fuente: Virtual-Ferr

Figura 6.21. Ejemplos de uniones de pilar con tirante. Fuente: Madera y construcción

Figura 6.22. Conector UV-T. Fuente: Rothoblaas

Figura 6.23. Pie de pilar TYP F (FM50). Fuente: Rothoblaas

Figura 6.24. Pie de pilar R40. Fuente: Rothoblaas

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1. Media ponderada de CLT

Tabla 5.2. Media ponderada de pórticos + entramado ligero

Tabla 6.1. Elección del tipo de protección. Fuente: CTE DB-SE-M

Tabla 6.2. Valores característicos de la sobrecarga de uso. Fuente: CTE DB SE-AE

Tabla 6.3. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas. Fuente: CTE DB SE-AE

Tabla 6.4. Valores del coeficiente de exposición c_e . Fuente: CTE DB-SE-AE

Tabla 6.5. Altura y coeficiente de exposición (c_e)

Tabla 6.6. Coeficientes de presión interior. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Tabla 6.7. Coeficiente eólico externo de paramentos verticales. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Tabla 6.8. Coeficiente eólico externo de paramentos verticales. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Tabla 6.9. Coeficiente eólico de cubierta (Viento transversal). Fuente: CTE DB-SE-AE

Tabla 6.10. Valor del coeficiente de cada zona para viento transversal

Tabla 6.11. Coeficiente eólico de cubierta (Viento longitudinal). Fuente: CTE DB-SE-AE

Tabla 6.12. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales. Fuente: CTE DB SI

Tabla 6.13. Valores límite de transmitancia térmica. Fuente: CTE DB HE-1

Tabla 6.14. Composición del panel de cubierta

Tabla 6.15. Composición del panel de fachada

Tabla 6.16. Composición del panel de forjado

Tabla 6.17. Cronograma de las fases del trabajo

1. RESUMEN / LABURPENA / SUMMARY

Mediante este Trabajo de Fin de Máster, se busca crear un sistema para su utilización en situaciones de emergencia humanitaria, con el objetivo de que pueda ser una estructura desmontable y reutilizable en el momento que sea necesario.

Para ello, se han analizado las alternativas actuales y se ha planteado una solución que mejore las condiciones de confort y sostenibilidad que se ofrecen hoy en día. Esta solución, basada en la madera para poder conseguir esas condiciones mejoradas, está formada por pórticos de madera estructurales y un cerramiento de entramado ligero.

A lo largo del trabajo, se desarrollan los diferentes cálculos (estructurales, térmicos, etc.), así como los planos, presupuesto y otros apartados, para tener una visión global y detallada de esta nueva alternativa y poder así, establecer la viabilidad del sistema ideado en comparación con las soluciones actuales.

Master Amaierako Lan honen helburua gizarte larrialdi egoeretan erabiltzeko sistema bat sortzea da, egitura deseraikigarri eta berrerabilgarria izan dadin, beharrezkoa denean erabiltzeko.

Horretarako, oraingo alternatibak aztertu dira eta gaur egun eskaintzen diren erosotasun eta iraunkortasun baldintzak hobetzeko irtenbidea proposatzen da. Hobekuntza horiek lortzeko egurrean oinarritutako sistema asmatzen da, zurezko egituraz eta egitura arin itxituraz osatuta.

Lan guztian zehar behar diren kalkuluak (egiturazkoak, termikoak, etab.) garatzen dira, baita planoak, aurrekontua eta beste atal batzuk ere, alternatiba berri honen ikuspegi globala eta zehatza ezartzeko asmoz, horrela, sistema honen bideragarritasuna baliatu ahal izateko gaur egungo eskaintzekin alderatuta.

The aim of this Master's Thesis is to create a system for its use in humanitarian emergency situations, that can be a removable and reusable structure whenever necessary.

For this purpose, there have been analyzed current alternatives and it has been proposed a solution that improves the conditions of comfort and sustainability that are offered today. This solution, based on wood to achieve these improvements, is made up of structural wooden frames and a lightweight framework enclosure.

Throughout the work, different calculations (structural, thermal, etc.) are developed, as well as plans, budget and other sections, to have a global and detailed vision of this new alternative and be able to establish the viability of the system compared to current solutions.

2. INTRODUCCIÓN

Durante la pandemia de COVID-19 surgida en el año 2020 y que aún sigue activa, los sistemas sanitarios de muchos países se han visto colapsados a la hora de hacer frente a las numerosas olas de contagios sufridas. Uno de los problemas más recurrentes a lo largo de los meses de pandemia ha sido la disponibilidad de camas en hospitales, especialmente en los espacios UCI.

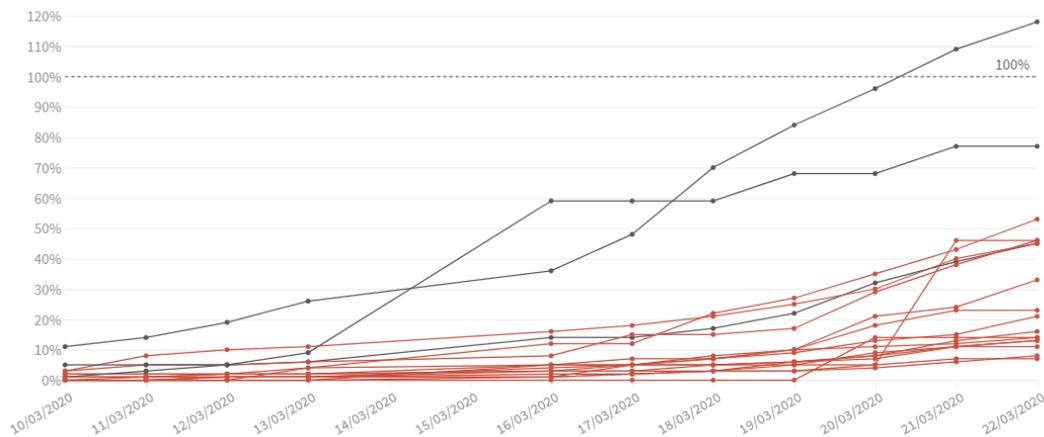


Figura 2.1. % de ocupación de camas UCI por comunidad autónoma (10/03/2020 – 22/03/2020). Fuente: Ministerio de Sanidad y Datadista

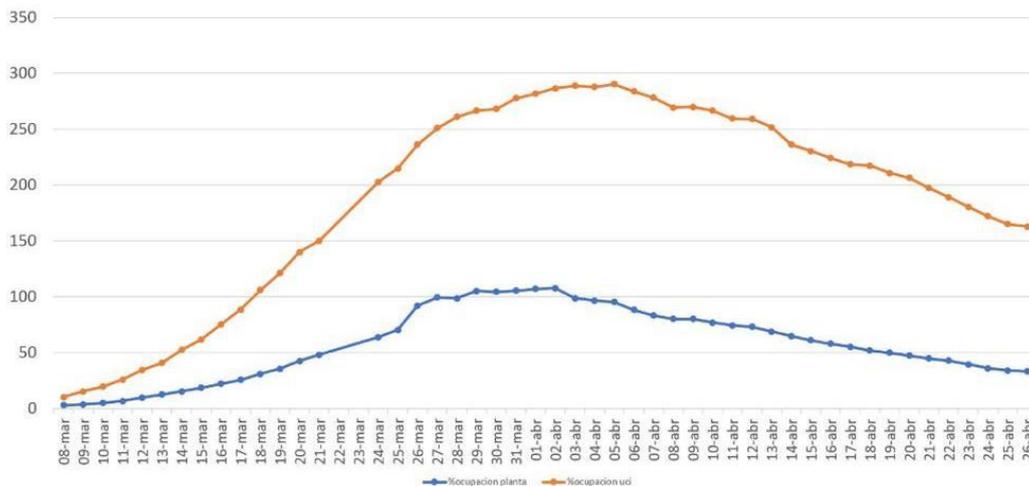


Figura 2.2. % Ocupación camas de planta y UCI de los hospitales de la CAM por COVID-19 (08/03/2020 – 26/04/2020). Fuente: AMYTS (Asociación de Médicos y Titulados Superiores de Madrid)

Para hacer frente a esas tasas de ocupación en hospitales, que en ocasiones llegaron a sobrepasar la capacidad total de las instalaciones, las comunidades autónomas en España y las autoridades sanitarias correspondientes en otros países, se vieron forzadas a habilitar, construir y/o montar espacios en los que alojar a los pacientes.

En las siguientes imágenes se pueden observar distintos ejemplos de hospitales de campaña utilizados en las épocas de mayor saturación de los centros sanitarios.



Figura 2.3. Hospital de campaña en el recinto ferial de IFEMA (Madrid). Fuente: El País



Figura 2.4. Hospital de campaña de La Fe (Valencia). Fuente: El País



Figura 2.5. Hospital de campaña de Central Park (Nueva York). Fuente: El País



Figura 2.6. Hospital de campaña en la base militar de Campo Mayo (Buenos Aires). Fuente: El País

Al contemplar las distintas tipologías de hospitales de campaña instalados, más en concreto las de uso temporal (ejemplos en *figuras 2.4, 2.5 y 2.6*), surge la idea de plantear una alternativa más sostenible y que aporte un mayor confort al usuario, ya que se considera que las opciones utilizadas son mejorables y no ofrecen, en todos los casos, las condiciones necesarias en este tipo de situaciones.

Dado que los hospitales de campaña han ido desapareciendo a medida que el ritmo de vacunación aumentaba y la incidencia de la pandemia disminuía (no en todos los países), se reflexiona sobre la utilidad de estos espacios en otros ámbitos.

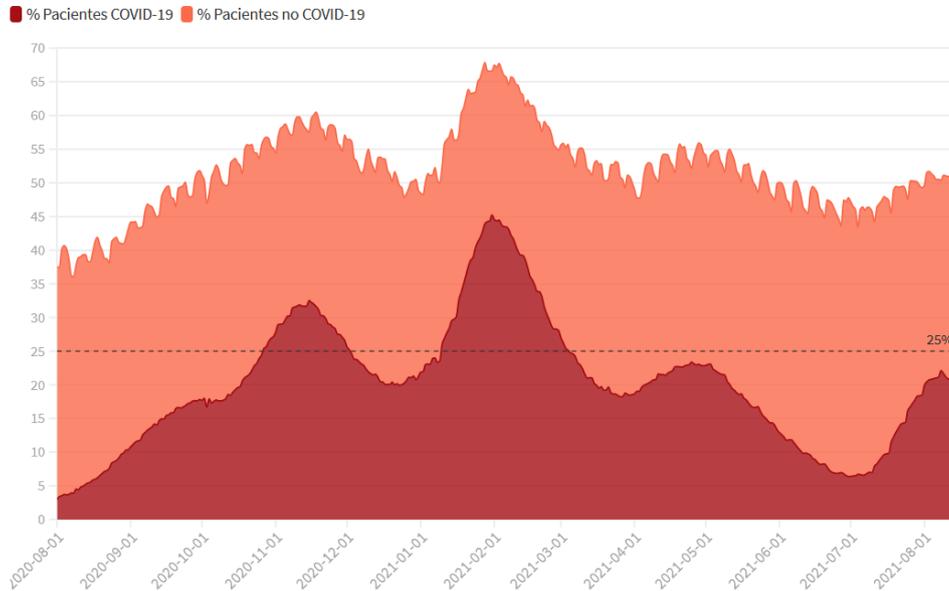


Figura 2.7. % de ocupación de camas UCI por pacientes COVID-19 y no COVID-19 en España (01/10/2020 – 01/08/2021). Fuente: Ministerio de Sanidad y Datadista

Dentro de los posibles ámbitos de aplicación en los que sea necesario alojar a personas de forma temporal, se encuentran dos situaciones que, a diferencia de la pandemia, se prevé sigan aumentando en los próximos años.

La primera se engloba dentro de las migraciones masivas que, debido a diferentes motivos, cada vez son más habituales y desplazan a una mayor cantidad de personas.



Figura 2.8. Evolución del número de desplazados forzados a nivel mundial. Fuente: Acnur

Estos desplazamientos masivos crean la necesidad de montar campamentos improvisados o de aumentar la capacidad de los centros habilitados con soluciones temporales, muy similares a los hospitales de campaña previamente mostrados.



Figura 2.9. Centro de acogida temporal de Las Raíces (Tenerife). Fuente: Público

Por otro lado, existen los desplazamientos de personas debidos a desastres naturales. En este caso, también pueden englobarse en una migración masiva, pero se enfoca más hacia un desalojo que a un desplazamiento.

Al igual que en los casos anteriores, dependiendo de la magnitud del desastre, en ocasiones es necesario instalar sistemas provisionales.

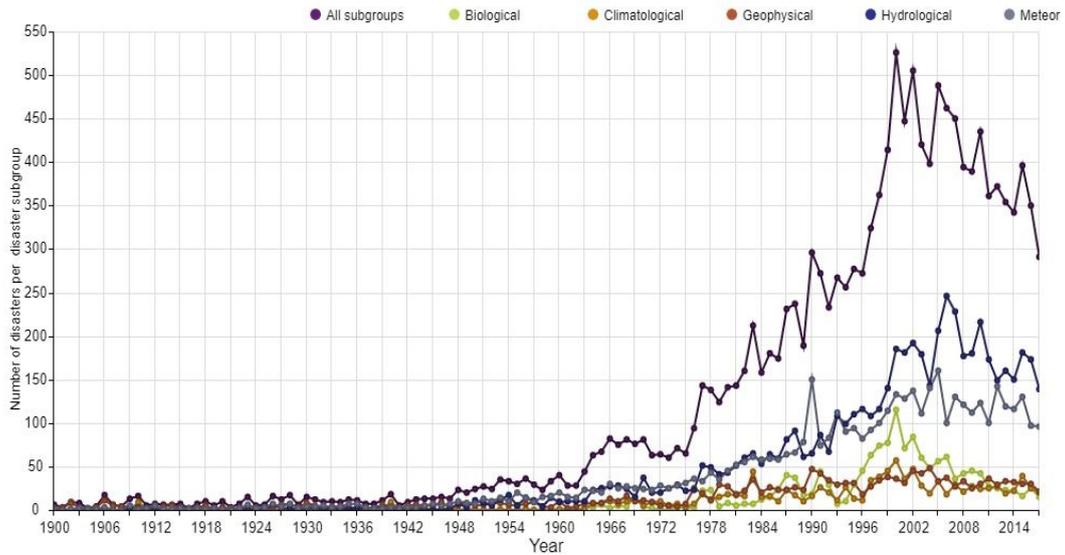


Figura 2.10. Evolución del número de desastres naturales a nivel mundial. Fuente: EM-DAT. The Emergency Database – Université Catholique de Louvain (UCL)

Además de las situaciones de emergencia expuestas, surgen otros ámbitos en los que un sistema de este tipo, con un confort mejorado, puede tener cabida dentro del mercado actual.

Dentro de estos otros usos se pueden enumerar las aulas provisionales en colegios saturados, barracones en obra (vestuarios, oficina...), stands promocionales en ferias, etc.



Figura 2.11. CEIP colegio 103 (Valencia). Fuente: ABC Arquitectura modular

3. ESTADO DEL ARTE

En lo referente a sistemas desmontables, en el mercado actual predominan las estructuras de aluminio con cerramiento de lona de PVC, siendo la oferta muy variada en cuanto a dimensiones (longitud, anchura y altura) y formas.

Respecto a hospitales de campaña o estructuras desmontables diseñadas para alojar a personas de forma temporal, se pueden encontrar otras alternativas además de los sistemas de aluminio-lona. Dentro de estas alternativas destacan las tiendas de campaña, las estructuras hinchables y los barracones prefabricados.

A continuación, se detallan las características de cada una de las opciones expuestas. Dado que las dimensiones disponibles para las distintas opciones son muy variadas, se analizan los productos diseñados específicamente para alojar personas de forma temporal, cuyas dimensiones suelen rondar los 6 metros de anchura, 3 – 3,5 metros de altura y longitud variable.

Para analizar los productos se consultan catálogos y fichas técnicas de casas comerciales, entre las que se encuentran:

- *IDAT*. Empresa dedicada a la venta de sistemas de campamento y hospitales de campaña, especialmente en el sector militar.
- *Röder*. Compañía especializada en sistemas industrializados de aluminio y PVC.
- *Europa Prefabri*. Empresa de construcciones modulares estándar y personalizadas.
- *Etxekit Soluciones Modulares*. Empresa que ofrece todo tipo de sistemas desmontables (carpas, escenarios, barracones, etc.)
- *Shelter Structures*. Empresa de carpas industriales y estructuras inflables.

3.1. SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS DE ALUMINIO Y PVC

Son los sistemas más extendidos, con una gran diversidad de configuraciones y formas, aunque en su mayoría se basan en pórticos de aluminio a dos aguas cubiertos con lonas de PVC.

A pesar de que en el proyecto se buscan unas dimensiones relativamente reducidas, de esta alternativa destaca la posibilidad de alcanzar grandes luces debido al uso de perfiles de aluminio y cerramientos ligeros, lo que permite aumentar su capacidad enormemente y ser utilizado en todo tipo de sectores.



Figura 3.1. Ejemplo de sistema industrializado de aluminio y PVC. Fuente: Röder

3.1.1. ESTRUCTURA

Los pórticos se componen de perfiles de aluminio extruidos de alta resistencia, para los que varía su forma y dimensión en función de las luces requeridas. La forma de estos pórticos suele ser de cubierta a dos aguas, aunque también es posible encontrar pórticos en forma de arco.

Para las dimensiones que se manejan en este proyecto, los pórticos se suelen montar a una distancia de unos 3 metros. Estos pórticos se refuerzan contra la acción del viento principalmente, disponiendo cables en forma de cruz de San Andrés en los vanos en los que sea necesario y con pilares de refuerzo en pórticos hastiales. Se complementa el sistema con correas de aluminio en cubierta.



Figura 3.2. Pórtico de aluminio reforzados con cruces de San Andrés. Fuente: Röder

En las uniones de los perfiles, como en los anclajes al terreno, se utilizan generalmente elementos de acero para una mayor resistencia a los esfuerzos localizados en esos puntos.



Figura 3.3. Unión viga – pilar de pórtico con viga perimetral. Fuente: Röder

3.1.2. CERRAMIENTO

Como ya se ha mencionado, el cerramiento más habitual es la lona de PVC, sin embargo, existen otras posibilidades en cuanto a materiales, como paneles de acero, paneles sándwich o paredes de ABS.

Con las alternativas al PVC se busca un mayor aislamiento del interior, aunque se complejiza el montaje. Por lo general, este tipo de materiales se utilizan únicamente en los cerramientos laterales y en la cubierta se dispone la lona de PVC, pudiendo aumentar su densidad para un mejor aislamiento.



Figura 3.4. Tipos de cerramientos. De izq. a dcha.: pared sólida de ABS, panel sándwich, chapa de acero y tela de PVC. Fuente: Shelter Structures

Las lonas de PVC tienen una vida útil de aproximadamente 10 años, dependiendo del tiempo de uso que se le dé a lo largo de su vida y de las condiciones a las que esté expuesta.

3.1.3. OTRAS CARACTERÍSTICAS

En vez de utilizar el propio terreno en el que se instala la estructura, cabe la posibilidad de montar un suelo, ya sea de tarima de madera, losas de mezclas de EPDM y goma u otras soluciones comerciales. Los suelos instalados deben ir montados sobre una subestructura metálica o de madera.



Figura 3.5. Instalación de suelo en un sistema de aluminio y PVC. Fuente: Röder

3.2. TIENDAS DE CAMPAÑA



Figura 3.6. Tienda de campaña estándar. Fuente: Röder

Son los sistemas de mayor facilidad y rapidez de montaje debido a transportabilidad, ya que se pueden recoger en paquetes de tamaño reducido, y a que no necesitan de medios auxiliares para su montaje y desmontaje.



Figura 3.7. Paquetes para transporte del sistema. Fuente: Röder

3.2.1. ESTRUCTURA

Su estructura es similar a la alternativa de aluminio y lona, basándose en pórticos a dos aguas de tubos de aluminio con nudos de montaje rápido.

En este caso, las tiendas de campaña necesitan la colocación de cuerdas o cables anclados en su exterior para poder soportar la acción del viento, lo que amplía el área ocupada sin aumentar la superficie útil.



Figura 3.8. Perfiles y uniones de la estructura. Fuente: Röder

3.2.2. CERRAMIENTO

Existen dos materiales predominantes, una mezcla de algodón y poliéster, de la que destaca su ligereza, y la lona de PVC, que aporta mayor aislamiento y solidez, pero reduce la manejabilidad y la ligereza del conjunto.

Al igual que en la opción anterior, el suelo puede dejarse al aire libre o cubrirlo, esta vez con una lona de PVC, con el único objetivo de prevenir la entrada de agua.

3.3. ESTRUCTURAS INFLABLES

Existe una inmensa variedad de formas para las estructuras inflables en cualquier dimensión, aunque la opción estándar es la forma de arco o cubierta a dos aguas. Estos sistemas no requieren de elementos estructurales específicos ya que son autoportantes y es el propio cerramiento el que realiza la función estructural una vez que el aire circula por el mismo.

El material utilizado es el poliéster o PVC, con una vida útil que ronda los 10 años, en función de la exposición a los rayos ultravioleta.

Al igual que en las tiendas de campaña, para poder sustentar la estructura frente a la acción del viento se deben disponer cables anclados al terreno en el exterior.

Son sistemas ligeros y económicos, aunque requieren de un gasto continuo durante su uso, ya que para poder mantener la estructura en pie es necesario un alimentador que haga circular un flujo continuo de aire entre las dos capas de lona (interior y exterior).



Figura 3.9. Ejemplo de sistema inflable. Fuente: TecnoDimension

3.4. BARRACONES PREFABRICADOS

Por último, se encuentran los comúnmente llamados barracones prefabricados, cuyo uso es muy diverso hoy en día; desde baños portátiles hasta aulas provisionales en colegios, pasando por oficinas en obras, vestuarios, etc. Sin embargo, son una opción menos utilizada a la hora de acoger personas desplazadas, en detrimento de las alternativas anteriores.

Estos sistemas tienen la gran ventaja de que, una vez trasladados al lugar de instalación, no se requiere ningún tipo de montaje más que la colocación en su posición, lo que supone una puesta en marcha prácticamente inmediata. Además, los módulos están personalizados para cada uso, esto es, si el módulo tuviese función como aseo, los sanitarios van incluidos.

Por otro lado, el hecho de que estén completamente contruidos en planta, hace que no se puedan considerar un sistema desmontable y reduce considerablemente las opciones de

ampliación y modificación del sistema. Y el hecho de que estén personalizados, hace que un módulo construido para cierto uso, no pueda utilizarse para otra función.



Figura 3.10. Ejemplo de barracón prefabricado. Fuente: Europa Prefabri

3.4.1. ESTRUCTURA

Por lo general, los barracones se componen de un marco metálico tubular que rodea todo el sistema por sus aristas. Esta estructura de acero le confiere la suficiente rigidez para soportar todas las acciones previstas.

3.4.2. CERRAMIENTO

Encajado en el marco metálico, se instalan los paneles de cerramiento, ya sean simples chapas de acero grecadas u onduladas o paneles sándwich que aporten un mayor aislamiento.

4. OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es el de diseñar un sistema desmontable para uso temporal en situaciones de emergencia. Se pretende plantear una solución más sostenible y que ofrezca un mayor confort a los usuarios que las que dominan el mercado actualmente, seleccionando la madera como material principal (ver apartado [5. Análisis de alternativas](#)).

La solución a plantear se presenta como una alternativa complementaria a las que existen hoy en día y no como una competidora directa, proponiendo una solución, que a pesar de que su costo pueda ser más elevado, proporcione unas condiciones que el de opciones resto no puedan ofrecer.

Dentro del proceso de diseño de este sistema, se busca definir al máximo posible la alternativa elegida, realizando el diseño y cálculo de la estructura, así como de su cerramiento y otros apartados (presupuesto, instrucciones de montaje, análisis de sostenibilidad, etc.).

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Previo al diseño, definición y cálculo del sistema, se realizan dos análisis de alternativas con el objetivo de escoger las opciones idóneas a la hora de plantear una opción complementaria a los sistemas que se ofrecen en la actualidad (ver apartado [4. Estado del arte](#)).

5.1. MATERIAL

Antes de comenzar el diseño de la estructura, se plantea el material a utilizar para conseguir el objetivo buscado, esto es, ofrecer una alternativa más sostenible y de mayor confort para los usuarios.

Dado que la inmensa mayoría de las soluciones actuales se basan en derivados del petróleo y materiales metálicos, principalmente aluminio, la **madera** aparece como el material con el que se pueden mejorar ostensiblemente esas características de confort y sostenibilidad.

De este modo, se selecciona la madera como material principal en el que basar el sistema, ya que, además de satisfacer los requisitos comentados, se cree que puede adaptarse a otras necesidades del proyecto (estructura, montaje, etc.).

5.2. SISTEMA

Una vez que se opta por la madera como material principal del sistema a plantear, se realiza otro análisis de alternativas para decidir qué tipo de sistema estructural se utilizará. Dentro de las posibilidades, se estudia realizarlo con paneles de CLT, aunque también surge la opción de hacer una construcción a base de pórticos de madera con un cerramiento de paneles de entramado ligero.

En esta ocasión, se utiliza el método de la media ponderada para conseguir una valoración cuantitativa de las alternativas a valorar, ya que a priori no se aprecia una ventaja clara entre las mismas.

5.2.1. CRITERIOS

El procedimiento del método de la media ponderada es el siguiente:

1. Establecer una serie de criterios.
2. Asignar un porcentaje de peso a cada criterio.
3. Estudiar cada alternativa de material estructural, y dar una valoración numérica a los en base a esos criterios.
4. Realizar una media ponderando los valores otorgados según el peso de cada criterio.

Los criterios que se tienen en cuenta son cuatro; economía, transporte y montaje, diseño y construcción y sostenibilidad.

Dependiendo de su relevancia se les otorga un porcentaje de peso:

- Economía: 40%. El presupuesto de fabricación del sistema es un aspecto clave para poder ser una opción real en el mercado.
- Transporte y montaje: 40%. El transporte y montaje son fundamentales en un sistema pensado para ser montado y desmontado continuamente a lo largo de su vida.
- Diseño y construcción: 10%. Se busca que el proceso de diseño y fabricación sea lo más sencillo posible.
- Sostenibilidad: 10%. La sostenibilidad, a pesar de ser un aspecto de gran relevancia, también se ha tenido en cuenta a la hora de seleccionar el material.

5.2.2. CLT

En cuanto a la valoración económica, se estima que realizar el sistema con CLT puede suponer un sobrecoste muy alto respecto a las alternativas actuales, por lo que podría quedar fuera de mercado.

El CLT supone la opción más pesada de todas las posibles, lo que hace que el transporte y montaje pueda ser más complicado. Por otro lado, las uniones se simplifican mediante este sistema.

Respecto a diseño y fabricación, se ve como una opción ventajosa, con un proceso de diseño y fabricación fácil y estandarizado.

Por último, al ser un sistema basado en la madera, se considera una alternativa altamente sostenible.

Criterio	Peso [%]	Puntuación
Economía	40	4
Transporte y montaje	40	6
Diseño y fabricación	10	8
Sostenibilidad	10	9
Media ponderada		5,7

Tabla 5.1. Media ponderada de CLT

5.2.3. PÓRTICOS + ENTRAMADO LIGERO

Respecto al aspecto económico, a pesar de ser una alternativa más cara que las actuales, los pórticos + entramado se prevé que supongan una rebaja considerable en comparación al CLT.

En cuanto a transporte y montaje, una mayor ligereza supone una gran ventaja frente al CLT, sin embargo, se piensa que las uniones entre elementos puedan ser más difíciles de ejecutar.

El diseño y fabricación se complica más respecto al CLT, dado que las piezas a ensamblar serían más numerosas en el proceso de fabricación y el diseño podría complicarse a la hora de realizar el encaje y los cálculos entre pórticos y entramado.

Por último, al ser también una opción basada en la madera, se considera una alternativa altamente sostenible.

Criterio	Peso [%]	Puntuación
Economía	40	6
Transporte y montaje	40	7
Diseño y fabricación	10	6
Sostenibilidad	10	9
Media ponderada		6,7

Tabla 5.2. Media ponderada de pórticos + entramado ligero

5.2.4. CONCLUSIÓN

En función del resultado obtenido, se selecciona la alternativa de estructura mediante **pórticos de madera y cerramiento de paneles de entramado ligero**.

El aspecto económico, siendo el CLT una opción que requiere una mayor inversión, y el peso de estos paneles y su consiguiente mayor dificultad a la hora del montaje, juegan a favor del sistema elegido.

6. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

A continuación, se presenta una definición detallada de la solución propuesta, realizando una descripción de su geometría, estructura, envolvente y otros aspectos de relevancia, todo ello complementado con los planos y anexos correspondientes.

6.1. GEOMETRÍA

La geometría y dimensiones del sistema se han determinado en función a las que se manejan en las alternativas actuales (apartado [3. Estado del arte](#)), para el tipo de necesidades expuestas a lo largo del presente documento.

Para resolver estos requerimientos, principalmente acoger a personas en situaciones de emergencia, por lo general se plantea una distribución en la que se crean dos hileras de camas en paralelo por los laterales y un pasillo central a lo largo de la longitud del espacio disponible.

Por lo tanto, en base a esta disposición, las dimensiones estándar suelen rondar los 6 metros de ancho y 3 – 3,5 de alto en el punto de mayor altura, siendo la longitud variable.

En la solución propuesta se han buscado esos 6 metros de ancho y 3,5 m para el punto de mayor altura (la cumbrera de una cubierta a dos aguas), siendo la altura en la zona más baja de la cubierta de unos 2,5 metros. También se ha de tener en cuenta que se instalará un forjado que elevará el suelo 26 centímetros.

Respecto a la longitud, al ser un sistema modular, dependerá de la cantidad de módulos a instalar. Debido a limitaciones de transporte, la anchura de cada módulo se limita a 2,5 metros, que se considera suficiente para alojar una cama a cada lado del módulo.



Figura 6.1. Modelo 3D del sistema

Para una información más detallada de las dimensiones y geometría del sistema, consultar los *planos*.

6.2. ESTRUCTURA

La tipología de la estructura, seleccionada en el apartado [5. Análisis de alternativas](#), se compone de pórticos de madera a dos aguas, dentro de los cuales se diferencian dos tipos (centrales y hastiales).

Los pórticos centrales se refuerzan mediante unos perfiles tubulares metálicos, con el objetivo de reducir las deformaciones y minimizar así las secciones de vigas y pilares de madera. Los centrales, en cambio, irán reforzados frente a la acción del viento con dos pilares extra.

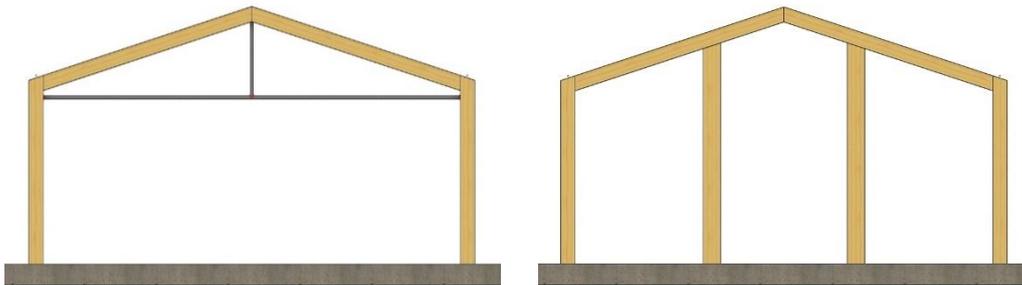


Figura 6.2. Pórtico central (izquierda) y hastial (derecha)

La distancia entre pórticos será de 2,5 metros. Como ya se ha explicado en el anterior apartado, se limita a esta distancia ya que los paneles que irán de pórtico a pórtico no deben superarla debido a limitaciones de transporte. En el caso del primer y último vano, entre pórtico hastial y último vano central, la distancia se reduce a 2,3 metros debido a que los paneles se alargan para poder cubrir toda la estructura.

Además de los pórticos, como parte de la estructura, también se encuentran unas vigas de pilar de un mismo pórtico, que se encargan de soportar el forjado y sus acciones.

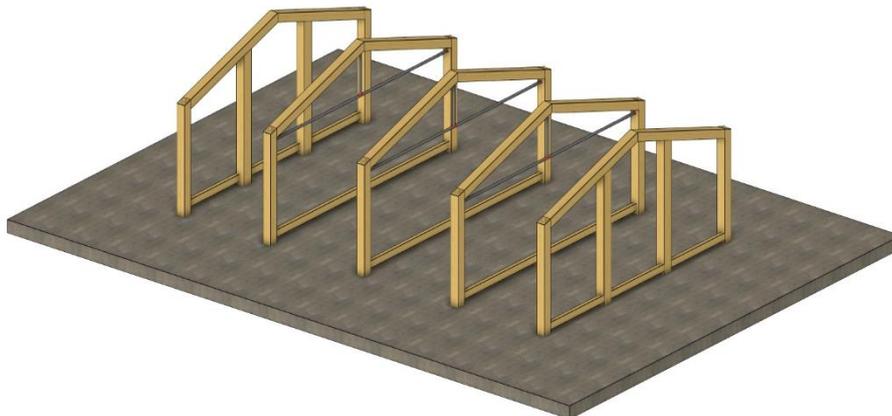


Figura 6.3. Estructura principal

Por último, se puede mencionar la estructura interior de los paneles de entramado, que también ha sido calculada.

Para una información más detallada de las dimensiones y disposición de las distintas piezas estructurales, consultar los *planos*.

6.2.1. MATERIALES

Únicamente existen dos materiales en la estructura, la madera como elemento principal y el acero para los perfiles tubulares de refuerzo de los pórticos centrales y las uniones.

6.2.1.1. MADERA

El sistema ha sido pensado para calcularlo en la zona de Bilbao y sus alrededores; es por ello, que se selecciona madera C24 de Pino Radiata en sus elementos estructurales.

Sin embargo, dada la naturaleza del sistema, este se podría instalar y fabricar en cualquier otro lugar, por lo que se podría optar por otro tipo de madera, clase resistente, etc., para lo que habría que hacer un recálculo de la estructura completa.

CLASE DE SERVICIO

La clase de servicio se considera que será una CS2. A priori, prácticamente toda la madera estructural quedará en el interior en todo momento. Sin embargo, dado que se realizará un montaje y desmontaje repetido a lo largo de la vida útil de la estructura, se opta por una clase de servicio superior a la que tendrá durante su uso ya que, en el proceso de instalación, esas condiciones se pueden ver alteradas.

Además, parte de los pilares y las vigas de forjado no quedarán protegidas por el cerramiento, aunque tampoco expuestas directamente a las condiciones exteriores.

CLASE DE USO

Respecto a la clase de uso, se da una situación similar, correspondiendo por lo tanto una clase de uso 3.1. Para esta clase de uso, el CTE, en su DB-SE-M, marca la obligación de proteger las piezas con una penetración del protector de 3 mm en todas las caras de la pieza (NP2).

Clase de uso	Nivel de penetración NP (UNE-EN 351-1:2008)	
1	NP1 ⁽¹⁾	Sin exigencias específicas. Todas las caras tratadas
2	NP1 ⁽²⁾ (3)	Sin exigencias específicas. Todas las caras tratadas
3.1	NP2 ⁽³⁾	Al menos 3 mm en la albura de todas las caras de la pieza.
3.2	NP3 ⁽⁴⁾	Al menos 6 mm en la albura de todas las caras de la pieza. Todas las caras tratadas.
4	NP4 ⁽⁵⁾	Al menos 25 mm en todas las caras
	NP5	Penetración total en la albura. Todas las caras tratadas
5	NP6 ⁽⁴⁾	Penetración total en la albura y al menos en 6 mm en la madera de duramen expuesta.

Tabla 6.1. Elección del tipo de protección. Fuente: CTE DB-SE-M

6.2.1.2. ACERO

El acero utilizado en herrajes y perfiles metálicos será un S275 conformado en frío o laminado en caliente.

6.2.2. ACCIONES

En el diseño y dimensionamiento de la estructura se han tenido en cuenta las siguientes cargas:

- Peso propio (estructura)
- Cargas muertas (cerramiento)
- Sobrecarga de uso
- Nieve
- Viento
- Incendio

Para el cálculo de todas ellas se ha aplicado el Documento Básico de Seguridad Estructural-Acciones en la Edificación (DB-SE-AE), recogido en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

6.2.2.1. PESO PROPIO

El peso propio corresponde principalmente a los elementos estructurales (vigas y pilares), que dependerá de la sección utilizada en cada caso.

La densidad media de la madera utilizada (C24 de Pino Radiata) suele rondar los 420 kg/m³.

6.2.2.2. CARGAS MUERTAS

Las cargas muertas son las correspondientes al cerramiento del sistema. Existen tres tipos de cerramiento (cubierta, fachada y forjado), que se detallan en el apartado [6.3. Envoltente](#), cada uno con un peso específico según su composición.

El peso del cerramiento de cubierta se estima que puede alcanzar los 0,4 kN/m². El de fachada y el de forjado los 0,3 kN/m².

El cerramiento se divide en paneles que irán anclados a la estructura principal. Los paneles de cubierta transmitirán sus cargas a las vigas de los pórticos, los de fachada a los pilares y los de forjado a las vigas de forjado.

6.2.2.3. SOBRECARGA DE USO

Existen dos sobrecargas de uso a tener en cuenta en el cálculo, una en la cubierta y otra en el suelo o forjado del sistema.

Acudiendo al DB-SE-AE, se considera que la categoría de uso que más se adapta al uso que podría tener el sistema es la A1, correspondiente a viviendas y zonas de habitaciones en hospitales y hoteles, con una sobrecarga de 2 kN/m².

Respecto a la cubierta, su sobrecarga será de 1 kN/m², correspondiente a la categoría G1 (cubiertas con inclinación inferior a 20°).

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

Tabla 6.2. Valores característicos de la sobrecarga de uso. Fuente: CTE DB SE-AE

6.2.2.4. NIEVE

La distribución e intensidad de la carga de nieve sobre una construcción dependerá del clima, el tipo de precipitación, el relieve del entorno o la forma de la cubierta entre otros.

La fórmula planteada por el CTE permite calcular el valor de la carga de nieve por unidad de superficie, en proyección horizontal.

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Siendo:

- μ : Coeficiente de forma de la cubierta. Tiene en consideración el efecto del viento que puede seguir o acompañar a las nevadas.
En faldones en los que no hay impedimento para el deslizamiento de la nieve y su inclinación es igual o menor a 30 grados, se toma como coeficiente de forma la unidad ($\mu = 1$).
- s_k : Valor característico de la carga de nieve de un terreno horizontal, en función de la zona climática y la altitud.

En este caso, como se ha mencionado anteriormente, el sistema ha sido pensado para calcularlo en la zona de Bilbao, a la cual le corresponde una carga de 0,3 kN/m².

Capital	Altitud m	S _k kN/m ²	Capital	Altitud m	S _k kN/m ²	Capital	Altitud m	S _k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	1.130	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas-tián/Donostia	0	0,3
Ávila	180	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,7
Badajoz	0	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,2
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	160	0,5	Sevilla	1.090	0,9
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,4
Burgos	440	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	0	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	950	0,9
Cádiz	0	0,2	Málaga	40	0,2	Teruel	550	0,9
Castellón	640	0,2	Murcia	130	0,2	Toledo	0	0,5
Ciudad Real	100	0,6	Orense / Ourense	230	0,4	Valencia/València	690	0,4
Córdoba	0	0,2	Oviedo	740	0,5	Valladolid	520	0,4
Coruña / A Coruña	1.010	0,3	Palencia	0	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Cuenca	70	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,4
Gerona / Girona	690	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Tabla 6.3. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas. Fuente: CTE DB SE-AE

Sin embargo, se ha realizado la comprobación de elevar esta carga hasta el máximo que marca el CTE en una capital de provincia (León) y se ha comprobado que las secciones utilizadas para el cálculo de Bilbao son válidas para los datos en León (1,2 kN/m²), aunque estén más solicitadas.

Esto se debe a que el factor limitante de las secciones es la situación de incendio, que se detalla en el apartado [6.2.2.6. Incendio](#).

6.2.2.5. VIENTO

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección y de la intensidad del viento.

Para realizar el cálculo del viento, la normativa propone la siguiente expresión:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo:

- q_b: presión dinámica del viento.
- c_e: coeficiente de exposición.
- c_p: coeficiente eólico o de presión.

Se realizan dos procedimientos distintos para el cálculo del viento, uno para la estructura principal (pórticos) y otro para los paneles. Para ello, se crean dos modelos de cálculo en el programa CYPE (consultar apartado [6.2.3.1. Cálculos](#)).

En el caso de los pórticos, se introducen unos datos previos (geometría, huecos, zona geográfica...) y se deja al programa realizar las combinaciones correspondientes. Sin embargo,

para calcular los perfiles necesarios en la estructura de los paneles, se hallan las hipótesis más desfavorables y se introducen las cargas manualmente en el programa.

A continuación, se explican los cálculos realizados para determinar la acción del viento en los paneles. Se calculan las hipótesis para el panel más desfavorable dado que, al ser paneles iguales e intercambiables, todos deben soportar las cargas de viento en los puntos más desfavorables de la estructura.

PRESIÓN DINÁMICA DEL VIENTO (q_b)

Al igual que en el cálculo de la nieve, el valor de la presión dinámica varía en función del emplazamiento geográfico de la obra.

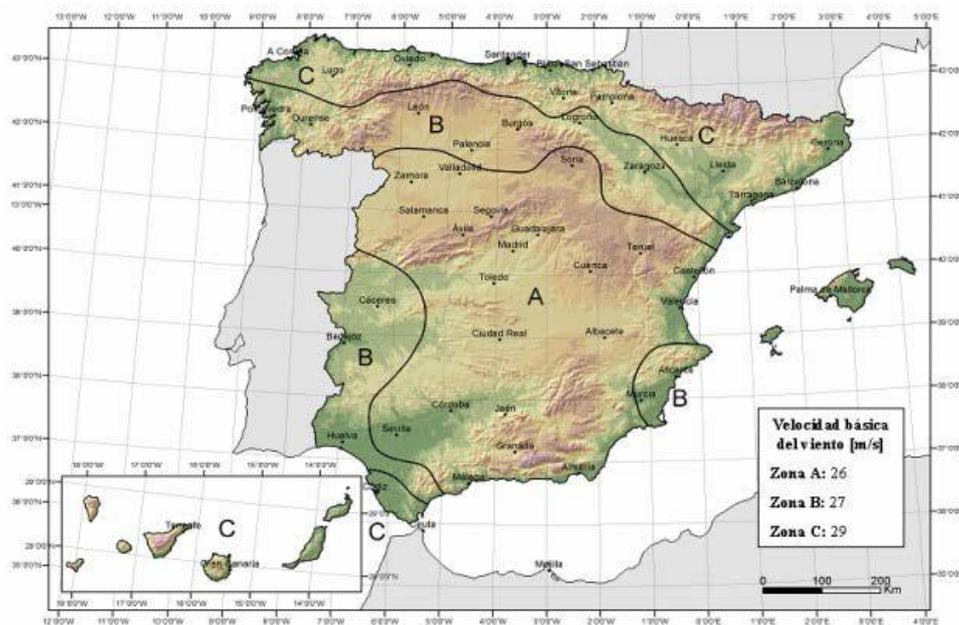


Figura 6.4. Valor básico de la velocidad del viento. Fuente: CTE DB-SE-AE

En este caso la zona de Bilbao (C) es la más severa, por lo que, si cumple las exigencias de esta zona, cumplirá las de cualquier otro punto. Como se puede observar en la figura, a la zona C le corresponde una velocidad básica del viento de 29 m/s, equivalente a un valor de la presión dinámica de 0,52 KN/m².

COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN (c_e)

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias debidas al relieve y la topografía del terreno.

El DB-SE-AE proporciona una tabla para poder hallarlo.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 6.4. Valores del coeficiente de exposición c_e . Fuente: CTE DB-SE-AE

Debido a que el sistema podría instalarse en distintos lugares, ya sean rurales o urbanos, se decide adoptar el grado de aspereza más severo (I). Este valor se puede ver aumentado si la estructura está situada en acantilados o escarpas de ángulo mayor a 40° , aunque se considera excesivo diseñar el sistema para casos tan extremos.

Existen paneles en cubierta y fachada, tanto lateral como hastial, por lo que se deben hallar las alturas medias a las que se encontrarán cada panel para obtener el coeficiente de exposición. En el panel de forjado se considera que la acción del viento será muy pequeña y despreciable.

	Altura del punto considerado (m)	c_e
Paramento vertical (Lateral)	1,25	2,4
Paramento vertical (Hastial)	2	2,4
Cubierta	3	2,4

Tabla 6.5. Altura y coeficiente de exposición (c_e)

Todas las alturas son menores o iguales a 3 m, por lo que se toma el valor mínimo de la tabla, correspondiente a 3 metros.

COEFICIENTE EÓLICO O DE PRESIÓN INTERIOR ($c_{p,i}$)

El coeficiente eólico de presión se debe calcular para el interior y exterior de la construcción, y varía dependiendo de la dirección del viento (longitudinal o transversal) y la superficie que se desee calcular (cubiertas y fachadas).

En el caso del interior, si el edificio presenta grandes huecos, la acción de viento genera presiones (y succiones) dentro de la estructura, además de en el exterior, que después de su cálculo se suman.

En el sistema diseñado se ofrecen paneles laterales con ventanas (ver apartado [6.3. Envolvente](#)), además de las puertas en los frontales, por lo que se puede considerar que existirá presión interior.

Se deberán calcular las dos situaciones más desfavorables; la que genera mayor sobrepresión en el interior y la que genera mayor succión.

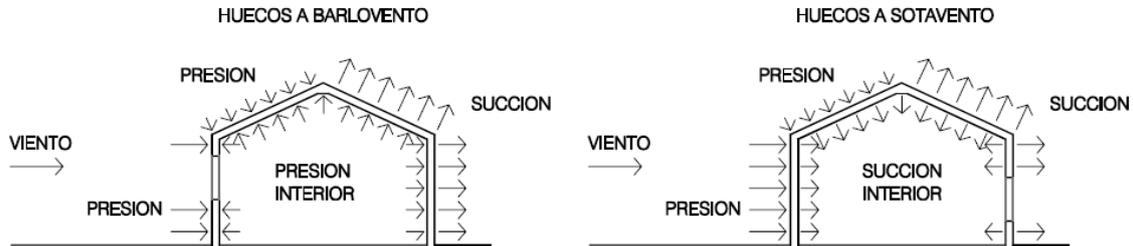


Figura 6.5. Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Para el cálculo del coeficiente de presión interior se utilizará la siguiente tabla:

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio											
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
≤1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	
≥4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	

Tabla 6.6. Coeficientes de presión interior. Fuente: CTE-DB-SE-AE

En primer lugar, se calcula la esbeltez en cada plano de la construcción en función de la dirección del viento. La esbeltez se obtiene dividiendo la máxima altura a superar por el viento entre la distancia horizontal a recorrer.

En esta edificación, si el viento sopla por los laterales (transversal), tendrá que recorrer 6 m de distancia horizontal y 3,5 m de altura, siendo la esbeltez de este plano $3,5/6 = 0,6 \leq 1$. Si el viento sopla por los hastiales (longitudinal), deberá recorrer la longitud del sistema y 3,5 m de altura. La longitud es variable en función del número de módulos instalados, pero siempre se dará una esbeltez menor a 1 ya que con solo 3 módulos (se consideran los mínimos a disponer) ya se llegaría a 7,5 m, con una esbeltez de $3,5/7,5 = 0,47 \leq 1$.

Se utilizan los valores de la primera fila de la tabla ya que la esbeltez es menor a uno en ambos planos. Con este dato y el área de huecos en las zonas de succión y situaciones más desfavorables, se obtiene el valor del coeficiente eólico interior.

La máxima presión interior se produce cuando todos los huecos a barlovento están abiertos y todos a sotavento cerrados (caso que es posible). En esta situación el área de huecos en zonas de succión es 0,0.

$$c_{p,i} (\text{presión}) = 0,7$$

Por el contrario, la máxima succión se produce cuando todos los huecos a sotavento están abiertos y todos a barlovento están cerrados (caso que también es posible), luego el área de huecos en zona de succión es 1,0.

$c_{p,i}$ (succión) = -0,5

Las cargas producidas en el interior serán:

$$q_e (\text{Presión}) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot 0,7 = 0,874 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e (\text{Succión}) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-0,5) = -0,624 \frac{KN}{m^2}$$

COEFICIENTE EÓLICO EXTERIOR ($c_{p,e}$)

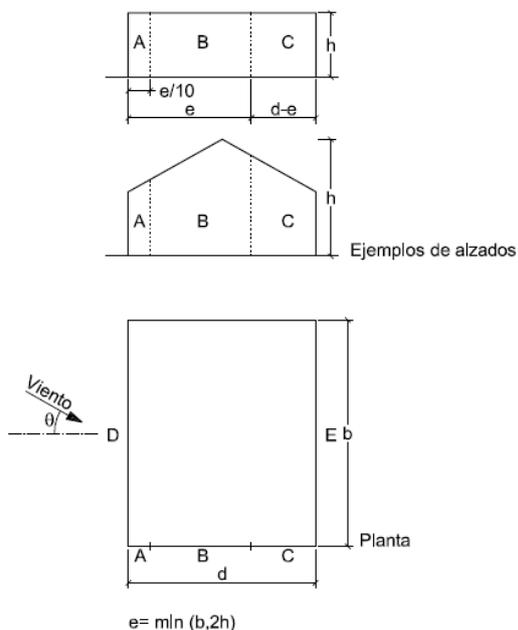
El coeficiente de presión depende de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, la posición del elemento considerado y su área de influencia. Para su cálculo se distinguirá entre los paramentos verticales (laterales y hastiales) y la cubierta.

PARAMENTOS VERTICALES

Dado que los valores de $c_{p,e}$ son los mismos y los resultados obtenidos son prácticamente idénticos, solo se presentan los cálculos para paneles laterales.

Los paneles con cargas de viento más desfavorables serán los colocados en las esquinas, sin embargo, se toman estos valores como referencia y se dimensionan todos con estos resultados.

- Viento transversal ($-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$)



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

Tabla 6.7. Coeficiente eólico externo de paramentos verticales. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Valores de los parámetros necesarios y áreas de cada zona:

$$e = \min \{7,5, 2 \cdot 3,5\} = 7 \text{ m}$$

$$h/d = 3,5/6 = 0,58$$

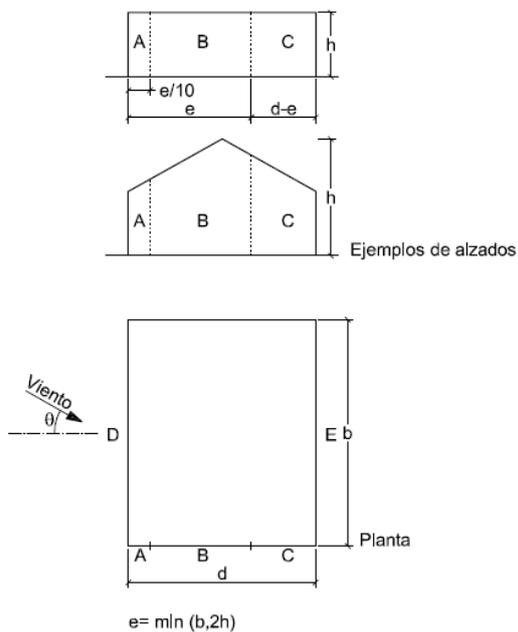
$$D = 7,5 \cdot 2,5 = 18,75 \text{ m}^2$$

Con la tabla y los valores calculados, se obtiene el coeficiente de la zona D (0,8).

En esta hipótesis solo interesa calcular la presión ya que la succión será mayor con el viento longitudinal.

$$q_e(D) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-0,8) = -0,998 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

- Viento longitudinal ($45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$)



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

Tabla 6.8. Coeficiente eólico externo de paramentos verticales. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Valores de los parámetros necesarios y áreas de cada zona:

$$e = \min \{6, 2 \cdot 3\} = 6 \text{ m}$$

$$h/d = 3,5/7,5 = 0,47$$

$$A = 0,6 \cdot 2,5 = 1,5 \text{ m}^2$$

$$B = 6 \cdot 2,5 - 1,5 = 13,5 \text{ m}^2$$

Con la tabla y los valores calculados, se obtienen los coeficientes de la zona A (-1,4) y B (-0,8).

En esta hipótesis solo interesan los valores de A y B ya que son los más desfavorables y los que afectan a los paneles de esquina.

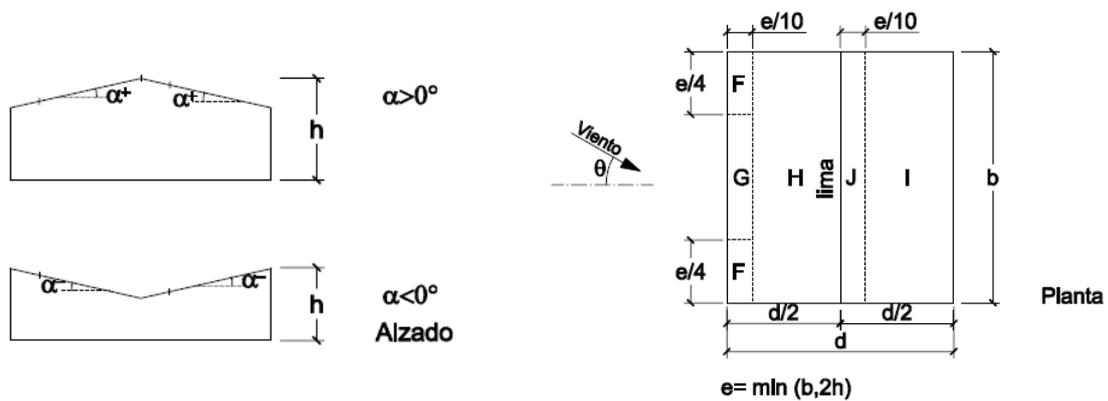
$$q_e(A) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-1,4) = -1,747 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e(B) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-0,8) = -0,998 \frac{KN}{m^2}$$

CUBIERTA

De nuevo, se calculan los datos para los paneles de los extremos ya que serán los que tengan una carga de viento más desfavorable.

- Viento transversal ($-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$)



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
60°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
75°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Tabla 6.9. Coeficiente eólico de cubierta (Viento transversal). Fuente: CTE DB-SE-AE

Valores de los parámetros necesarios y áreas de cada zona:

$$e = \min \{7,5, 2 \cdot 3,5\} = 7 \text{ m}$$

$$\alpha = 18,45^\circ$$

$$F = 1,75 \cdot 0,7 \cdot 2 = 2,45 \text{ m}^2$$

$$H = 7,5 \cdot (3 - 0,7) = 17,25 \text{ m}^2$$

$$I = H = 17,25 \text{ m}^2$$

$$J = 7,5 \cdot 0,7 = 5,25 \text{ m}^2$$

Con la tabla y los valores calculados, se obtiene el coeficiente de cada zona. En este caso, se trabaja con dos hipótesis.

	F	H	I	J
1ª Hipótesis	-1,72	-0,277	-0,4	-1,08
2ª Hipótesis	0,315	0,246	0	0

Tabla 6.10. Valor del coeficiente de cada zona para viento transversal

No interesa calcular G, ya que F es más desfavorable y afecta a los paneles de los extremos.

En esta primera hipótesis, las cargas en las cubiertas debidas al viento transversal serán:

$$q_e(F) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-1,72) = -2,147 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e(H) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-0,277) = -0,346 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e(I) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-0,4) = -1,348 \frac{KN}{m^2}$$

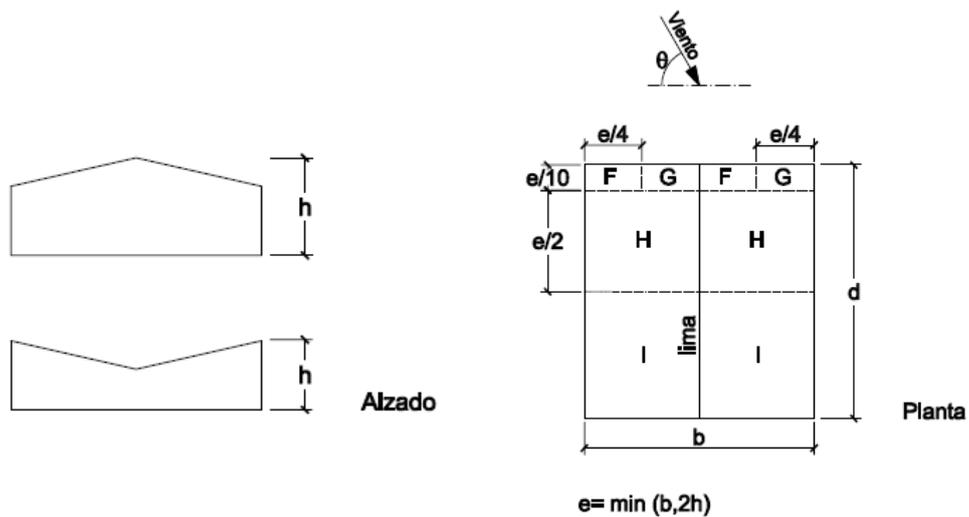
$$q_e(J) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-1,08) = -0,499 \frac{KN}{m^2}$$

En la segunda hipótesis, las cargas en las cubiertas debidas al viento transversal serán:

$$q_e(F) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot 0,351 = 0,393 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e(H) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot 0,246 = 0,307 \frac{KN}{m^2}$$

- Viento longitudinal ($45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$)



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Tabla 6.11. Coeficiente eólico de cubierta (Viento longitudinal). Fuente: CTE DB-SE-AE

Valores de los parámetros necesarios y áreas de cada zona:

$$e = \min \{6, 2 \cdot 3\} = 6 \text{ m}$$

$$\alpha = 18,45^\circ$$

$$G = 3 \cdot 0,6 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$H = 3 \cdot 6 = 18 \text{ m}^2$$

Con la tabla y los valores calculados, se obtiene los coeficientes de la zona G (-1,776) y H (-0,646).

En este caso se adopta el valor de G para la zona F y el I se descarta ya que es menor que H y G.

Las cargas en las cubiertas debidas al viento longitudinal serán:

$$q_e (G) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-1,776) = -2,216 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e (H) = 0,52 \cdot 2,4 \cdot (-0,646) = -0,806 \frac{KN}{m^2}$$

HIPÓTESIS POSIBLES

A la hora de calcular las hipótesis que se pueden dar en el cálculo de la sobrecarga de viento, se deben sumar las cargas producidas en el exterior y en el interior de la edificación.

FACHADA

En el panel de fachada se descarta la hipótesis de presión exterior (D) más succión interior, ya que será más favorable que la de succión exterior (A y B) más presión interior. Esto es posible debido a que en la fachada es irrelevante que el viento sea succión o presión al combinar con el resto de acciones del panel.

$$q_e (A + pres. int.) = 1,747 + 0,874 = 2,621 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e (B + pres. int.) = 0,998 + 0,874 = 1,872 \frac{KN}{m^2}$$

Teniendo en cuenta lo establecido por la norma, los valores se aplicarán de la siguiente manera en los paneles.

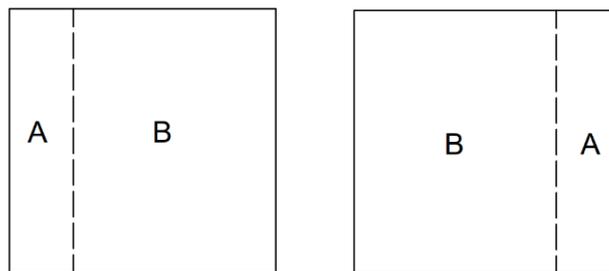


Figura 6.6. Aplicación de las cargas de viento en el panel de fachada

En el panel de fachada se pueden dar las dos situaciones de la figura, dependiendo de su posición en el sistema.

CUBIERTA

En la cubierta, el que la acción del viento sea una succión o una presión se debe tener en cuenta a la hora de combinar con el resto de acciones, por lo tanto, se diferencian distintas hipótesis que posteriormente se introducirán en el programa.

- Viento transversal
 - 1ª hipótesis (succión):

$$q_e (F + pres. int.) = 2,147 + 0,874 = 3,021 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e (H + pres. int.) = 0,346 + 0,874 = 1,22 \frac{KN}{m^2}$$

Teniendo en cuenta lo establecido por la norma, los valores se aplicarán de la siguiente manera en los paneles.

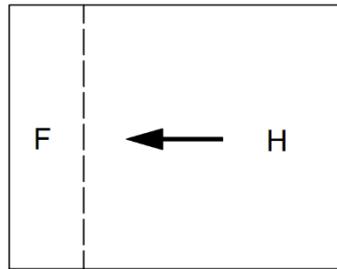


Figura 6.7. Aplicación de las cargas de viento en el panel de cubierta (1ª hipótesis)

- 2ª hipótesis (presión):

$$q_e (F + succ.int.) = 0,393 + 0,624 = 1,017 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e (H + succ.int.) = 0,307 + 0,624 = 0,931 \frac{KN}{m^2}$$

Teniendo en cuenta lo establecido por la norma, los valores se aplicarán de la siguiente manera en los paneles.

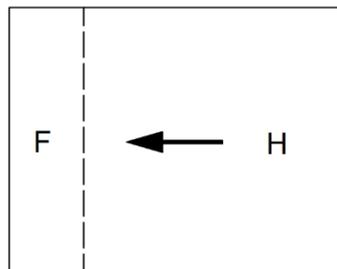


Figura 6.7. Aplicación de las cargas de viento en el panel de cubierta (2ª hipótesis)

- 3ª hipótesis (succión):

$$q_e (I + pres.int.) = 0,499 + 0,874 = 1,373 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e (J + pres.int.) = 1,348 + 0,874 = 2,222 \frac{KN}{m^2}$$

Teniendo en cuenta lo establecido por la norma, los valores se aplicarán de la siguiente manera en los paneles.

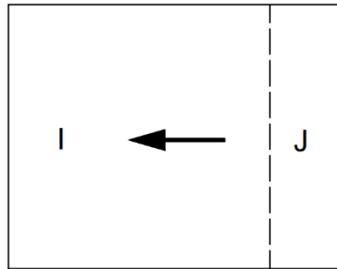


Figura 6.9. Aplicación de las cargas de viento en el panel de cubierta (3ª hipótesis)

- Viento longitudinal
 - 4ª hipótesis (succión):

$$q_e (G + pres. int.) = 2,216 + 0,874 = 3,09 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_e (H + pres. int.) = 0,806 + 0,874 = 1,68 \frac{KN}{m^2}$$

Teniendo en cuenta lo establecido por la norma, los valores se aplicarán de la siguiente manera en los paneles.

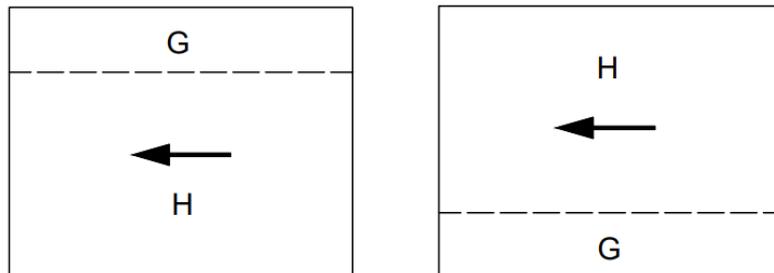


Figura 6.9. Aplicación de las cargas de viento en el panel de cubierta (4ª hipótesis)

Al igual que en la fachada, en la 4ª hipótesis de cubierta se pueden dar los dos casos de la figura en función de la posición del panel.

Todas las hipótesis se introducen en los modelos de CYPE para que el programa cree las combinaciones necesarias entre ellas y las demás acciones.

6.2.2.6. INCENDIO

Para establecer el tiempo de resistencia de los elementos estructurales se acude al Documento Básico de Seguridad en Incendio (DB SI), en concreto al apartado 6 "Resistencia al fuego de la estructura".

El tiempo de resistencia viene marcado por el uso de la construcción y su altura. La altura será menor a 15 metros y se ha considerado que su uso será residencial, obteniendo así una R60.

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⁾		

Tabla 6.12. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales. Fuente: CTE DB SI

Se podría considerar que el uso es de pública concurrencia u hospitalario, pero se opta por el R60 ya que se piensa que un tiempo de evacuación de 90 minutos es excesivo para una construcción de estas características, con espacios diáfanos y una distribución muy sencilla. Además, dentro de las alternativas actuales, la norma marca un R30 para estructuras sustentantes de cerramientos textiles o carpas, aplicable en los sistemas actuales.

Por otro lado, para mayor seguridad, en el cálculo no se considera que los elementos estructurales estén protegidos, aunque en realidad parte de los mismos lo estén mediante los cerramientos que los cubren.

6.2.2.7. DEFORMACIONES

Para el cálculo del Estado Límite de Servicio se considera una flecha de $l/300$ en cuanto a la apariencia de la obra, ya que el pavimento y los tabiques no son rígidos y no hay riesgo de que sufran daños por deformaciones.

En cuanto al confort de los usuarios, se establece una flecha máxima de $l/350$ por el CTE, por lo tanto, será una deformación más limitante que la anterior.

6.2.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Como elementos estructurales se pueden encontrar las vigas, pilares y tubos metálicos que forman los pórticos, las vigas que sustentan el forjado y la estructura interior de los paneles.

En todos los casos se ha optado por secciones estándar y de fácil disponibilidad en el mercado, aunque en algunos perfiles se pudiesen reducir sus dimensiones en cuanto a cálculo.

Para consultar las dimensiones exactas de cada pieza, acudir a los *planos*.

6.2.3.1. CÁLCULO

Los cálculos de la estructura se han realizado mediante el programa CYPE, en concreto con su módulo CYPE 3D.

Se han creado distintos modelos para poder calcular de forma más exacta cada estructura con sus cargas correspondientes.

En el *Anexo I. Cálculos estructurales*, se puede encontrar un resumen con las comprobaciones realizados por el programa.

PÓRTICOS

Se realizan 3 modelos para la comprobación en caso de aumentar el número de pórticos, dado que las cargas de viento pueden variar. En los tres casos (10m, 20m y 30m de longitud del sistema) se obtienen valores muy similares.

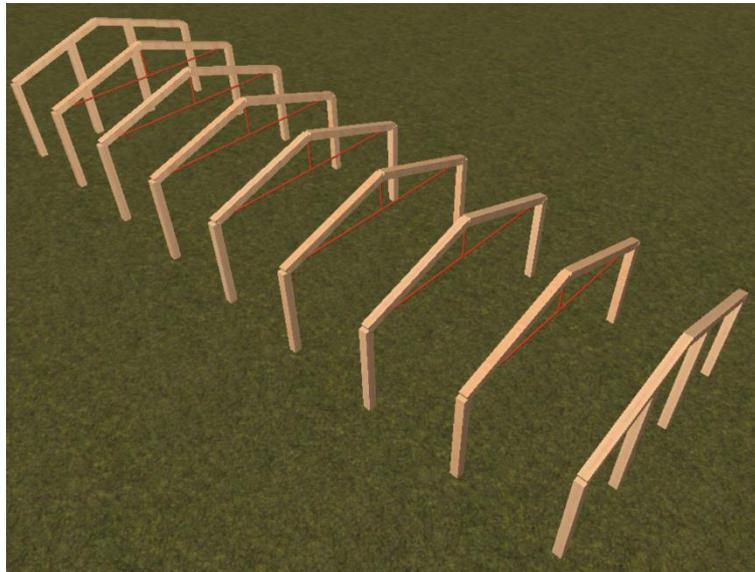


Figura 6.6. Representación 3D del modelo de CYPE para pórticos (20 m)

VIGAS FORJADO

Consiste en un modelo con las cargas del forjado aplicadas linealmente en las vigas.

PANELES

Se crean 3 modelos para cada tipo de panel (cubierta, fachada y forjado). En cada caso se aplican las cargas de peso propio, cargas muertas, sobrecarga de uso y viento correspondientes.



Figura 6.7. Representación 3D del modelo de CYPE para panel de fachada

6.2.3.2. VIGAS

Siendo la resistencia al fuego el factor crítico a la hora de establecer la sección de las piezas, se obtienen vigas de $200 \times 200 \text{ mm}^2$. Las vigas en los pórticos hastiales, dado que tienen un apoyo intermedio, están mucho menos solicitadas.

6.2.3.3. PILARES

Los pilares, a pesar de estar menos solicitados y poder reducir su sección, se opta por unas dimensiones de $200 \times 200 \text{ mm}^2$, para igualarlos a las vigas y estandarizar más la cantidad de tipos de perfiles requeridos.

Los pilares de refuerzo en los pórticos hastiales, debido a la acción del viento, requieren de unas dimensiones mayores ($200 \times 240 \text{ mm}^2$). Para poder encajar bien estos pilares, se opta por aumentar su dimensión en dirección paralela al pórtico en vez de perpendicular.

6.2.3.4. PERFILES METÁLICOS

Los perfiles tubulares metálicos, como ya se ha explicado, se utilizan para ayudar a reducir deformaciones de la estructura y poder así optimizar las dimensiones de los pórticos.

Estos tubos circulares se disponen de pilar a pilar del pórtico y se añade uno más desde la unión en cumbrera hasta la mitad del otro tubo, con la función de reducir la longitud libre del otro tubo y poder reducir sus dimensiones.

Realizado el cálculo, se obtienen unos tubos de 50 mm de diámetro y 1,2 mm de espesor. El tubo vertical (de cumbrera al otro tubo) sufre unas solicitaciones muy bajas ya que su función es simplemente la de reducir la longitud libre del otro tubo, pero también se opta por disponer el mismo tubo.

Los perfiles tubulares se deberán pintar con pintura intumescente para alcanzar la resistencia al fuego requerida.

CABLE

Por otro lado, cabe la posibilidad de sustituir los tubos por un tirante de pilar a pilar, aunque no se ha llegado a explorar esta posibilidad debido a limitaciones del modelo en CYPE. El cable podría cumplir la misma función que los perfiles tubulares, pero no ayudaría a los pórticos en las deformaciones de los pilares hacia el interior.

6.2.3.5. VIGAS FORJADO

En las vigas de forjado se obtienen secciones de $160 \times 80 \text{ mm}^2$.

6.2.3.6. ENTRAMADO

Respecto al entramado, se diferencian en tres tipos (cubierta, fachada y forjado), aunque se utilizan los mismos perfiles para todos ellos ($120 \times 60 \text{ mm}^2$).

Dentro de cada tipo de panel, tal y como se explica en el apartado [6.3. Envoltente](#), también existen distintas tipologías, aunque para el cálculo estructural únicamente se han realizado 3 modelos, con las condiciones más desfavorables.

CUBIERTA

En el panel de cubierta actúan la sobrecarga de uso, el viento y las cargas permanentes (peso propio y cargas muertas), todas ellas especificadas en el apartado [6.2.2. Acciones](#).

Para soportar estas cargas, se disponen viguetas de $120 \times 60 \text{ mm}^2$ cada 55 cm en cada panel, lo que resulta en 6 viguetas por panel, que irán apoyadas en las vigas de los pórticos.

FACHADA

En los paneles de fachada existen dos tipos de carga, las permanentes del propio panel y el viento.

En este caso, se disponen 5 montantes verticales cada 55 cm aproximadamente y un doble testero y durmiente, con piezas de las mismas dimensiones ($120 \times 60 \text{ mm}^2$).

FORJADO

Por último, las cargas en los paneles de forjado son la sobrecarga de uso y las permanentes del propio panel.

Al igual que en el panel de cubierta, se disponen viguetas, pero en este caso 5 cada 50 cm y apoyadas sobre las vigas de forjado.

6.3. ENVOLVENTE

Para diseñar la envolvente se han tomado como referencia los muros, cubiertas y forjados de entramado ligero convencionales. Sin embargo, se ha hecho una adaptación para crear unos paneles que se puedan anclar a la estructura principal.

Como se ha explicado a lo largo del trabajo, hay tres tipos de paneles: cubierta, fachada y forjado, aunque dentro de los tres tipos se pueden encontrar variaciones debido a que es necesario adaptarlos a la geometría del sistema.

Dado que en el cálculo estructural de estos paneles se ha obtenido una dimensión de los montantes y viguetas de $120 \times 60 \text{ mm}^2$, se parte de un espesor de 12 cm para cada panel, al que se le suman distintas capas en cada caso.

Antes de explicar cada tipo de panel, cabe destacar que el espesor de aislamiento que se dispone entre los montantes y viguetas puede llegar a esos 12 cm como máximo, aunque si se toma como referencia el CTE DB HE-1, se puede ver que la transmitancia exigida en muros y forjados y en cubiertas varía en función de la zona climática.

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		

Tabla 6.13. Valores límite de transmitancia térmica. Fuente: CTE DB HE-1

Se ha comprobado que con menos de los 12 cm de aislamiento (lana mineral de $1,85 \text{ m}^2\text{K/W}$) se cumple con los valores de la zona climática más severa (E). Se podría reducir este espesor de aislante y abaratar el sistema o se podría optar por mantenerlo y tener un mayor aislamiento y menor gasto en climatización, aunque también cabría la posibilidad de ofrecer soluciones personalizadas en función de lo que requiera el cliente.

Por otro lado, aunque con este sistema sea posible, en este tipo de construcciones temporales no es necesario el cumplimiento del DB HE-1, de hecho, las alternativas actuales no son capaces de alcanzar esos valores.

Para consultar los cálculos térmicos detallados, acudir al Anexo II. *Cálculos térmicos*.

6.3.1. CUBIERTA

Existen dos tipos de panel de cubierta, unos para cubrir los vanos centrales (de p \acute{o} rtico central a p \acute{o} rtico central) y otro para los vanos hastiales (de p \acute{o} rtico central a hastial). La principal diferencia entre ambos es que la estructura del panel de vano hastial es m \acute{a} s corta y las capas m \acute{a} s exteriores se alargan para cubrir el \acute{u} ltimo p \acute{o} rtico y dejar un alero en la fachada frontal.

Estas mismas capas (OSB exterior, l \acute{a} mina impermeabilizante, rastreles y teja) se alargan en todos los paneles para dejar un alero en las fachadas laterales.

Los encuentros entre paneles se deben resolver alargando una hilera m \acute{a} s de tejas la cubierta de uno de los paneles y superponi \acute{e} ndola encima de la primera del siguiente panel. De esta forma se evitan filtraciones en esos encuentros.

Para una geometr \acute{a} m \acute{a} s detallada de los paneles, consultar los *Planos*.



Figura 6.8. Panel de cubierta

Capa (de interior a exterior)	Material	Espesor [mm]	Peso [kg/m ²]
Acabado interior	Tablero OSB	10	6
L \acute{a} mina de vapor	LPDE / PVC	0	0
Viguetas	Madera C24	120	6,1
Piezas de acabado	Madera	120	6,4
Aislante	Lana mineral	120	4
Panel exterior	Tablero OSB	10	6
L \acute{a} mina impermeabilizante	EPDM	0	0
Rastreles (C \acute{a} mara aire)	Madera	20	1,1
Revestimiento exterior	Teja de pl \acute{a} stico	20	10
Peso total			40

Tabla 6.14. Composici \acute{o} n del panel de cubierta

Los pesos son aproximados y pueden diferir con los presentados en los planos. Para el cálculo estructural se han estimado unos pesos algo mayorados para mayor seguridad.

Para una composición más detallada de todas las piezas de cada panel, consultar los *Planos*.

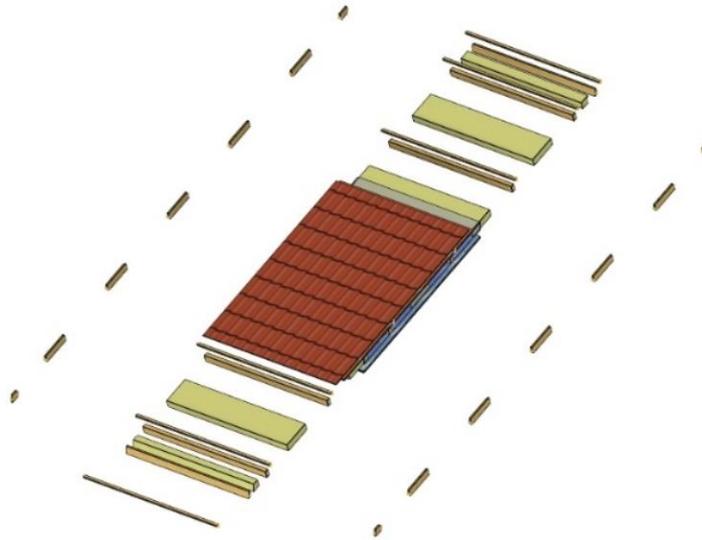


Figura 6.9. Panel de cubierta "explotado"

6.3.2. FACHADA

En la fachada existen hasta 6 tipologías de panel. 4 tipos para fachadas laterales y 2 para las frontales.

En la fachada lateral ocurre lo mismo que en la cubierta, en el panel que cubre el vano hastial se reduce la dimensión horizontal de su estructura y se alargan las capas exteriores. Además, se diseña una opción con ventana y otra sin para panel hastial y central.

En la fachada frontal se encuentran el panel central, que incluye la puerta de entrada y un hueco para poder introducir un conducto de climatización, y los laterales, que son los que se encuentran con la fachada lateral y también alargan sus capas exteriores.

En este caso se podría estudiar la instalación de un cubrejunta en los encuentros entre paneles, aunque no es un punto tan crítico como en la cubierta.

Para una geometría más detallada de los paneles, consultar los *Planos*.



Figura 6.10. Panel de fachada

Capa (de interior a exterior)	Material	Espesor [mm]	Peso [kg/m ²]
Acabado interior	Tablero OSB	10	6
Lámina de vapor	LPDE / PVC	0	0
Montantes	Madera C24	120	5
Aislante	Lana mineral	120	4
Panel exterior	Tablero OSB	10	6
Lámina impermeabilizante	EPDM	0	0
Rastreles	Madera	20	1,1
Revestimiento exterior	Tablero contrachapado	20	8,7
Peso total			30

Tabla 6.15. Composición del panel de fachada

Los pesos son aproximados y pueden diferir con los presentados en los planos. Para el cálculo estructural se han estimado unos pesos algo mayorados para mayor seguridad.

Para una composición más detallada de todas las piezas de cada panel, consultar los *Planos*.

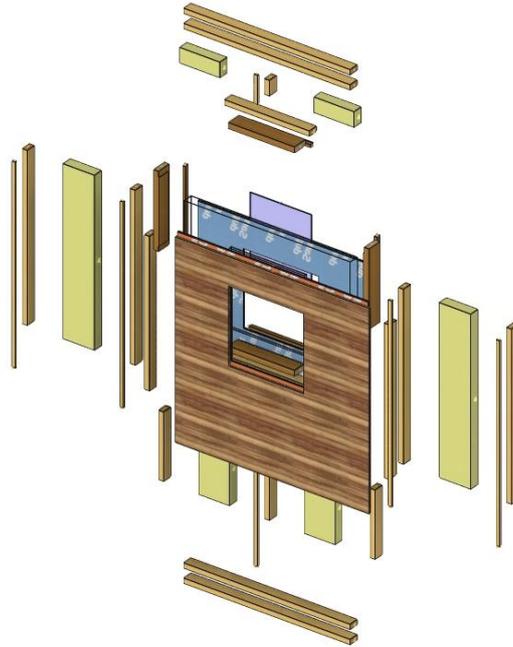


Figura 6.11. Panel de fachada "explotado"

6.3.3. FORJADO

Por último, existen 4 tipos de panel de forjado. La luz de pilar a pilar (6 m) se salva mediante tres paneles, uno central y dos laterales. De nuevo, en el caso de vanos hastiales, los paneles cambian su geometría, por lo tanto, se tienen dos tipos para centrales (lateral y central) y dos para hastiales (lateral y central).

Para una geometría más detallada de los paneles, consultar los *Planos*.

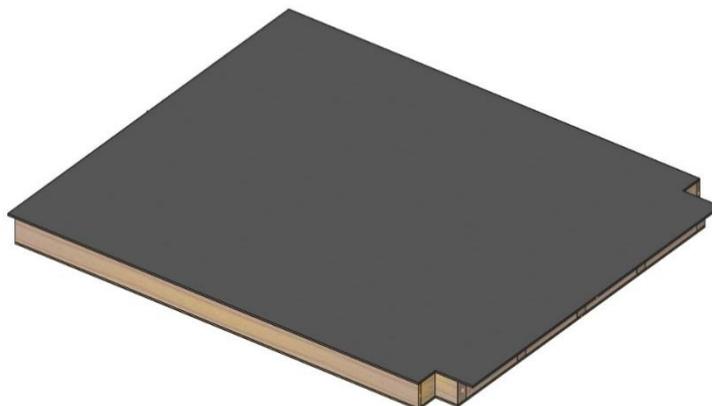


Figura 6.12. Panel de forjado

Capa (de interior a exterior)	Material	Espesor [mm]	Peso [kg/m ²]
Acabado interior	Tablero madera-cemento	10	12
Lámina de vapor	LPDE / PVC	0	0
Viguetas	Madera C24	120	6
Piezas de acabado	Madera	120	5
Aislante	Lana mineral	120	4
Panel exterior	Tablero OSB	10	6
		Peso total	35

Tabla 6.16. Composición del panel de forjado

Los pesos son aproximados y pueden diferir con los presentados en los planos. Para el cálculo estructural se han estimado unos pesos algo mayorados para mayor seguridad.

Para una composición más detallada de todas las piezas de cada panel, consultar los *Planos*.

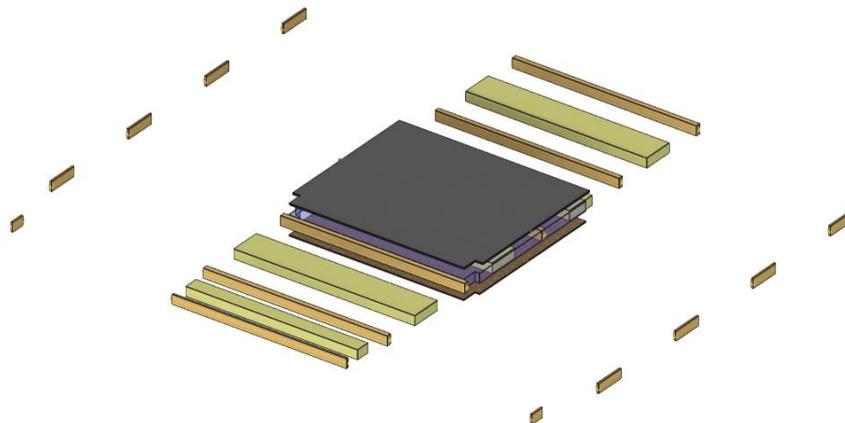


Figura 6.13. Panel de forjado "explorado"

Además de los materiales presentados en este apartado y en los planos de paneles, también se disponen juntas sellantes en puntos clave como encuentros con la estructura, encuentros entre paneles, etc., con el objetivo de lograr una estanqueidad mayor. Algunas de estas juntas se pueden observar en los planos de detalles.

6.4. UNIONES

Se proponen distintas soluciones para resolver las uniones del sistema, todas con el objetivo de que puedan ser uniones fácilmente montables y desmontables.

También se intenta que la madera no se vea perjudicada en ese proceso de montaje y desmontaje de la estructura, por lo que se buscan uniones en las que los pernos y otros

elementos de unión queden permanentemente fijados a la madera y únicamente se monten y desmonten las partes metálicas.

No se ha llegado a realizar un cálculo específico de las uniones. A pesar de ello, gran parte de las uniones se componen de herrajes normalizados de casas comerciales y en los propios catálogos y fichas técnicas se puede comprobar que su capacidad de resistencia es mayor a los esfuerzos que se ocasionan en los nudos en las que se instalan.

6.4.1. CUMBRERA

La unión propuesta para cumbrera se basa en ejemplos encontrados en distintos artículos, aunque se desconoce las construcciones en las que han sido realizadas. En las siguientes imágenes se muestran estos ejemplos.

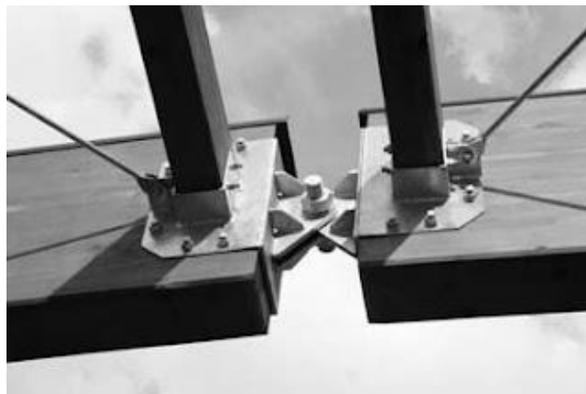


Figura 6.14. Ejemplos de uniones de cumbrera. Fuente: Madera.es

En el caso del presente proyecto, a esta unión habría que sumarle el tubo metálico, que se uniría en el mismo punto. Las piezas llegarían con las chapas ya fijadas y se atornillaría un único perno desmontable a esas chapas y al tubo.

Para más detalle de la unión ideada, consultar los *Planos*.

Otra alternativa sería disponer dos chapas a cada lado de la unión y atravesar la madera con pernos en cada instalación, aunque es más costosa de ejecutar y la madera podría sufrir más daños. También habría que añadir una chapa adicional para unir el tubo.

En esta alternativa la unión se podría considerar un empotramiento, lo que reduciría ligeramente los esfuerzos en las vigas.

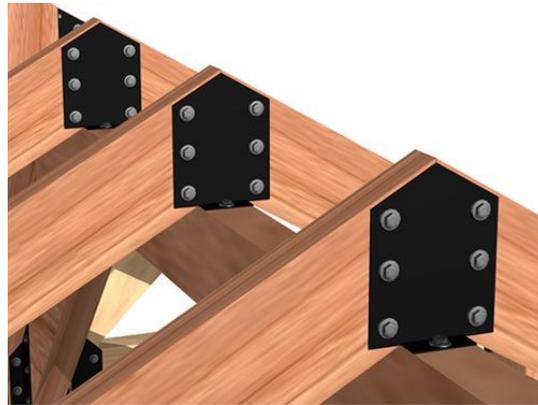


Figura 6.15. Alternativa de unión de cumbrera. Fuente: Virtual-Ferr

6.4.2. UNIÓN TUBO-PILAR

La unión del tubo al pilar también se basa en ejemplos ya ejecutados. En esta ocasión, la unión es una combinación entre la anterior (unión cumbrera) y la de la siguiente imagen, en la que en vez de un tubo se coloca un tirante.



Figura 6.16. Ejemplos de uniones de pilar con tirante. Fuente: Madera y construcción

Para más detalle de la unión ideada, consultar los *Planos*.

6.4.3. UNIÓN PILAR-VIGA

En esta unión se utiliza un elemento de fijación comercial, en concreto se ha optado por el conector UV-T de Rothoblaas. Este conector es una unión de cola de milano metálica que consta de dos piezas y cada una se ancla a una de las piezas a unir, para después encajarlas en un solo movimiento.

Rothoblaas recomienda este tipo de uniones para estructuras temporales y son ejecutables en vigas inclinadas, como es el caso.

Los conectores tienen la posibilidad de instalar dos tornillos de sujeción frente a esfuerzos de succión, que en esta unión serían necesarios.



Figura 6.17. Conector UV-T. Fuente: Rothoblaas

Para más detalle de la unión, consultar los *Planos*.

6.4.4. APOYO PILAR

Se opta por otro elemento de fijación de la casa Rothoblaas, concretamente el TYP F-50. Este pie de pilar, con dimensiones disponibles para los pilares del sistema (200x200 mm), se toma como referencia, pero en el proyecto se debe asegurar que el pie tenga la altura suficiente y el anclaje al suelo o terreno sea lo suficientemente rígido para considerar la unión un empotramiento.



Figura 6.18. Pie de pilar TYP F (FM50). Fuente: Rothoblaas

La tulipa podría preinstalarse en el pilar y en el montaje tener que anclar el pie al terreno únicamente.

Para más detalle de la unión, consultar los *Planos*.

6.4.5. APOYO VIGA FORJADO

Para los apoyos de las vigas de forjado se escogen los pies de pilar R20, también de Rothoblaas. En este caso la unión puede ser articulada y se opta por un pie de pilar regulable para poder nivelar el forjado con facilidad.

La chapa iría preinstalada en la viga y se debería introducir el pie y nivelarlo, para después anclarlo al terreno.

Se instalarán 4 apoyos a lo largo de la viga.



Figura 6.19. Pie de pilar R40. Fuente: Rothoblaas

Para más detalle de la unión, consultar los *Planos*.

6.4.6. UNIÓN VIGUETAS EN VIGA FORJADO

Al igual que en la unión pilar-viga, se propone un conector UV-T, en esta ocasión de menor tamaño ya que los esfuerzos son mucho menores. En cada extremo de vigueta se colocará uno que se unirá a la otra parte del conector, instalado en la viga de forjado.

Para más detalle de la unión, consultar los *Planos*.

6.4.7. UNIÓN VIGUETAS EN VIGA

De nuevo, se utilizan conectores UV-T, aunque en esta ocasión se invierten para poder instalar los tornillos de sujeción frente a succión más fácilmente (desde el interior).

Se instala un conector en cada extremo de la vigueta.

Para más detalle de la unión, consultar los *Planos*.

6.4.8. UNIÓN PANELES DE FACHADA A PILARES

Se vuelven a proponer conectores UV-T, que irán preinstalados en los montantes de los extremos del entramado y en los pilares. Al panel se le realiza un pequeño cajeadado para introducirlo entre los pilares desde el exterior hacia el interior, sin que la unión choque, y después bajarlo encajando la unión.

Se necesitan 4 conectores por panel lateral, 5 en panel frontal lateral y 6 en panel frontal central, distribuidos a lo largo de los dos montantes de los extremos de cada panel.

Para más detalle de la unión, consultar los *Planos*.

6.4.9. UNIONES ENTRAMADO

Las uniones del entramado no se detallan en mayor profundidad ya que pueden ser las convencionales de un entramado ligero, con escuadras, clavos o tirafondos.

7. FASES DEL TRABAJO Y CRONOGRAMA

A continuación, se explican las distintas fases de trabajo llevadas a cabo para elaborar el proyecto, acompañadas de un cronograma en el que se pueden observar los plazos necesitados en cada una de las mismas.

7.1. FASES

1. Concepción de la idea

Dentro de varias ideas que surgen y los temas propuestos por el profesorado, se escoge la del presente proyecto.

2. Búsqueda y recopilación de información

Una vez escogida la idea, se recopila información de sistemas similares y se estudia la viabilidad del proyecto frente a esas alternativas actuales.

3. Desarrollo de la idea

Con la información recopilada, comienza el desarrollo de la idea inicial, definiendo los parámetros más generales del sistema (materiales, geometría...).

4. Diseño inicial

Se sigue desarrollando la idea definiendo más detalladamente diferentes partes del proyecto (elementos estructurales, composición del cerramiento...), a la vez que se comienzan a realizar los primeros cálculos.

5. Precálculos

Junto al diseño inicial se realizan cálculos (estructura, aislamiento...) para la verificación de los parámetros definidos en ese diseño.

6. Modificación del diseño

En base a los cálculos iniciales se modifica el diseño hasta adaptarlo y optimizarlo a esos cálculos.

7. Cálculo estructural y térmico

Junto a la modificación del diseño se realizan unos cálculos definitivos más precisos y ajustados que los iniciales, con el principal objetivo de optimizar el sistema.

8. Elaboración del modelo

Tras definir el diseño final se modela el sistema con todos sus componentes con el programa Cadwork.

9. Redacción y planos

A la vez que se realiza el modelo se redactan los apartados iniciales y principales del proyecto (introducción, descripción de la propuesta, algunos anexos, etc.) y una vez acabado el modelo, se obtienen los planos y se revisan y corrigen algunos detalles.

10. Otros apartados

Se redactan otros apartados del trabajo como accesibilidad y presupuesto, entre otros.

11. Revisión y correcciones

Se realiza una revisión general y se hacen las correcciones pertinentes.

12. Preparación presentación

Una vez entregado el proyecto, se preparará la presentación para su defensa.

7.2. CRONOGRAMA

	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.
1. Concepción idea	■					
2. Información		■				
3. Desarrollo idea		■	■			
4. Diseño inicial			■	■		
5. Precálculos			■	■		
6. Modificación diseño				■	■	
7. Cálculos				■	■	
8. Modelo					■	■
9. Redacción y planos					■	■
10. Otros apartados						■
11. Revisión y correcciones						■
12. Presentación						■

Tabla 6.17. Cronograma de las fases del trabajo

PLANOS

ÍNDICE

1. ESTRUCTURA

- 1.1. MODELO SIN VENTANAS
- 1.2. MODELO CON VENTANAS
- 1.3. VISTAS (MODELO SIN VENTANAS)
- 1.4. SECCIONES (MODELO SIN VENTANAS)
- 1.5. VISTAS (MODELO CON VENTANAS)
- 1.6. SECCIONES (MODELO CON VENTANAS)
- 1.7. RAMPA

2. ESTRUCTURA

- 2.1. MODELO ESTRUCTURA PRINCIPAL
- 2.2. PÓRTICOS Y VISTAS DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL

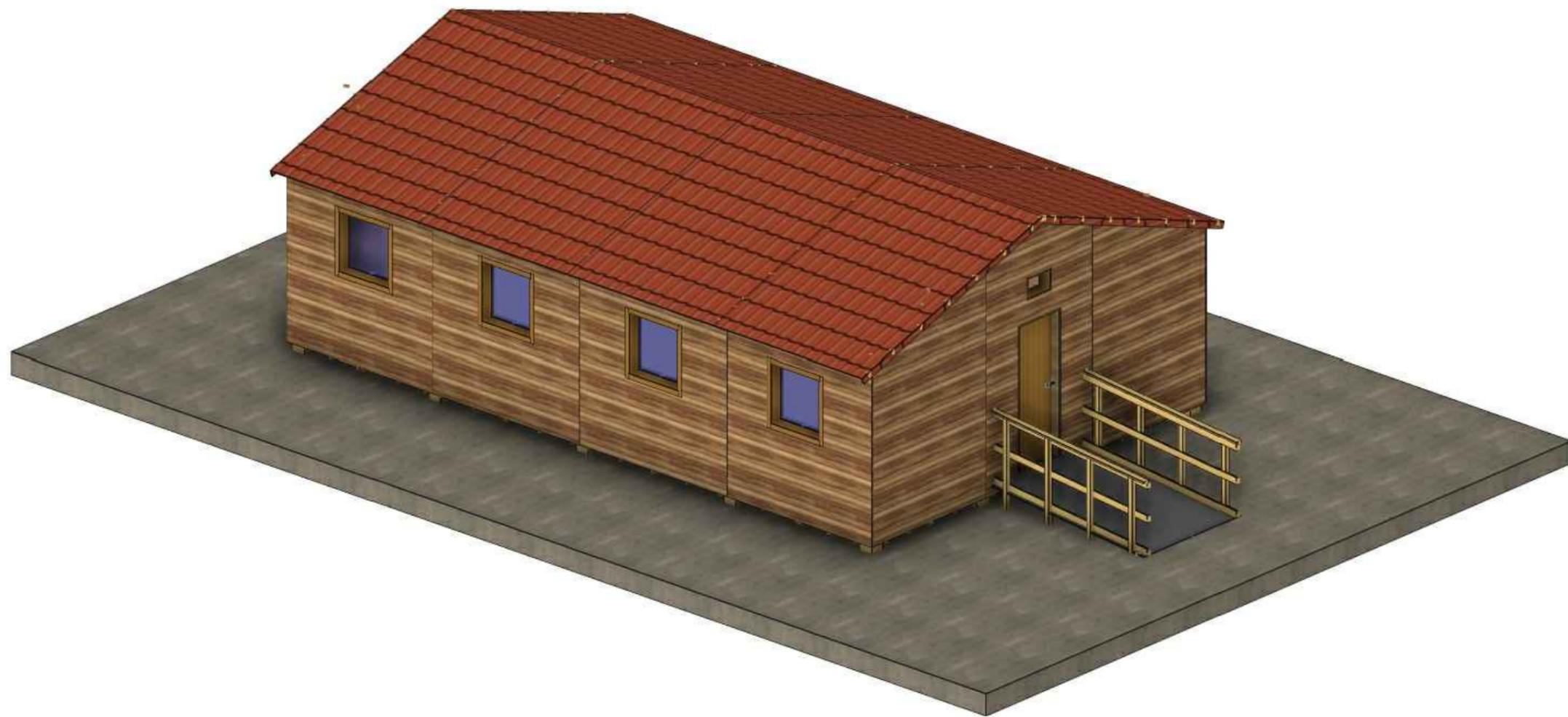
3. CERRAMIENTO

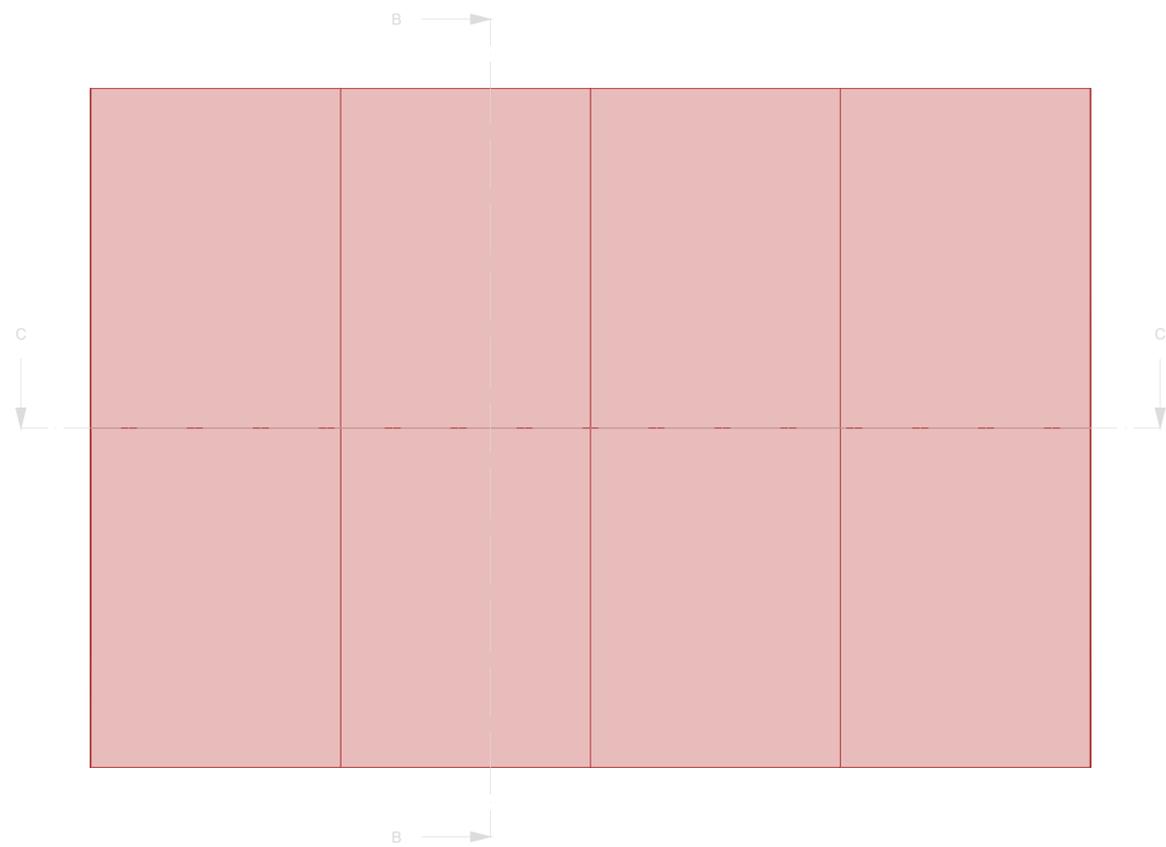
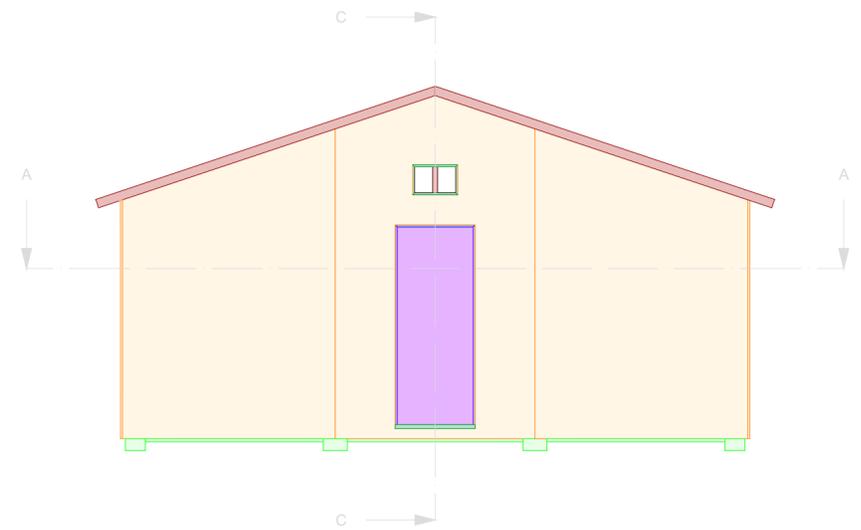
- 3.1. PANEL FACHADA (LATERAL CENTRAL. SIN VENTANA)
- 3.2. PANEL FACHADA (LATERAL FINAL. SIN VENTANA)
- 3.3. PANEL FACHADA (LATERAL CENTRAL. CON VENTANAS)
- 3.4. PANEL FACHADA (LATERAL FINAL. CON VENTANAS)
- 3.5. PANEL FACHADA (FRONTAL CENTRAL)
- 3.6. PANEL FACHADA (FRONTAL LATERAL)
- 3.7. PANEL CUBIERTA (CENTRAL)
- 3.8. PANEL CUBIERTA (FINAL)
- 3.9. PANEL FORJADO (CENTRAL CENTRAL)
- 3.10. PANEL FORJADO (CENTRAL LATERAL)
- 3.11. PANEL FORJADO (FINAL CENTRAL)
- 3.12. PANEL FORJADO (FINAL LATERAL)

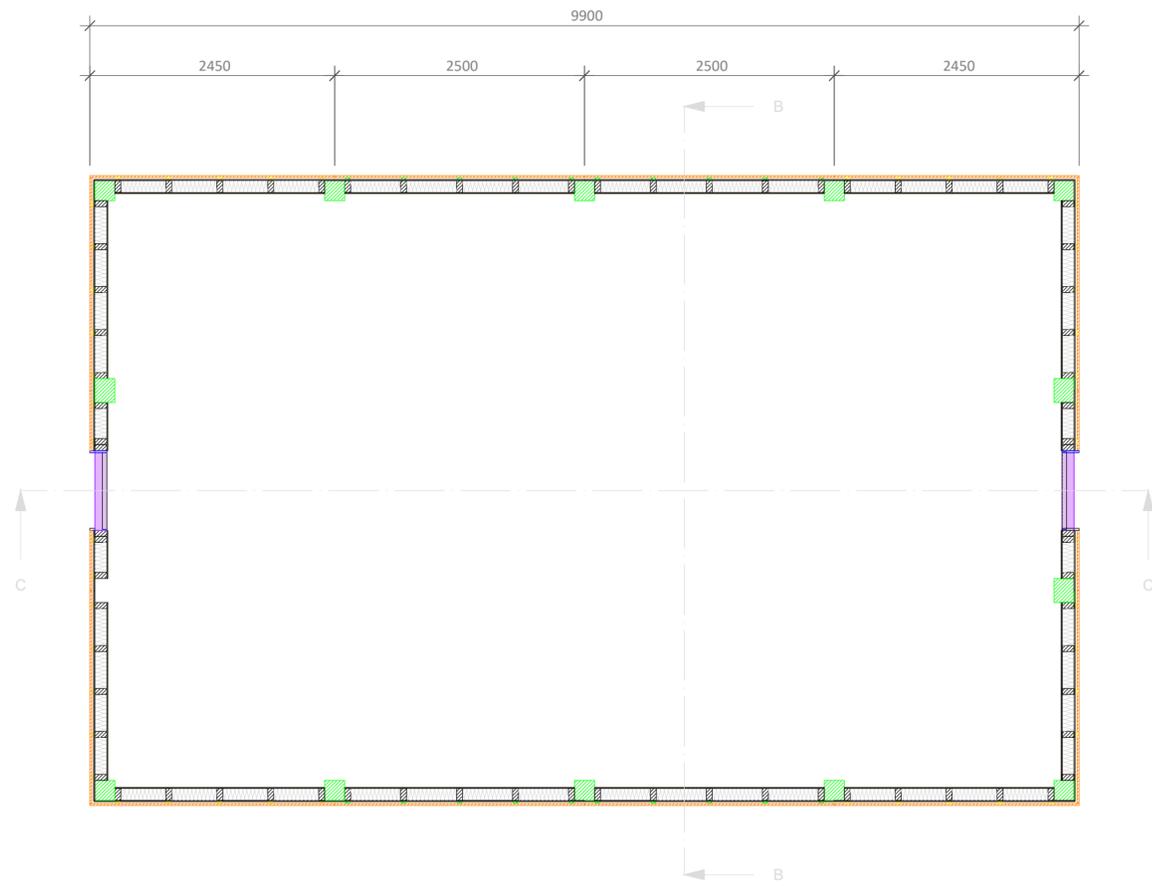
4. DETALLES

- 4.1. DETALLES DE ENCIENTROS
- 4.2. DETALLES DE UNIONES (1)
- 4.3. DETALLES DE UNIONES (2)
- 4.4. DETALLES DE UNIONES (3)

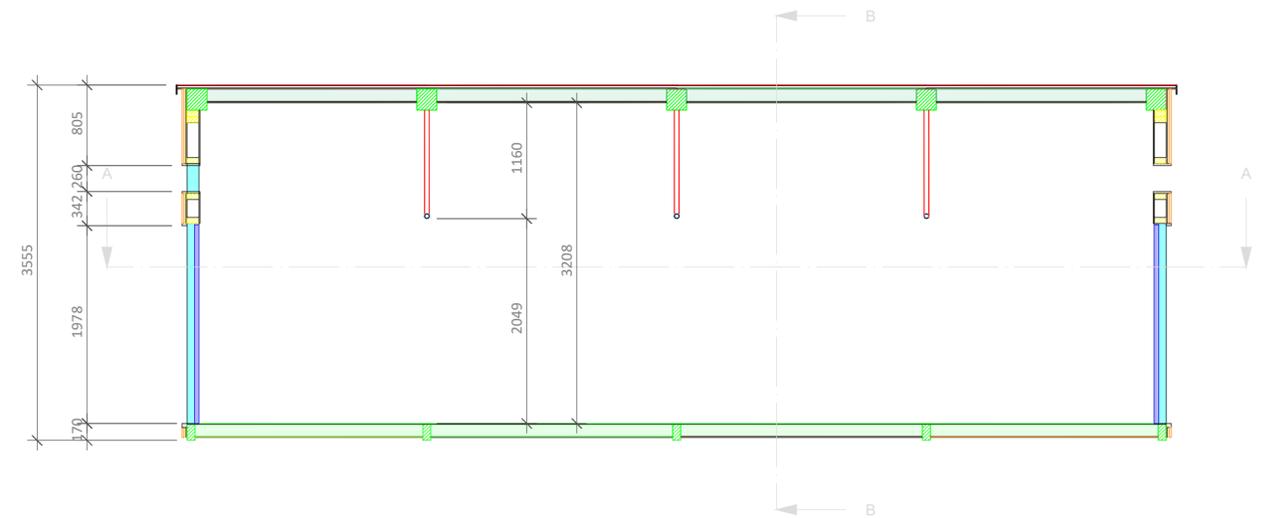




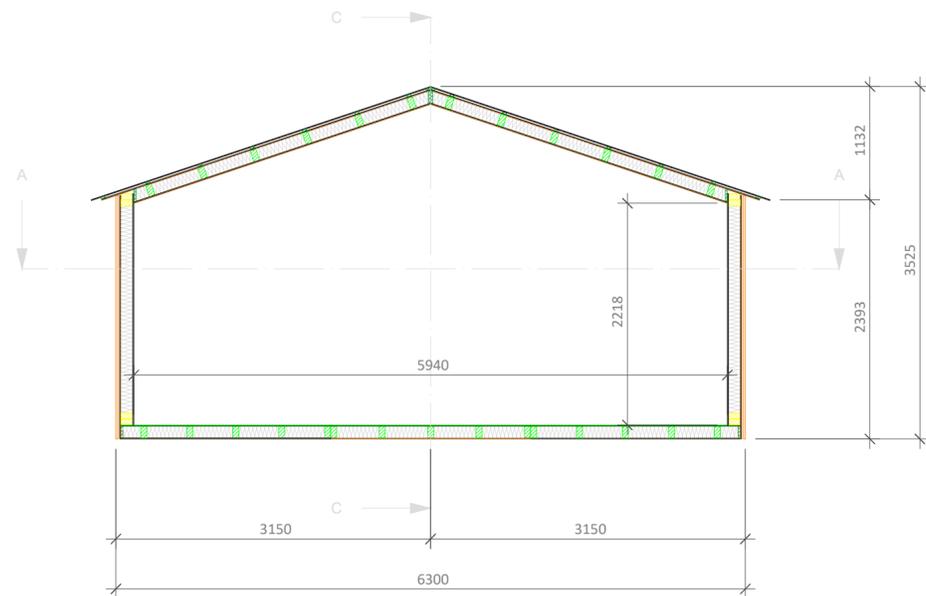




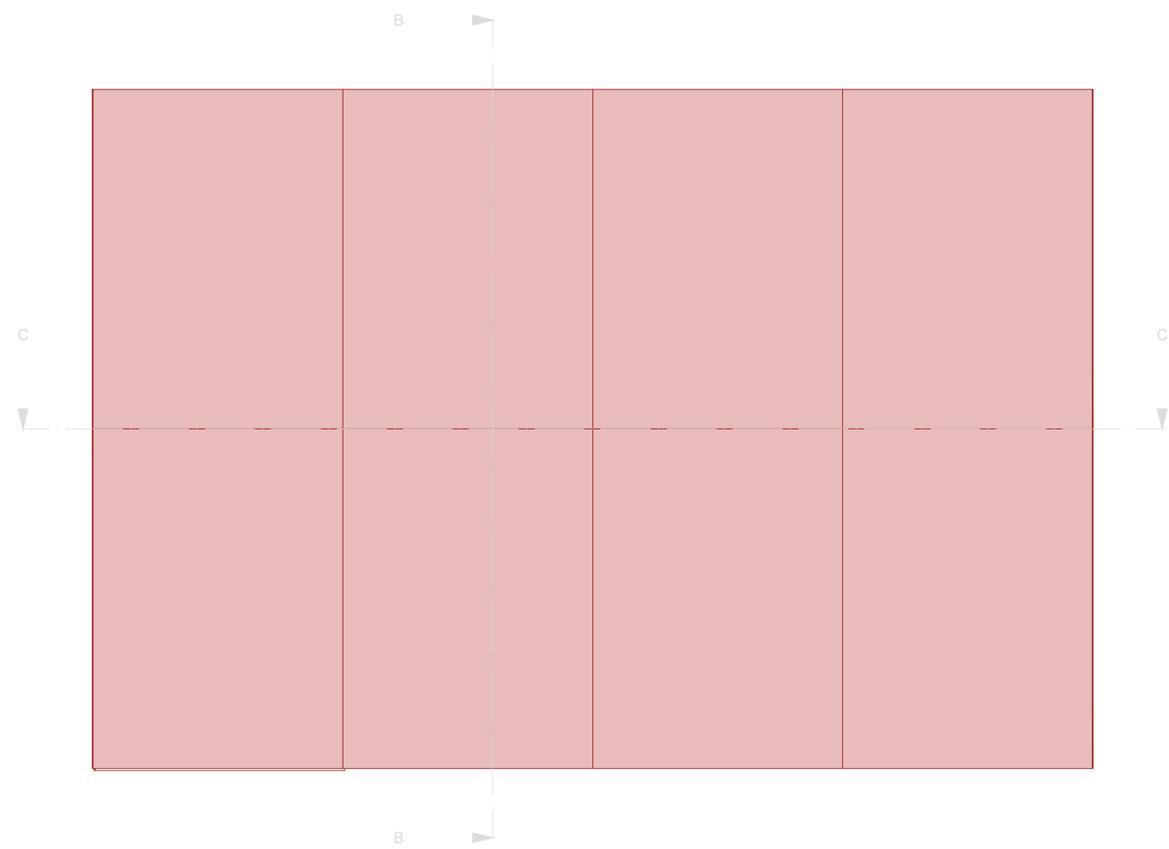
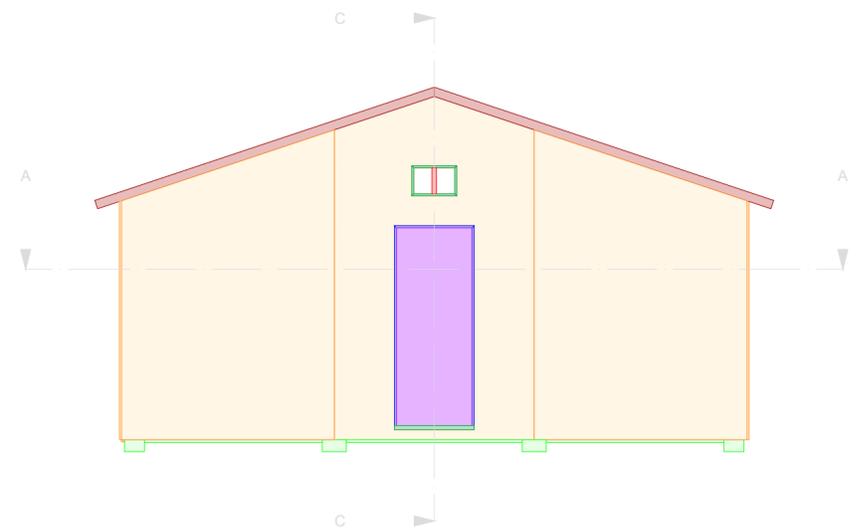
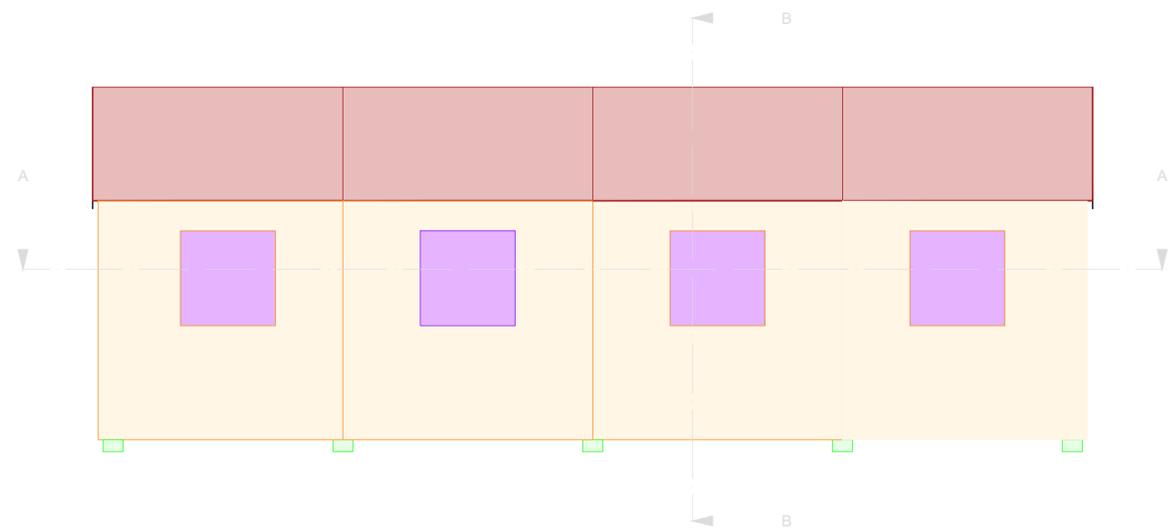
SECCIÓN A

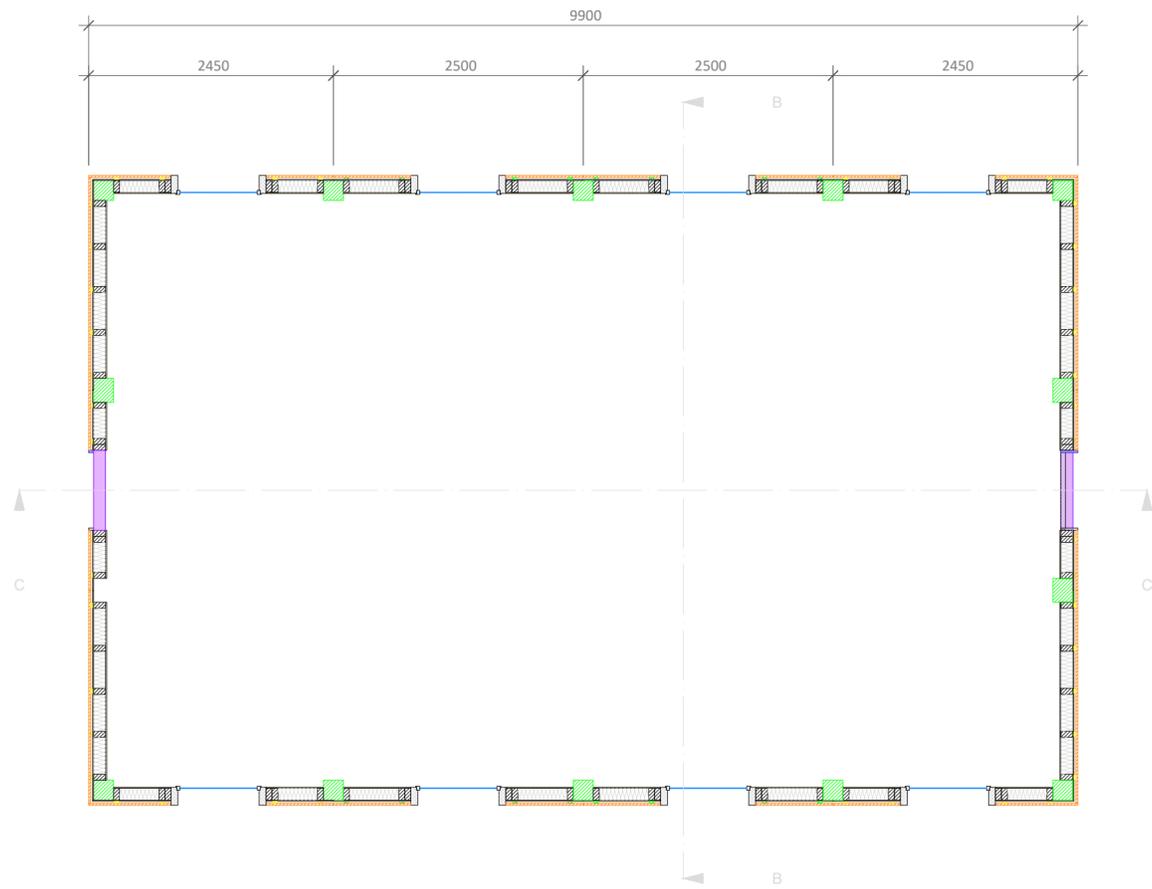


SECCIÓN C

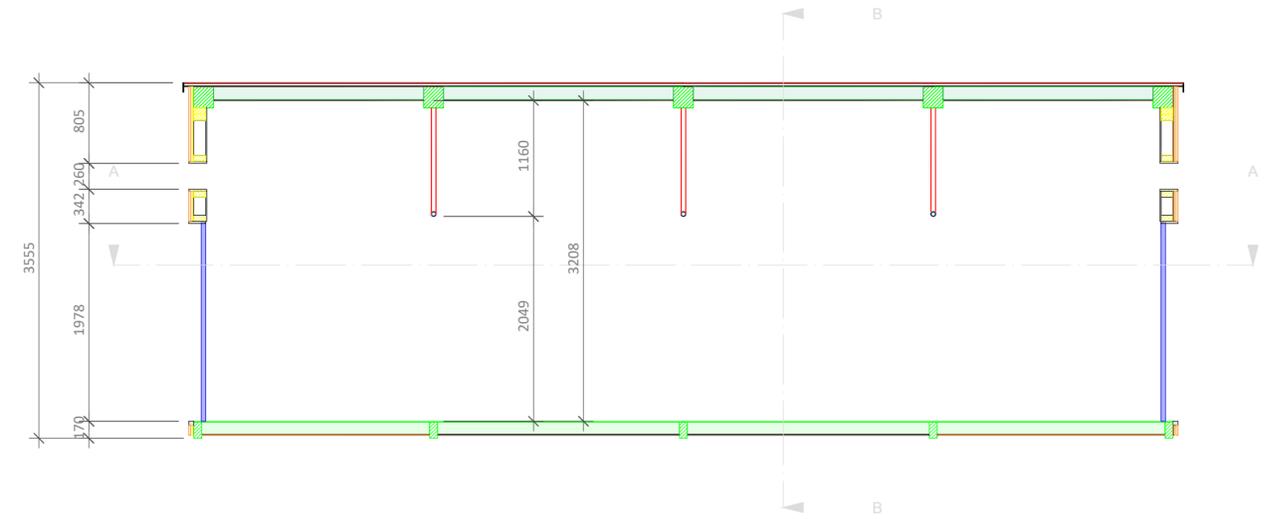


SECCIÓN B

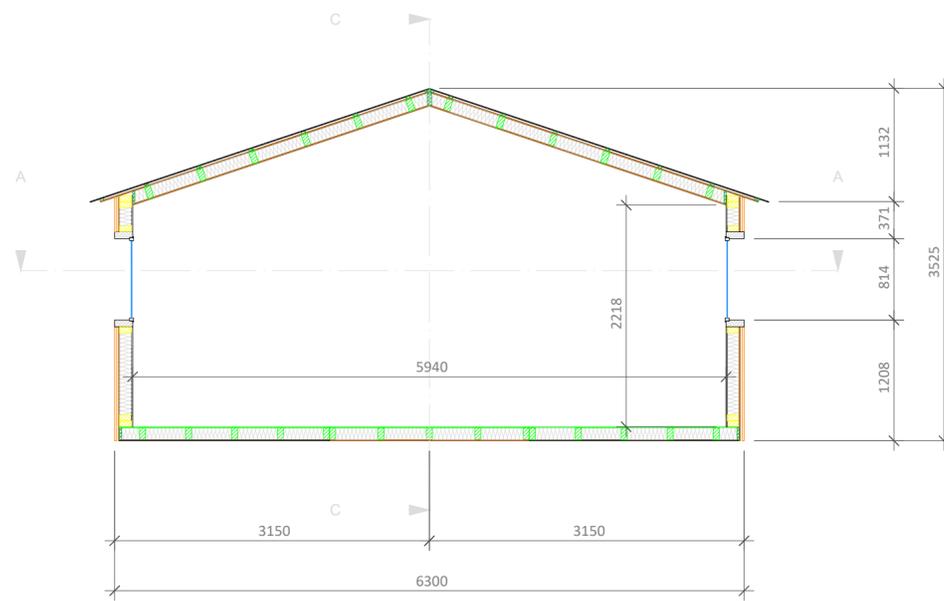




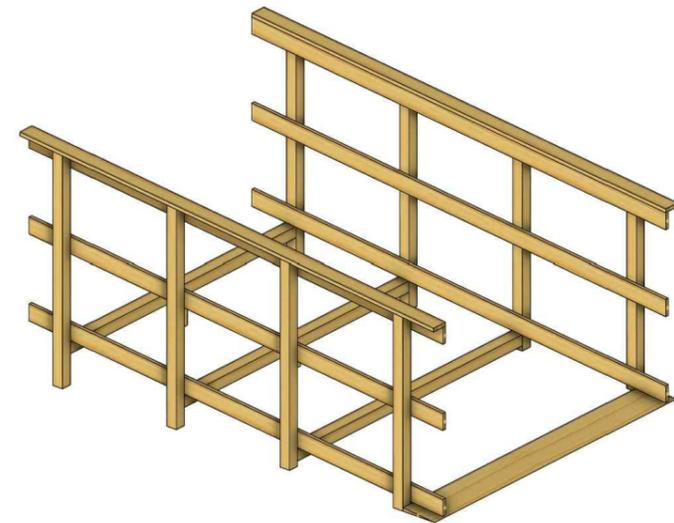
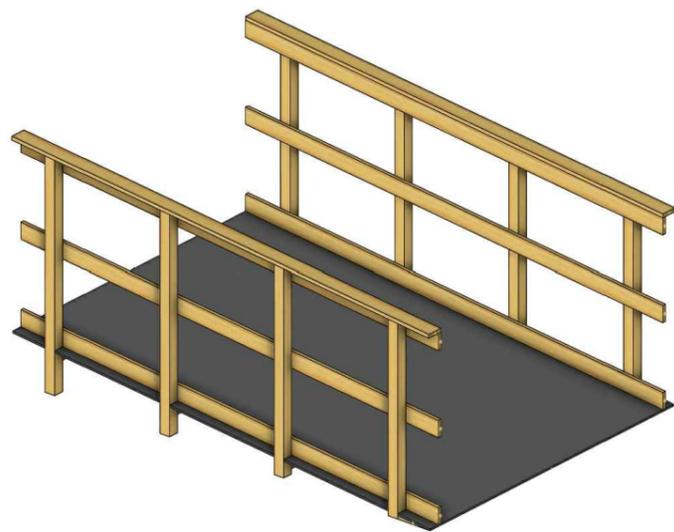
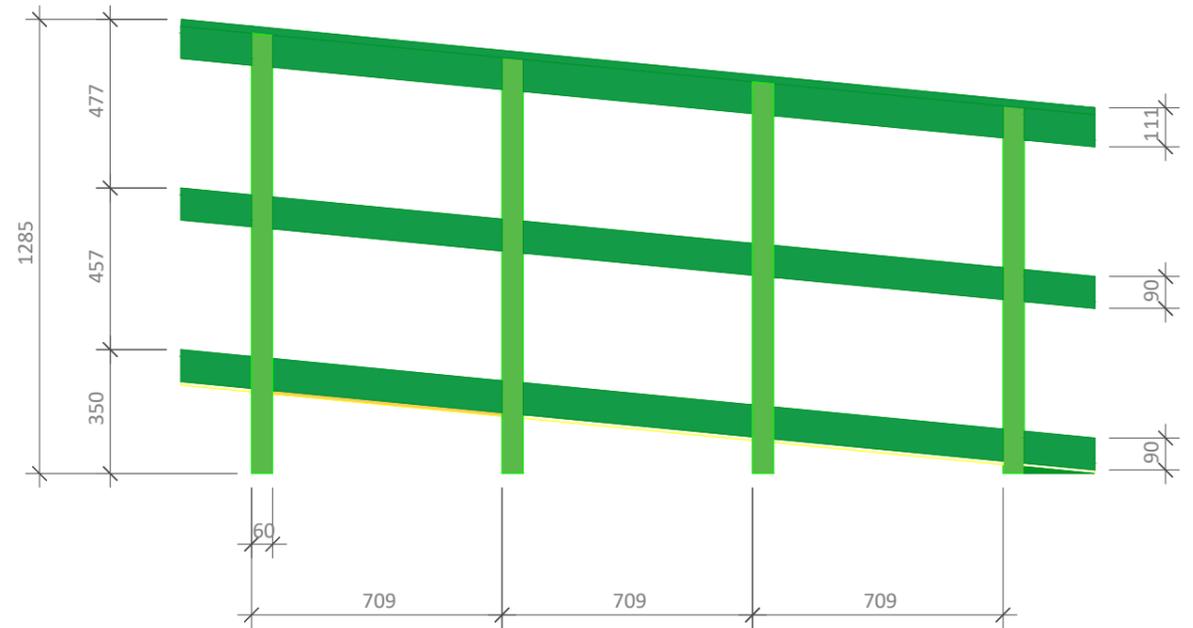
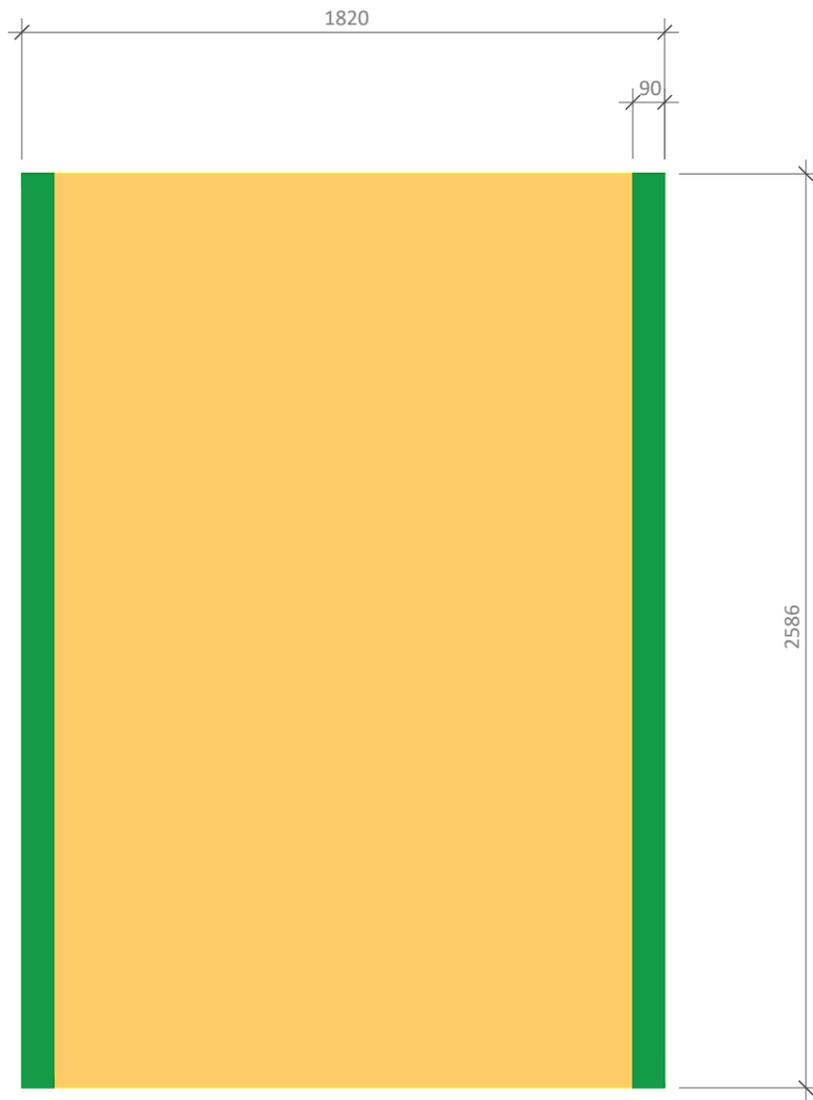
SECCIÓN A

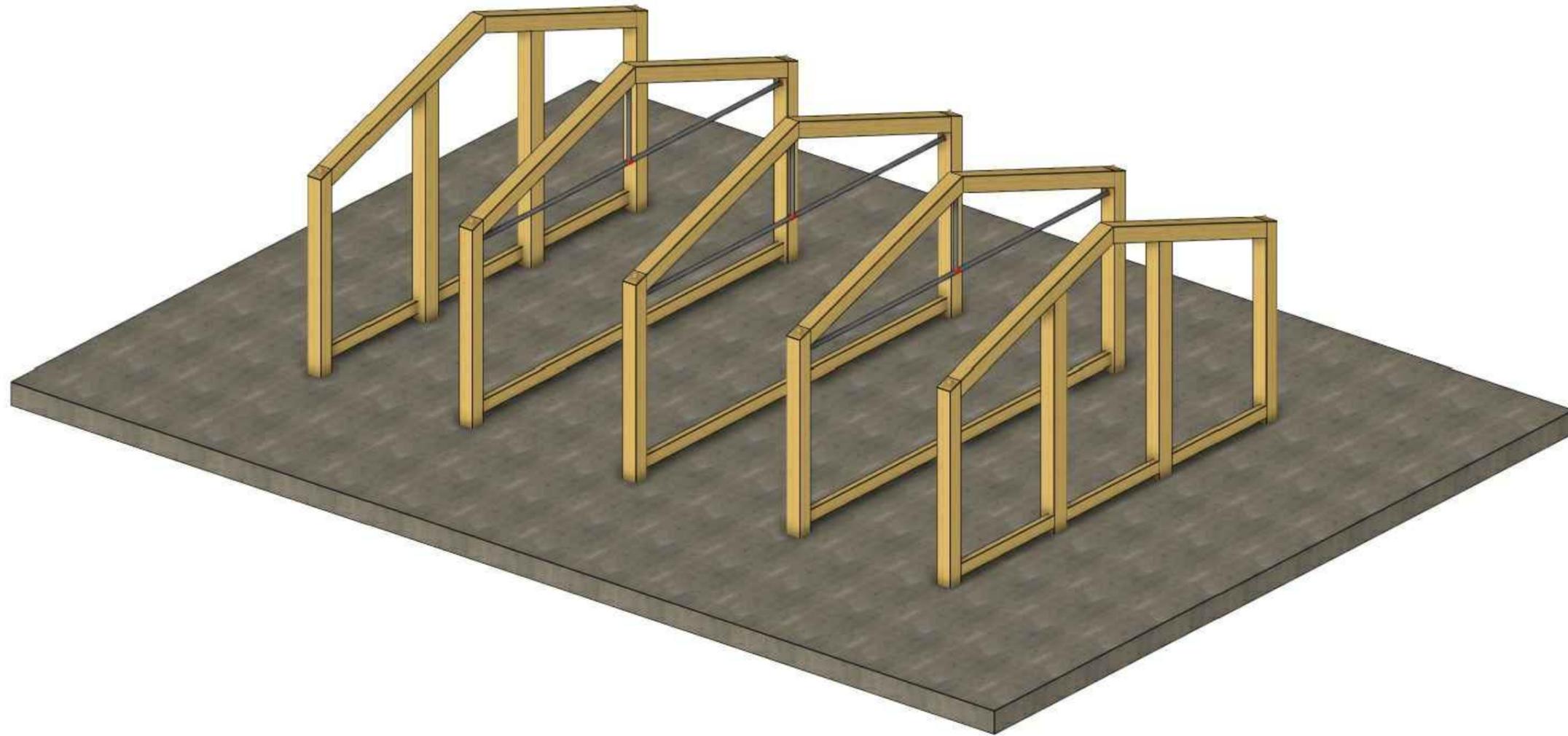


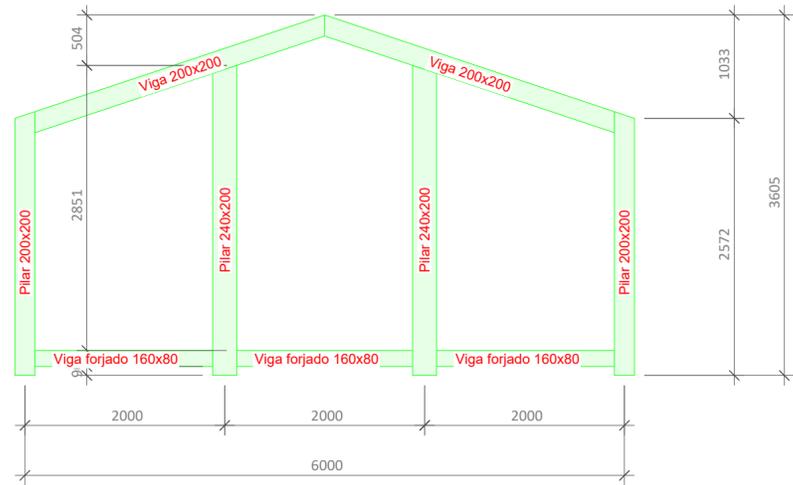
SECCIÓN C



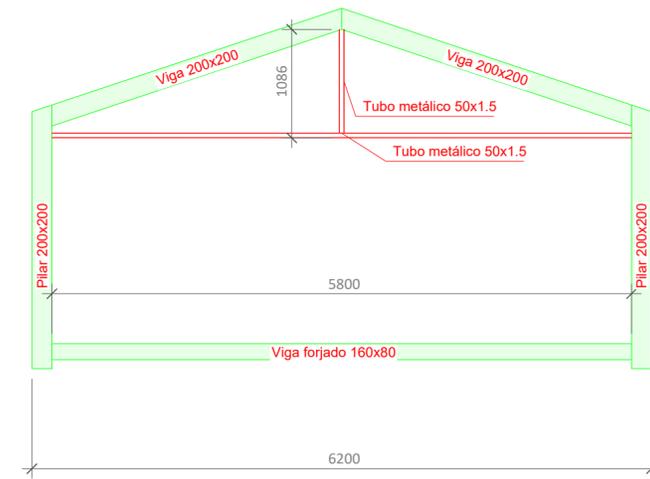
SECCIÓN B



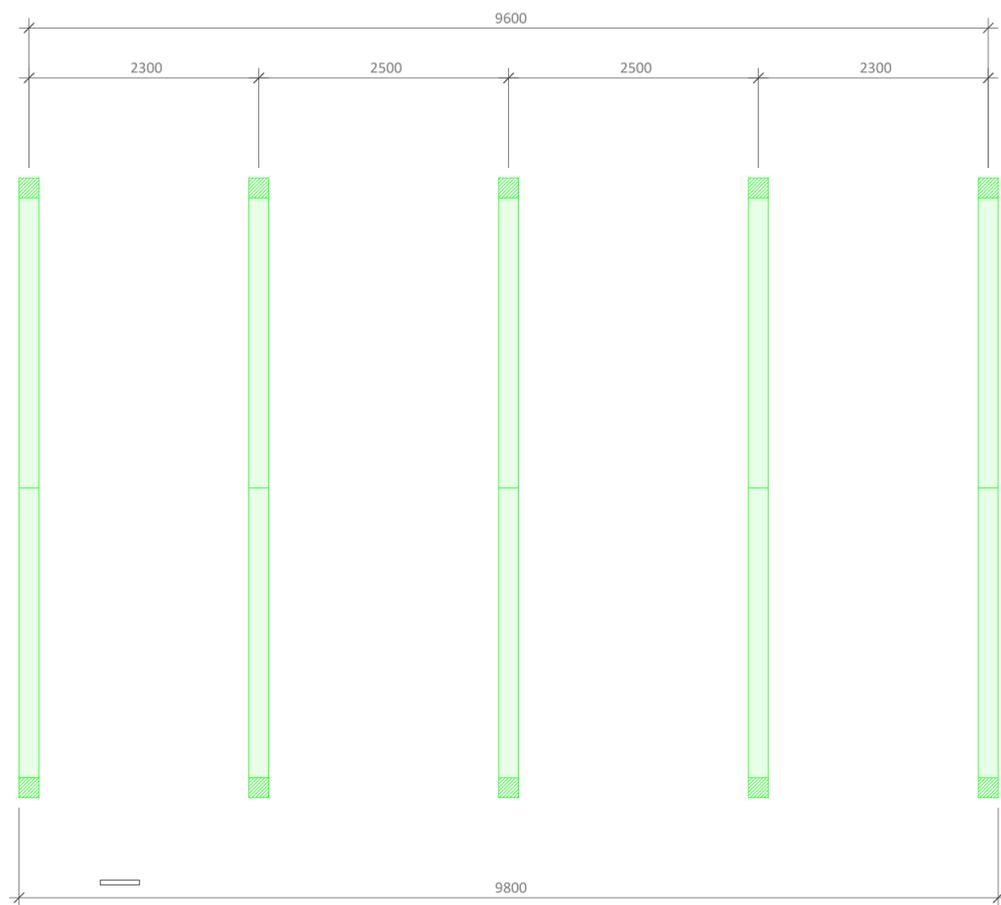




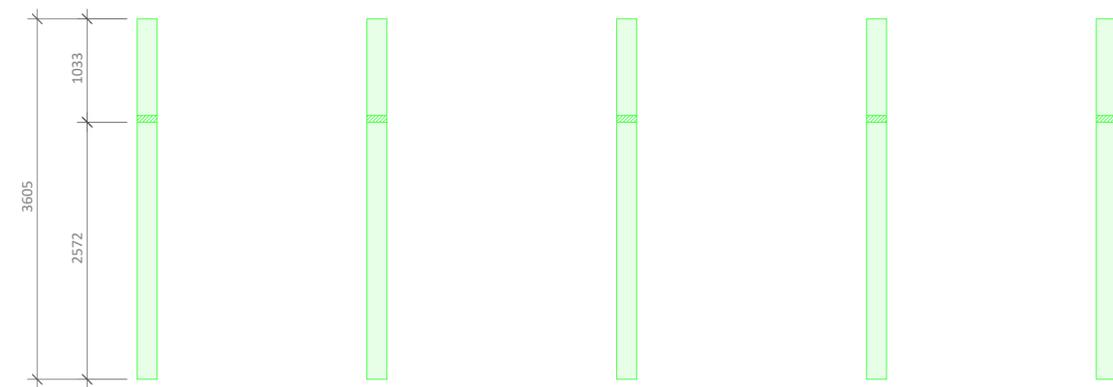
PÓRTICO HASTIAL



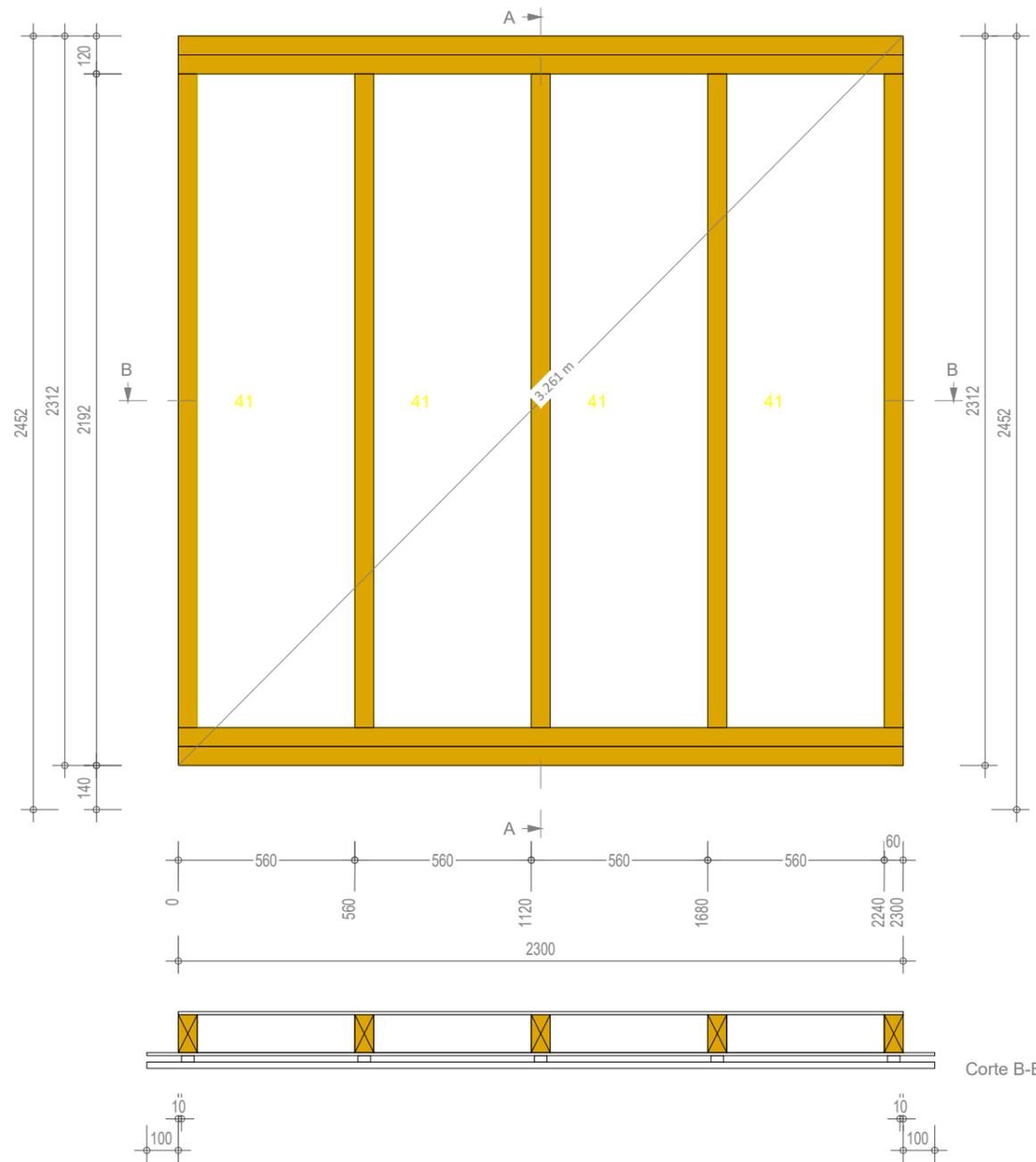
PÓRTICO CENTRAL



VISTA EN PLANTA

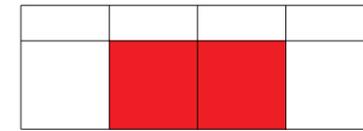


VISTA LATERAL

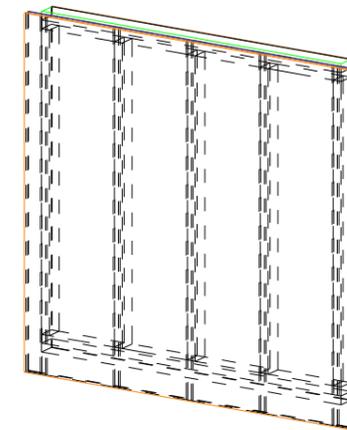


Corte A-A

Corte B-B



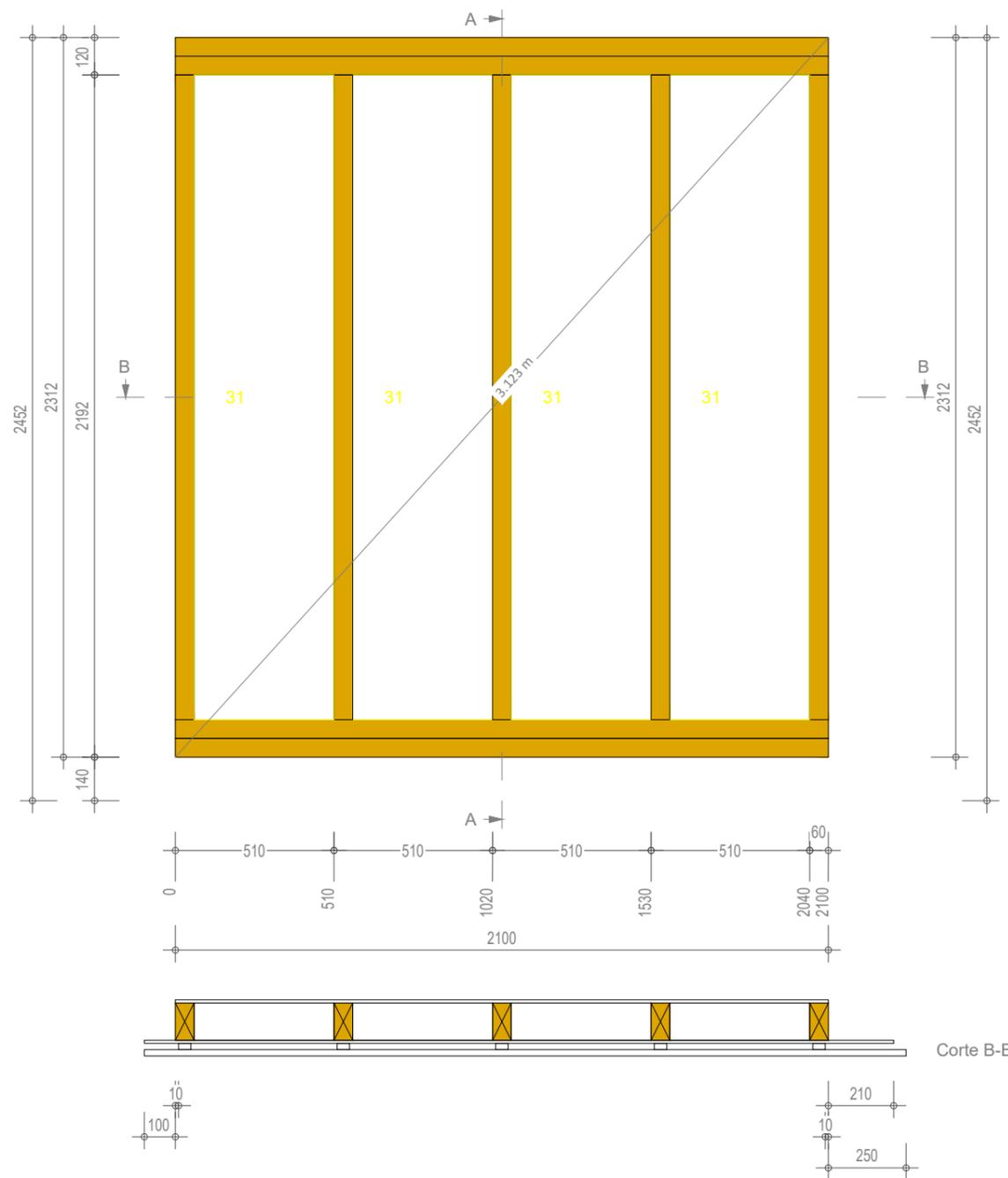
POSICIÓN DEL PANEL (VISTA LATERAL)



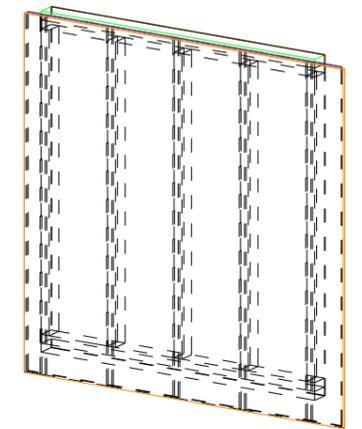
VISTA AXONOMÉTRICA

Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Rastrer	5	Pino	40	20	2435	1,07	5,36
Montante	5	C24	60	120	2072	5,22	26,11
Montante	4	C24	60	120	2300	5,80	23,18
Aislante	4	Lana mineral	2072	120	500	3,11	12,43
Lámina vapor	1	LDPE	2300	0	2312	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2300	10	2312	33,50	33,50
Lámina impermeabilizante	1	PVC	2500	0	2435	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2500	10	2435	38,36	38,36
Revestimiento exterior	1	Tablones contrachapado	2500	20	2435	60,89	60,89
Suma total	23						199,83

LISTADO DE MATERIALES



POSICIÓN DEL PANEL (VISTA LATERAL)



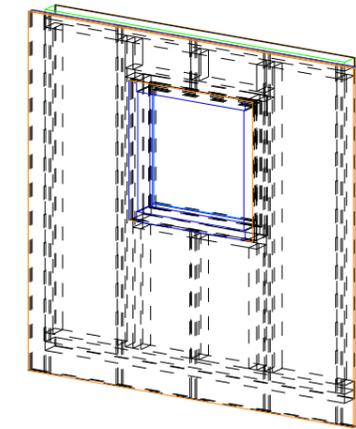
VISTA AXONOMÉTRICA

Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Rastrel	5	Pino	40	20	2435	1,07	5,36
Montante	5	C24	60	120	2072	5,22	26,11
Montante	4	C24	60	120	2100	5,29	21,17
Aislante	4	Lana mineral	2072	120	450	2,80	11,19
Lámina vapor	1	LDPE	2100	0	2312	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2100	10	2312	30,59	30,59
Lámina impermeabilizante	1	PVC	2410	0	2435	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2410	10	2435	36,98	36,98
Revestimiento exterior	1	Tablones contrachapado	2450	20	2435	59,67	59,67
Suma total	23						191,06

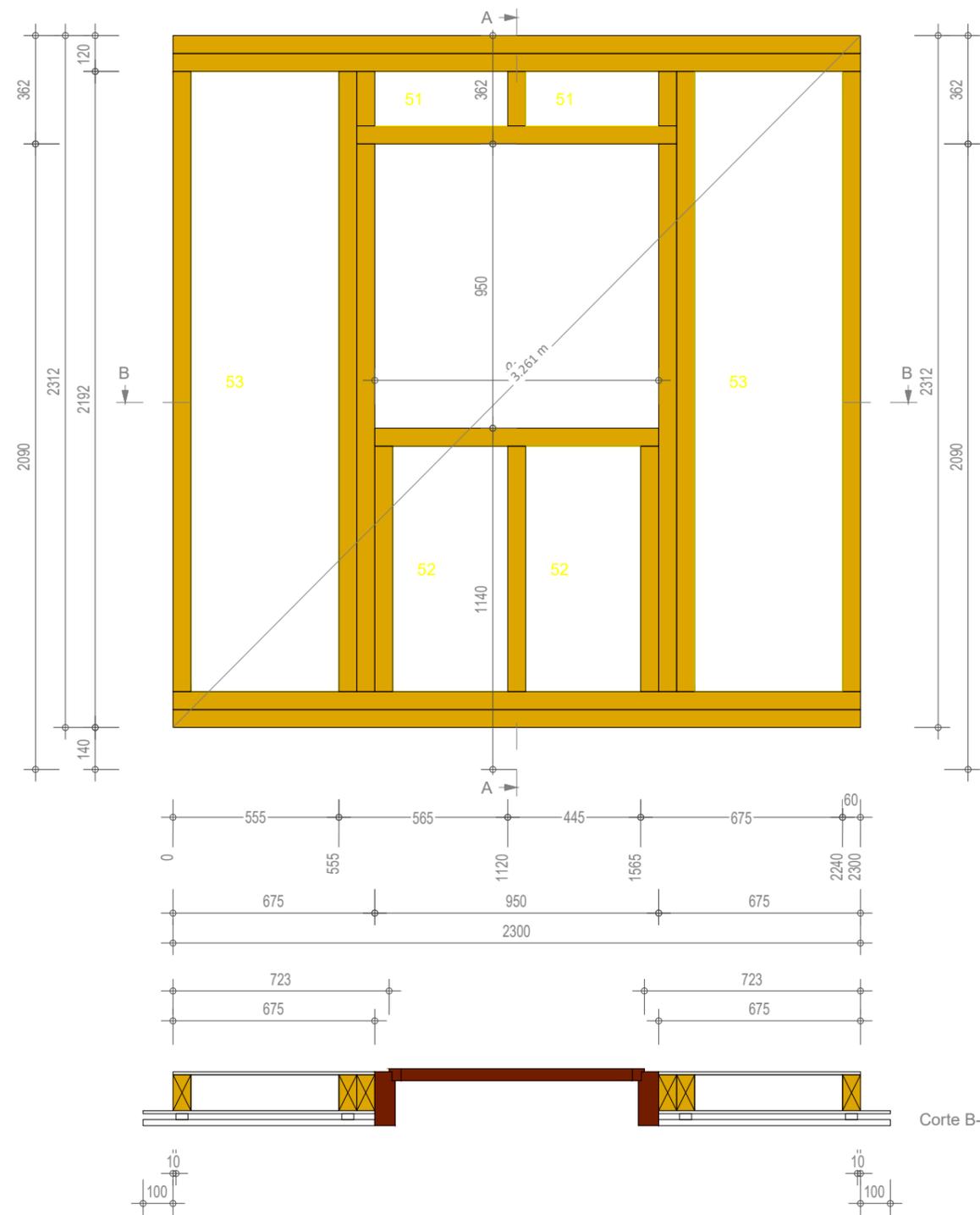
LISTADO DE MATERIALES



POSICIÓN DEL PANEL (VISTA LATERAL)

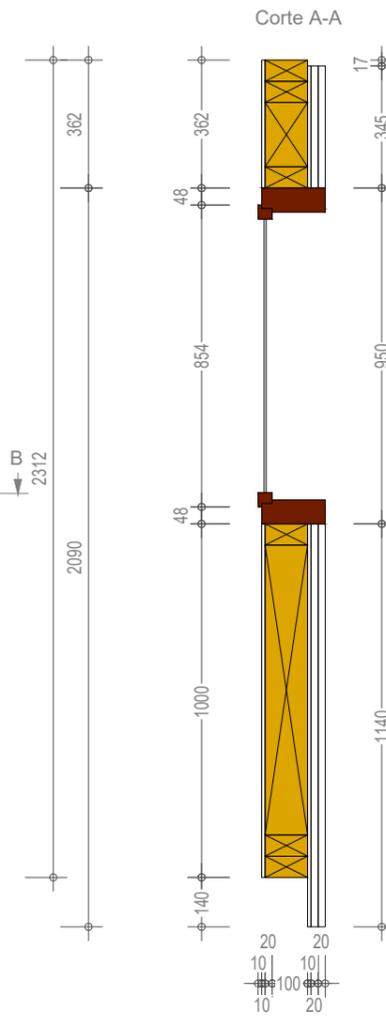
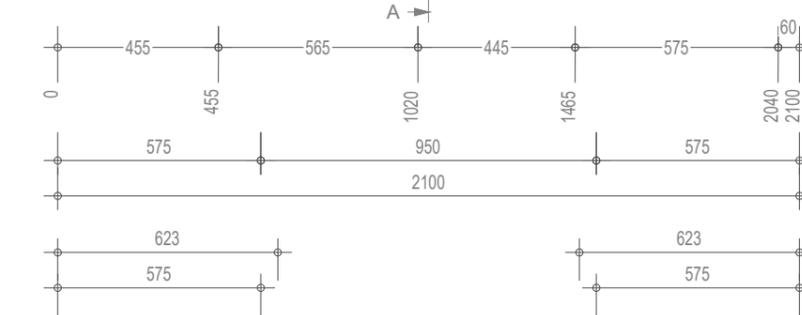
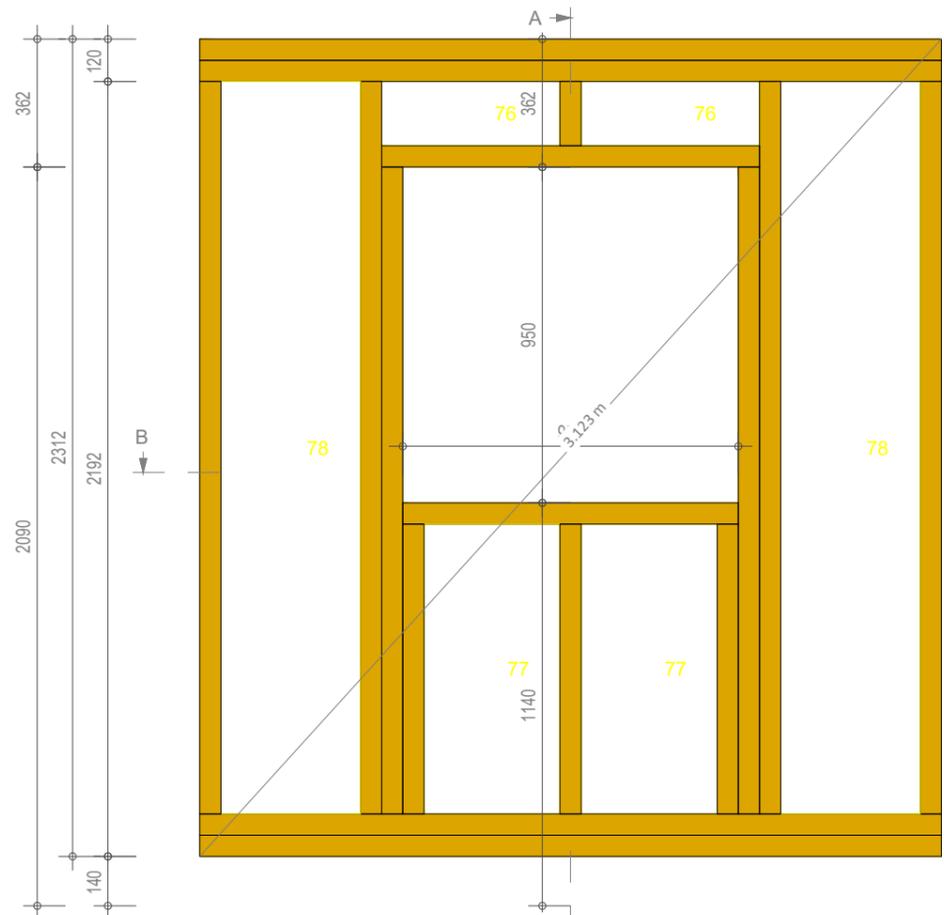


VISTA AXONOMÉTRICA

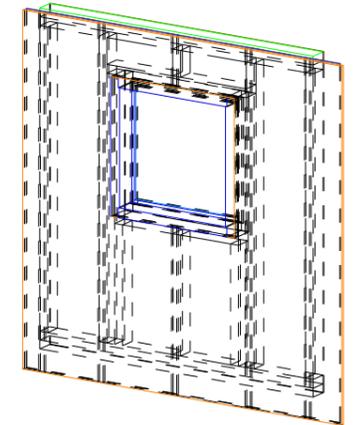


Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Ventana	1	Verre	6	774	774	0,48	0,48
Rastrel	1	Pino	40	20	345	0,15	0,15
Rastrel	1	Pino	40	20	1140	0,50	0,50
Rastrel	4	Pino	40	20	2435	1,07	4,29
Ventana	2	Roble	40	40	774	0,80	1,61
Ventana	2	Roble	40	40	854	0,87	1,75
Montante	3	C24	60	120	182	0,46	1,38
Montante	3	C24	60	120	820	2,07	6,20
Montante	1	C24	60	120	950	2,39	2,39
Montante	1	C24	60	120	1070	2,70	2,70
Montante	2	C24	60	120	1830	4,61	9,22
Montante	4	C24	60	120	2072	5,22	20,89
Montante	4	C24	60	120	2300	5,80	23,18
Ventana	2	Roble	68	180	834	7,97	15,93
Ventana	2	Roble	68	180	950	8,91	17,82
Aislante	2	Lana mineral	182	120	445	0,24	0,49
Aislante	2	Lana mineral	820	120	385	0,95	1,89
Aislante	2	Lana mineral	2072	120	495	3,08	6,15
Lámina vapor	1	LDPE	2300	0	2312	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2300	10	2312	27,82	27,82
Lámina impermeabilizante	1	PVC	2500	0	2435	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2500	10	2435	32,67	32,67
Revestimiento exterior	1	Tablones contrachapado	2500	20	2435	51,86	51,86
Suma total	44						229,37

LISTADO DE MATERIALES



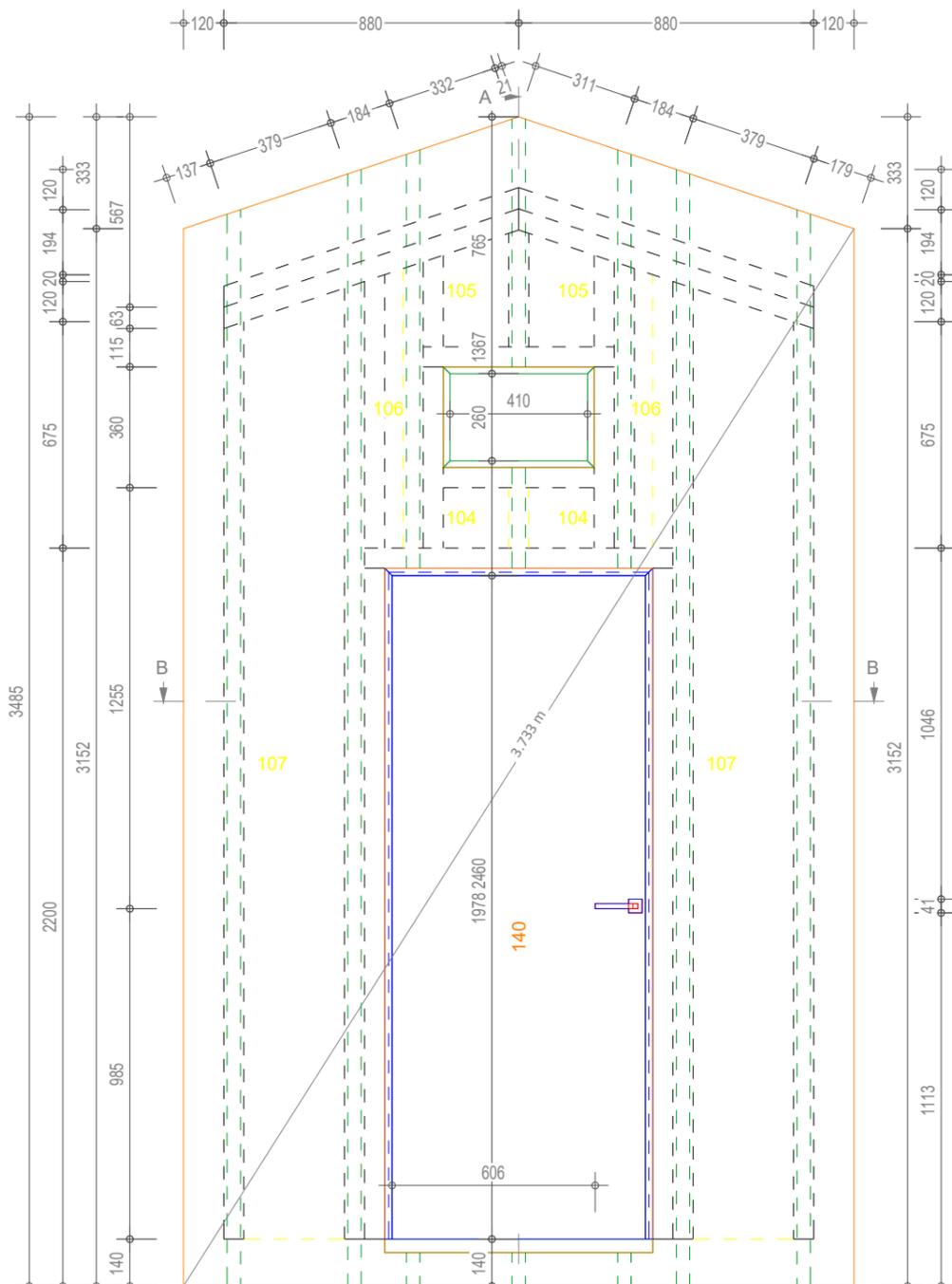
POSICIÓN DEL PANEL (VISTA LATERAL)



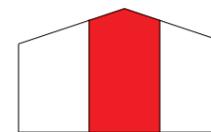
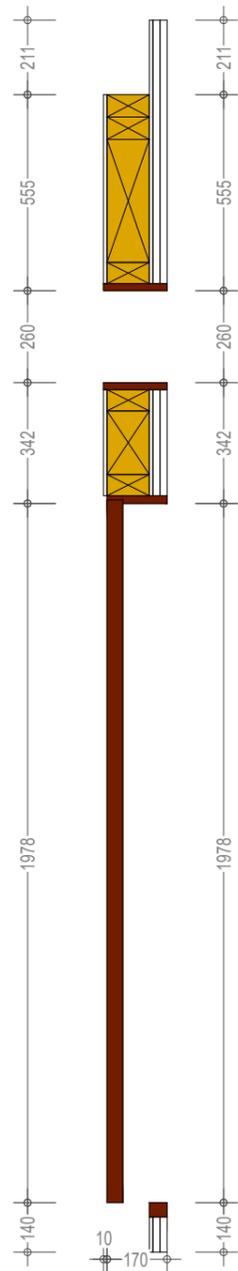
VISTA AXONOMÉTRICA

Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Ventana	1	Verre	6	774	774	0,48	0,48
Rastrel	1	Pino	40	20	345	0,15	0,15
Rastrel	1	Pino	40	20	1140	0,50	0,50
Rastrel	4	Pino	40	20	2435	1,07	4,29
Ventana	2	Roble	40	40	774	0,80	1,61
Ventana	2	Roble	40	40	854	0,87	1,75
Montante	1	C24	60	120	182	0,46	0,46
Montante	3	C24	60	120	820	2,07	6,20
Montante	1	C24	60	120	950	2,39	2,39
Montante	1	C24	60	120	1070	2,70	2,70
Montante	2	C24	60	120	1830	4,61	9,22
Montante	4	C24	60	120	2072	5,22	20,89
Montante	4	C24	60	120	2100	5,29	21,17
Ventana	2	Roble	68	180	834	7,97	15,93
Ventana	2	Roble	68	180	950	8,91	17,82
Aislante	2	Lana mineral	182	120	505	0,28	0,55
Aislante	2	Lana mineral	820	120	385	0,95	1,89
Aislante	2	Lana mineral	2072	120	395	2,46	4,91
Lámina vapor	1	LDPE	2100	0	2312	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2100	10	2312	24,90	24,90
Lámina impermeabilizante	1	PVC	2410	0	2435	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2410	10	2435	31,29	31,29
Revestimiento exterior	1	Tablones contrachapado	2450	20	2435	50,64	50,64
Suma total	42						219,75

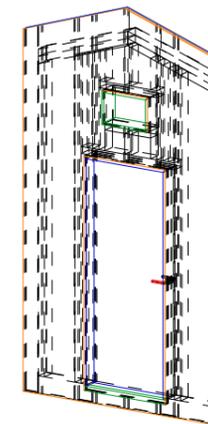
LISTADO DE MATERIALES



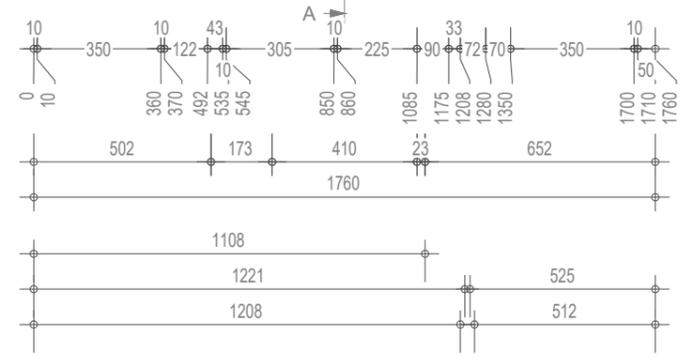
Corte A-A



POSICIÓN DEL PANEL (VISTA FRONTAL)



VISTA AXONOMÉTRICA

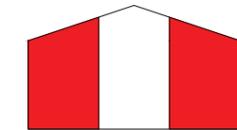


Corte B-B

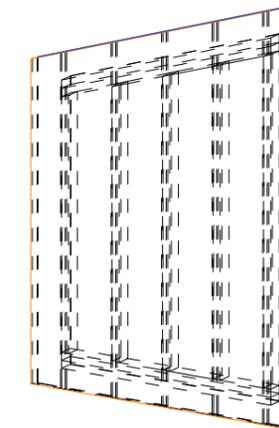


Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Puerta	2	Quincallerie	41	40	41	0,04	0,08
Puerta	2	Quincallerie	15	15	47	0,08	0,17
Puerta	2	Quincallerie	15	15	128	0,23	0,46
Acabado	2	Roble	20	180	300	0,81	1,61
Acabado	2	Roble	20	180	450	1,24	2,48
Puerta	1	Roble	22	170	800	2,33	2,33
Puerta	1	Roble	22	170	2000	5,95	5,95
Rastral	3	Pino	40	20	100	0,04	0,13
Rastral	1	Pino	40	20	300	0,13	0,13
Rastral	1	Pino	40	20	745	0,33	0,33
Rastral	2	Pino	40	20	1247	0,55	1,09
Rastral	2	Pino	40	20	3209	1,41	2,82
Rastral	2	Pino	40	20	3329	1,46	2,92
Puerta	1	Roble	45	776	1988	55,54	55,54
Acabado	1	Roble	50	40	800	1,28	1,28
Montante	1	C24	60	120	180	0,45	0,45
Montante	2	C24	60	120	273	0,66	1,33
Montante	1	C24	60	120	348	0,86	0,86
Montante	1	C24	60	120	450	1,13	1,13
Montante	2	C24	60	120	540	1,36	2,72
Montante	1	C24	60	120	570	1,44	1,44
Montante	2	C24	60	120	815	2,03	4,06
Montante	2	C24	60	120	853	2,12	4,25
Montante	1	C24	60	120	920	2,32	2,32
Montante	4	C24	60	120	948	2,34	9,35
Montante	2	C24	60	120	2000	5,04	10,08
Montante	2	C24	60	120	2735	6,87	13,73
Montante	2	C24	60	120	2855	7,17	14,34
Aislante	2	Lana mineral	180	120	195	0,11	0,21
Aislante	2	Lana mineral	338	120	195	0,18	0,36
Aislante	2	Lana mineral	833	120	55	0,14	0,27
Lámina vapor	1	LDPE	1760	0	3135	0,00	0,00
Panel	1	OSB 3	1760	10	3135	22,20	22,20
Lámina impermeabilizante	1	PVC	2000	0	3485	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2000	10	3485	30,68	30,68
Revestimiento exterior	1	Tablones contrachapado	2000	20	3485	48,70	48,70
Puerta	1	Roble	2000	170	22	5,95	5,95
Aislante	2	Lana mineral	2835	120	300	2,51	5,01
Suma total	62						256,76

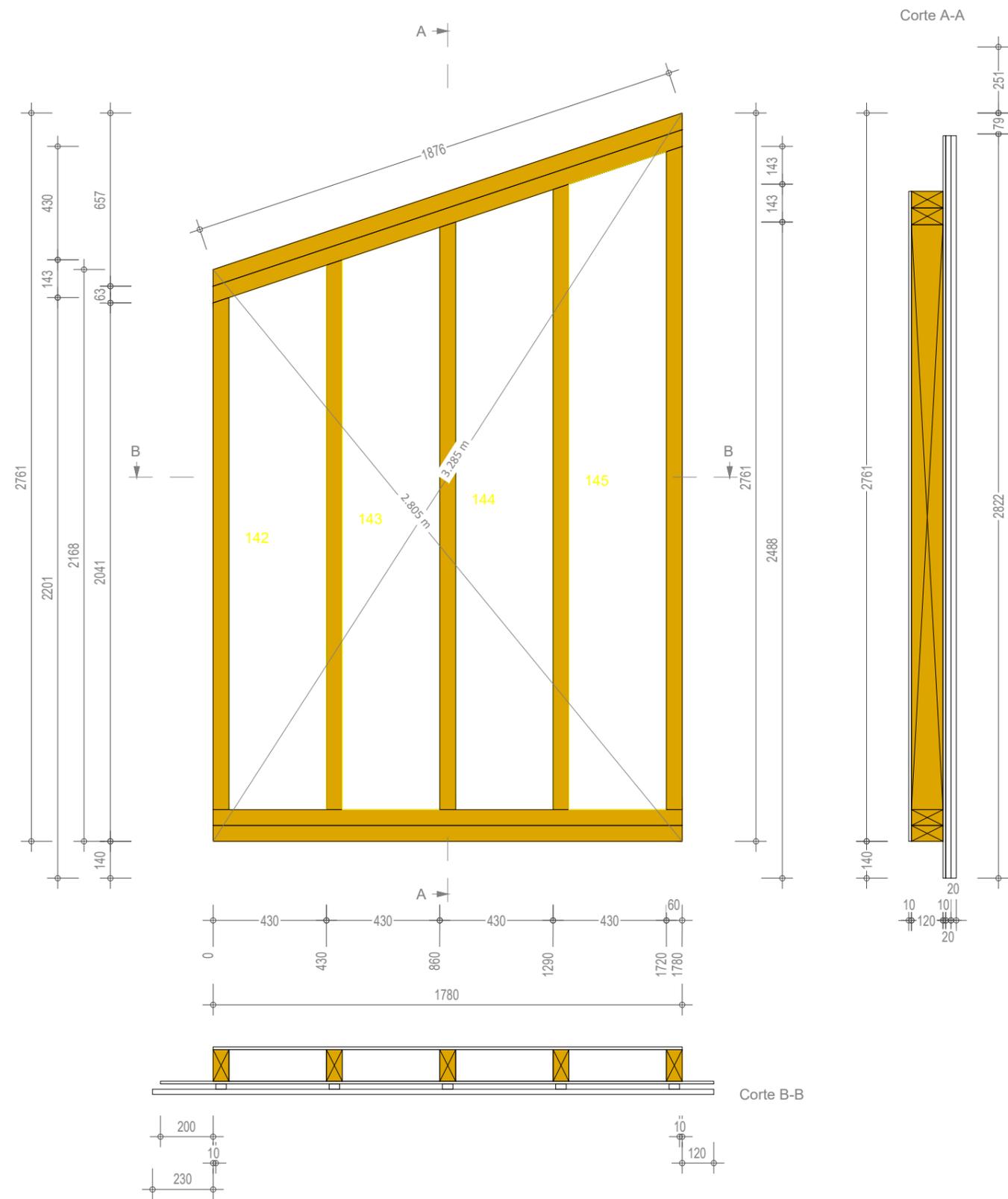
LISTADO DE MATERIALES



POSICIÓN DEL PANEL (VISTA FRONTAL)

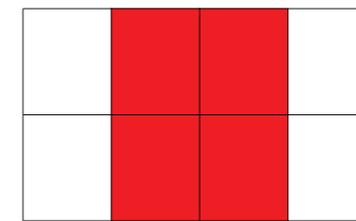
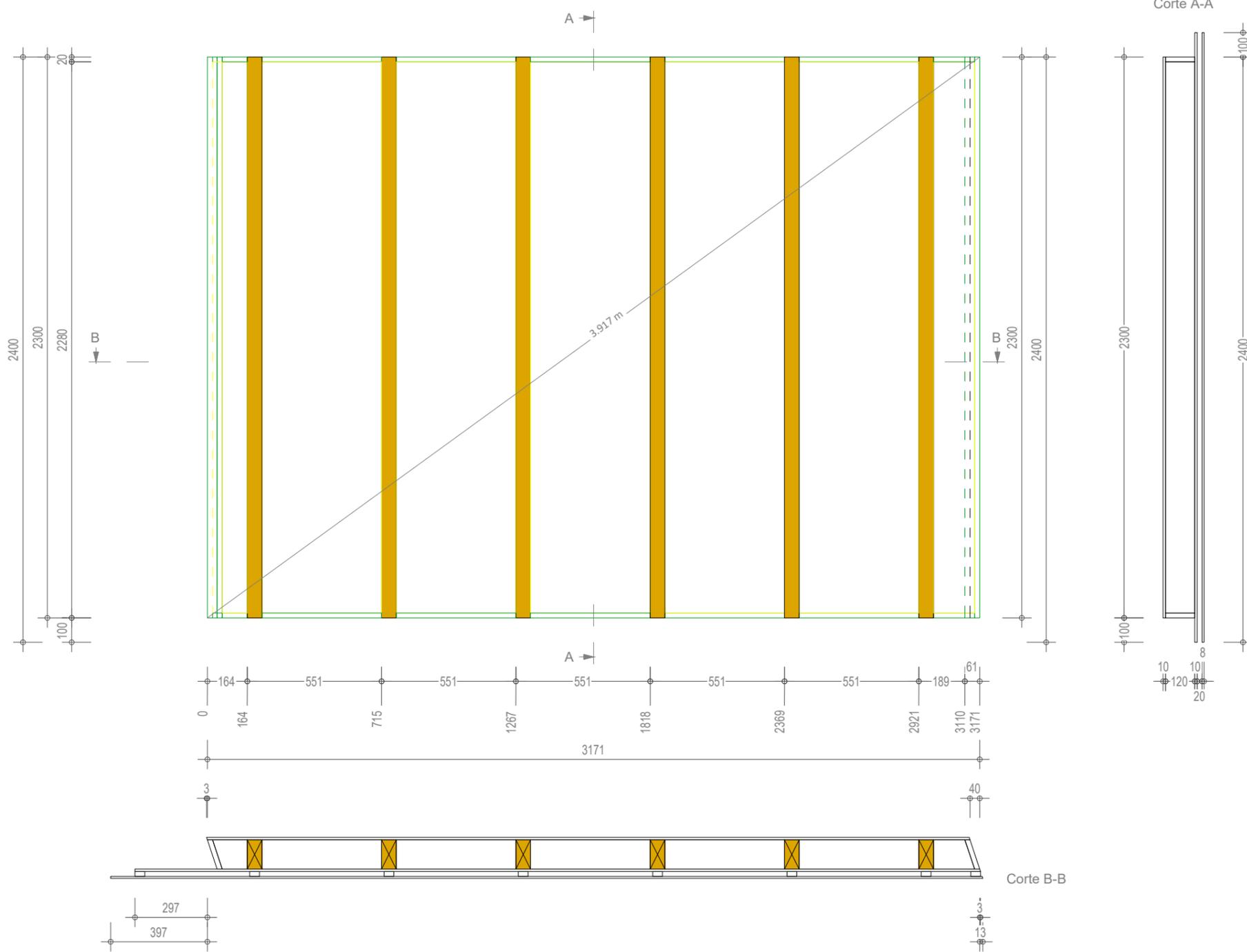


VISTA AXONOMÉTRICA

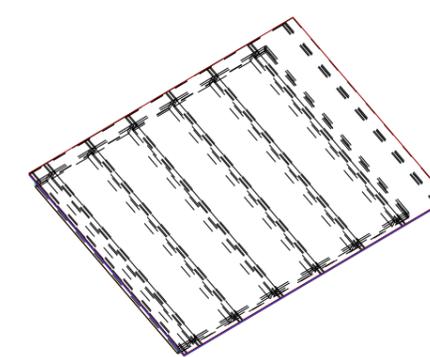


Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Rastrer	1	Pino	40	20	2535	1,11	1,11
Rastrer	1	Pino	40	20	2679	1,18	1,18
Rastrer	1	Pino	40	20	2822	1,24	1,24
Rastrer	1	Pino	40	20	2965	1,30	1,30
Rastrer	1	Pino	40	20	3109	1,36	1,36
Montante	2	C24	60	120	1780	4,49	8,97
Montante	2	C24	60	120	1896	4,73	9,46
Montante	1	C24	60	120	1941	4,87	4,87
Montante	1	C24	60	120	2085	5,23	5,23
Montante	1	C24	60	120	2228	5,59	5,59
Montante	1	C24	60	120	2371	5,95	5,95
Montante	1	C24	60	120	2515	6,31	6,31
Lámina vapor	1	LDPE	1780	0	2761	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	1780	10	2761	27,64	27,64
Aislante	1	Lana mineral	2065	120	370	2,22	2,22
Lámina impermeabilizante	1	PVC	2100	0	3152	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2100	10	3152	37,07	37,07
Revestimiento exterior	1	Tablones contrachapado	2130	20	3152	59,58	59,58
Aislante	1	Lana mineral	2208	120	370	2,38	2,38
Aislante	1	Lana mineral	2351	120	370	2,54	2,54
Aislante	1	Lana mineral	2495	120	370	2,70	2,70
Suma total	23						186,71

LISTADO DE MATERIALES



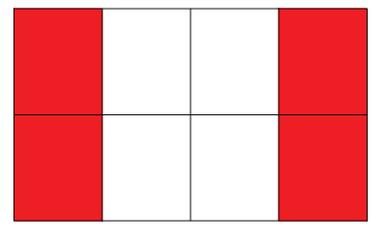
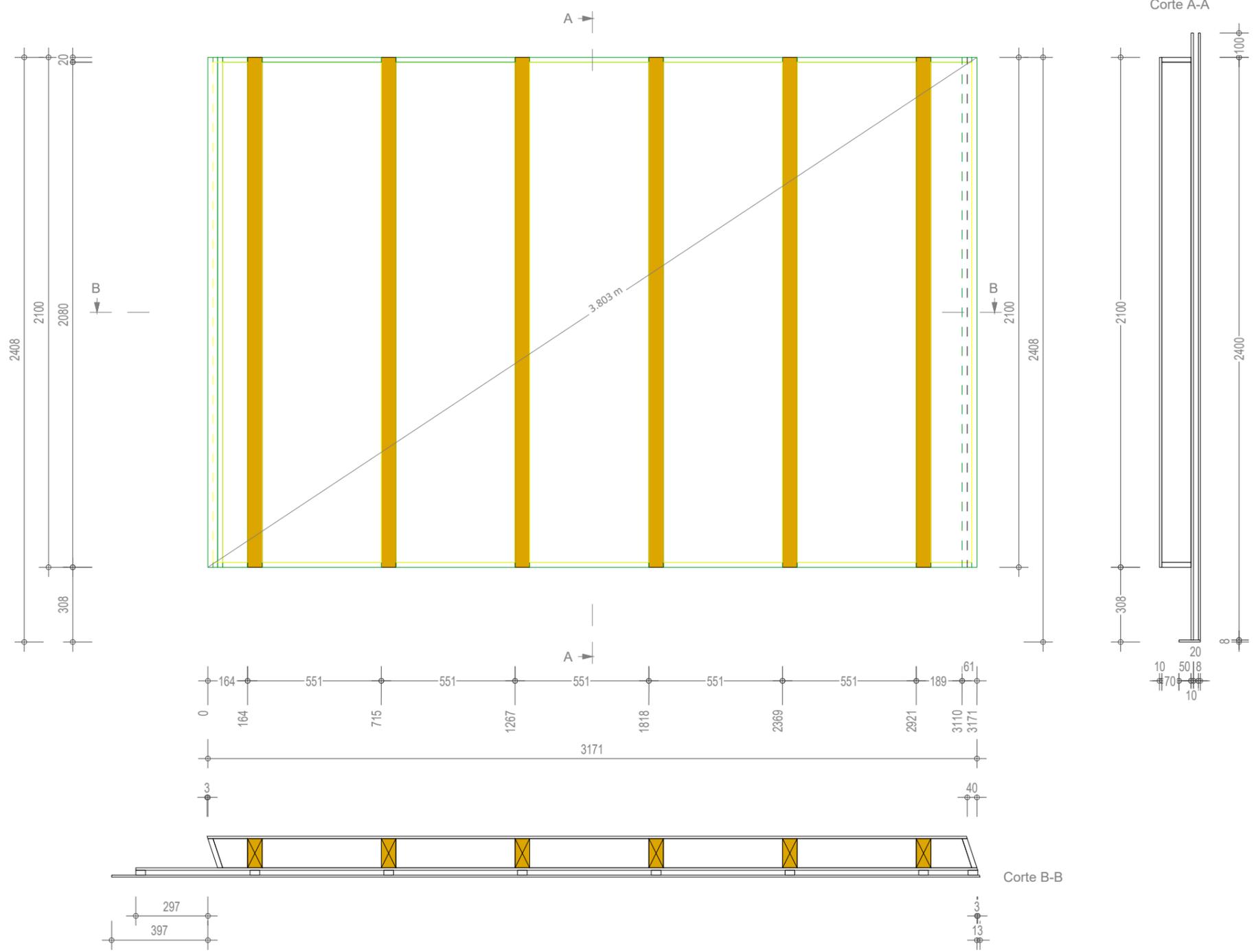
POSICIÓN DEL PANEL (VISTA EN PLANTA)



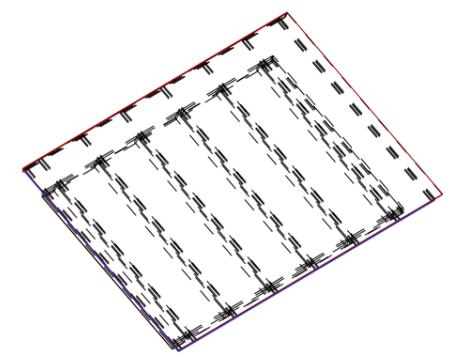
VISTA AXONOMÉTRICA

Nombre	Cantidad	Material	Anchura real	Altura real	Longitud real	Peso real	Peso real total
			mm	mm	mm	kg	kg
Pieza perimetral	2	Pino	20	120	143	0,16	0,32
Pieza perimetral	2	Pino	20	120	169	0,20	0,39
Pieza perimetral	10	Pino	20	120	491	0,65	6,49
Pieza perimetral	2	Pino	20	133	2300	3,20	6,40
Rastrer	8	Pino	40	20	2500	1,10	8,80
Vigueta	6	C24	60	120	2300	5,80	34,78
Aislante	1	Lana mineral	2260	120	143	0,83	0,83
Aislante	1	Lana mineral	2260	120	169	1,01	1,01
Aislante	5	Lana mineral	2260	120	491	3,33	16,66
Lámina vapor	1	LDPE	2300	0	3131	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2300	10	3134	45,36	45,36
Lámina impermeabilizante	1	PVC	2500	0	3471	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2500	10	3471	54,64	54,64
Tejado	1	Teja redonda	3580	8	2500	32,50	32,50
Suma total	42						208,18

LISTADO DE MATERIALES



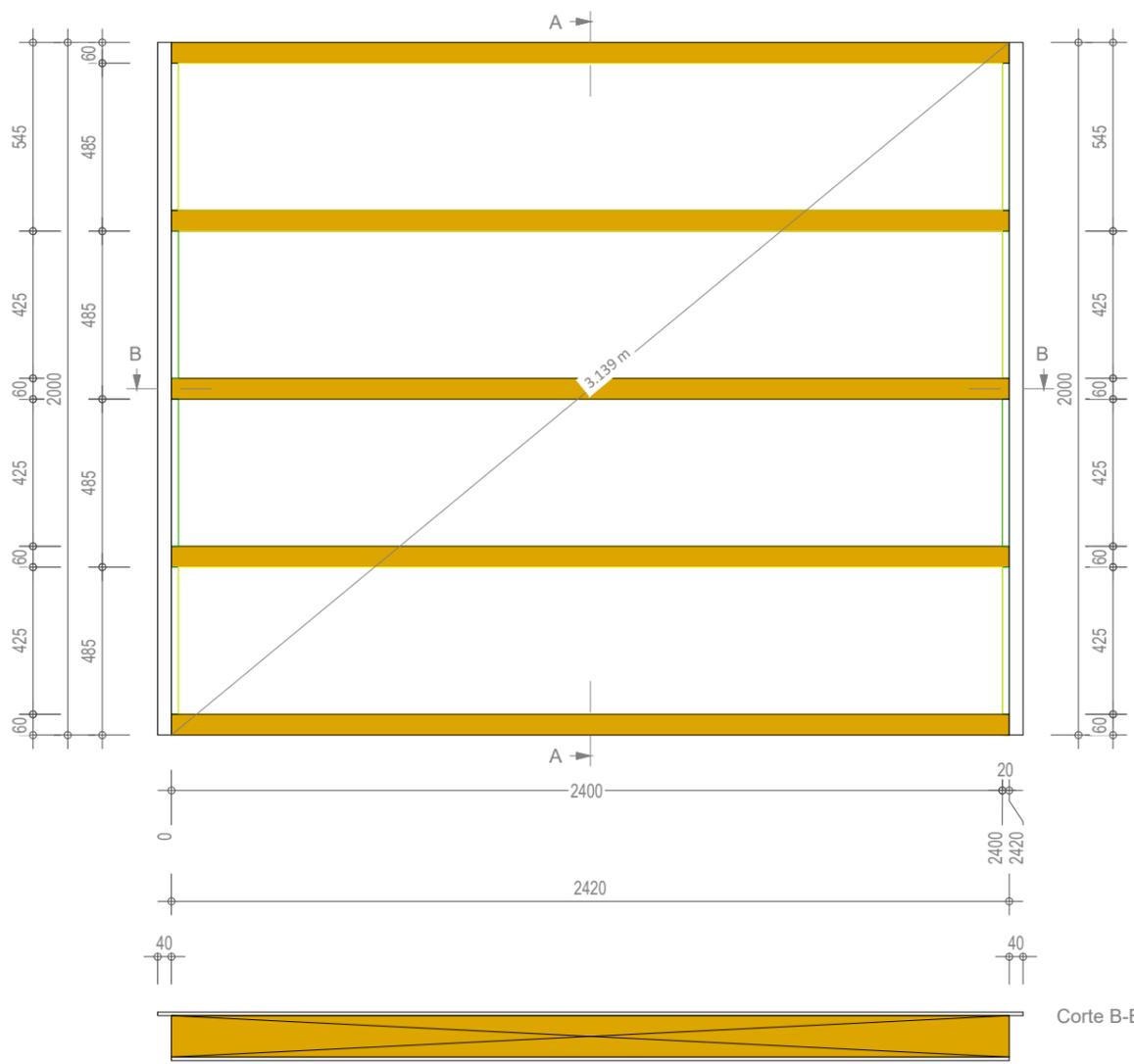
POSICIÓN DEL PANEL (VISTA EN PLANTA)



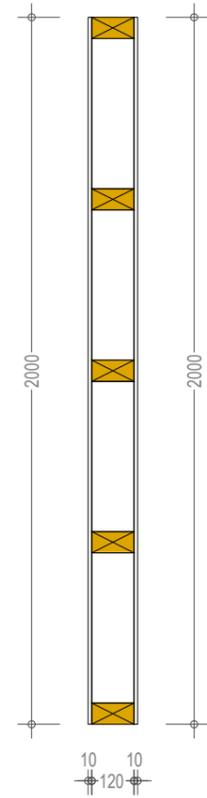
VISTA AXONOMÉTRICA

Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Pieza perimetral	2	Pino	20	120	143	0,16	0,32
Pieza perimetral	2	Pino	20	120	169	0,20	0,39
Pieza perimetral	10	Pino	20	120	491	0,65	6,49
Pieza perimetral	2	Pino	20	133	2100	2,92	5,84
Rastrel	8	Pino	40	20	2500	1,10	8,80
Vigueta	6	C24	60	120	2100	5,29	31,75
Tejado	1	Teja redonda	1216	8	3397	0,00	0,00
Aislante	1	Lana mineral	2060	120	143	0,76	0,76
Aislante	1	Lana mineral	2060	120	169	0,92	0,92
Aislante	5	Lana mineral	2060	120	491	3,04	15,18
Lámina vapor	1	LDPE	2100	0	3131	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2100	10	3134	41,42	41,42
Lámina impermeabilizante	1	PVC	2500	0	3471	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2500	10	3471	54,64	54,64
Tejado	1	Teja redonda	3580	8	2500	32,50	32,50
Suma total	43						199,02

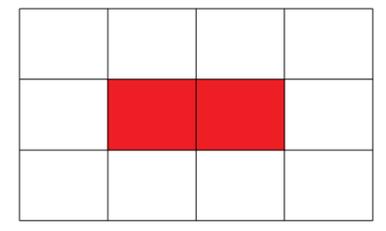
LISTADO DE MATERIALES



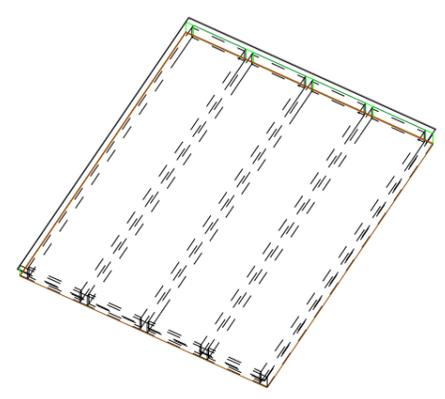
Corte A-A



Corte B-B



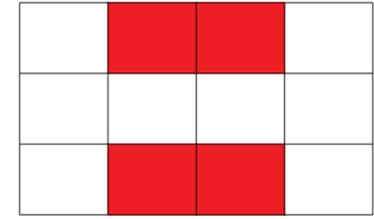
POSICIÓN DEL PANEL (VISTA EN PLANTA (FORJADO))



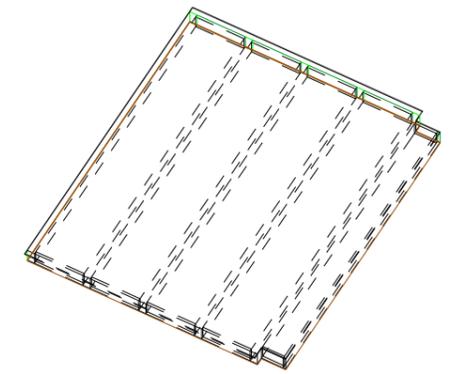
VISTA AXONOMÉTRICA

Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Pieza perimetral	8	Pino	20	120	425	0,56	4,49
Vigueta	5	C24	60	120	2420	6,10	30,49
Aislante	4	Lana mineral	425	120	2380	3,03	12,14
Lámina vapor	1	LDPE	2000	0	2500	0,00	0,00
Suelo	1	Madera-cemento	2000	10	2500	60,00	60,00
OSB	1	OSB 3	2420	10	2000	30,49	30,49
Suma total	20						137,61

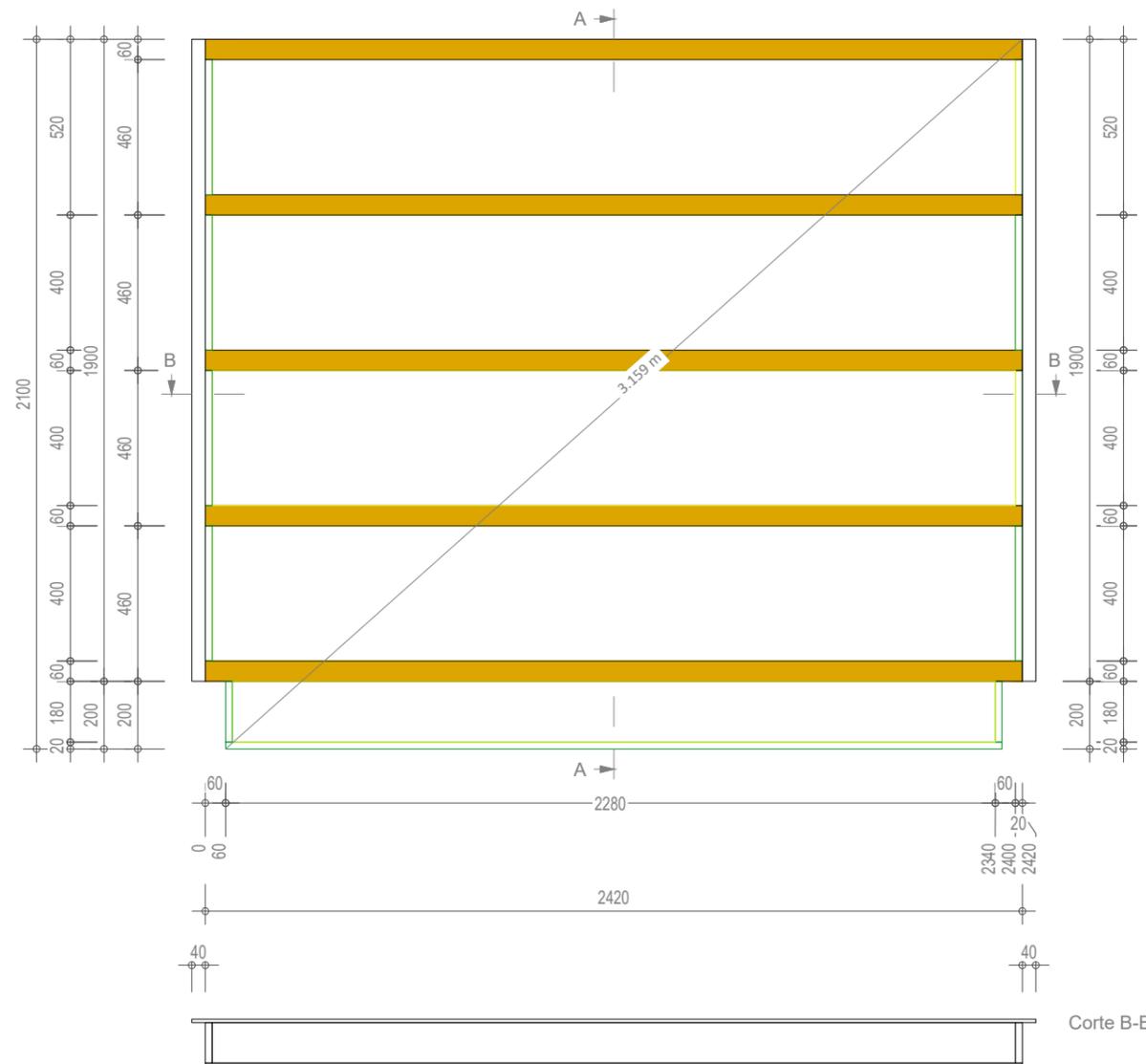
LISTADO DE MATERIALES



POSICIÓN DEL PANEL (VISTA EN PLANTA (FORJADO))



VISTA AXONOMÉTRICA

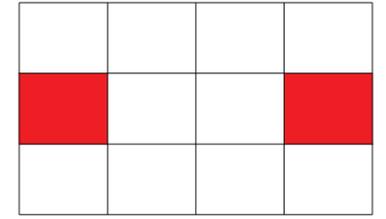


Corte B-B

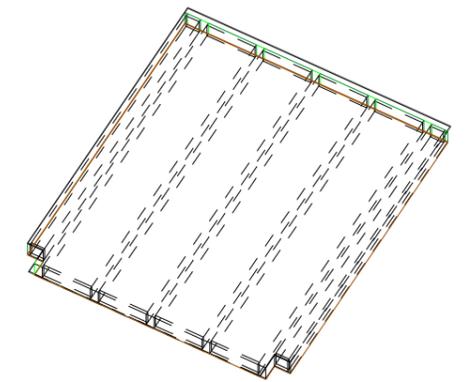
Corte A-A

Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Pieza perimetral	2	Pino	20	120	180	0,24	0,48
Pieza perimetral	8	Pino	20	120	400	0,53	4,22
Pieza perimetral	1	Pino	20	120	2300	3,04	3,04
Vigueta	5	C24	60	120	2420	6,10	30,49
Lámina vapor	1	LDPE	2100	0	2500	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2100	10	2420	31,87	31,87
Suelo	1	Madera-cemento	2100	10	2500	62,52	62,52
Aislante	1	Lana mineral	2260	120	180	1,22	1,22
Aislante	4	Lana mineral	2380	120	400	2,86	11,42
Suma total	24						145,26

LISTADO DE MATERIALES



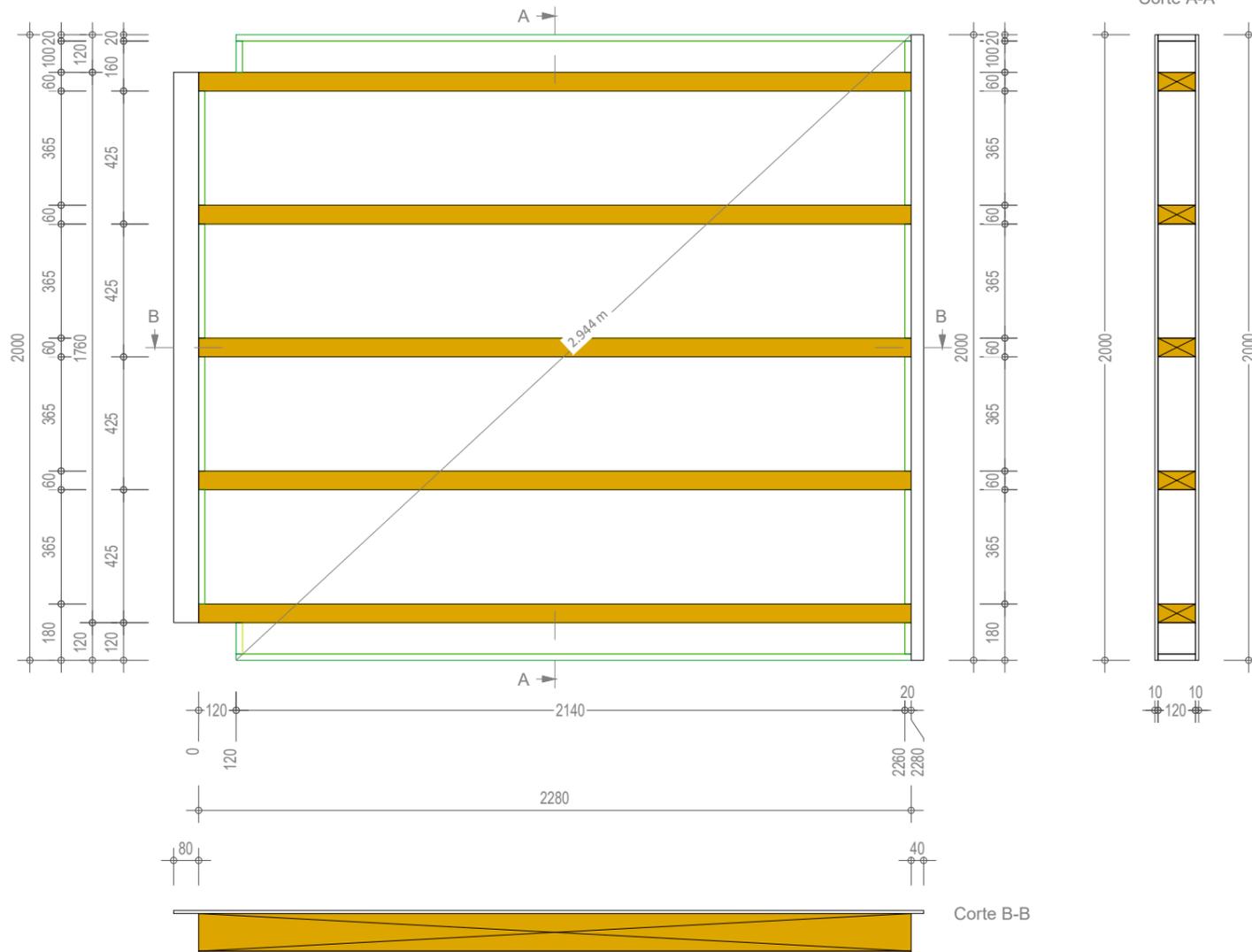
POSICIÓN DEL PANEL (VISTA EN PLANTA (FORJADO))

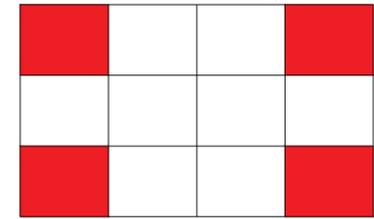


VISTA AXONOMÉTRICA

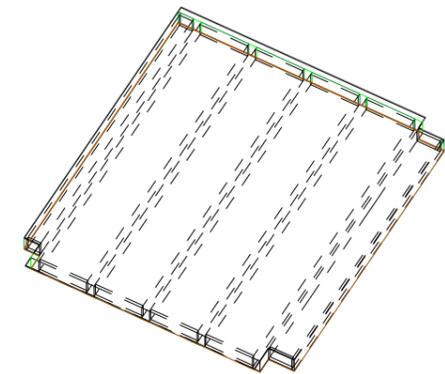
Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Pieza perimetral	4	Pino	20	120	100	0,13	0,53
Pieza perimetral	8	Pino	20	120	365	0,48	3,85
Pieza perimetral	2	Pino	20	120	2160	2,85	5,70
Vigueta	5	C24	60	120	2280	5,75	28,73
Lámina vapor	1	LDPE	2000	0	2400	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2000	10	2280	28,55	28,55
Suelo	1	Madera-cemento	2000	10	2400	57,02	57,02
Aislante	2	Lana mineral	2120	120	100	0,64	1,27
Aislante	4	Lana mineral	2240	120	365	2,45	9,81
Suma total	28						135,47

LISTADO DE MATERIALES

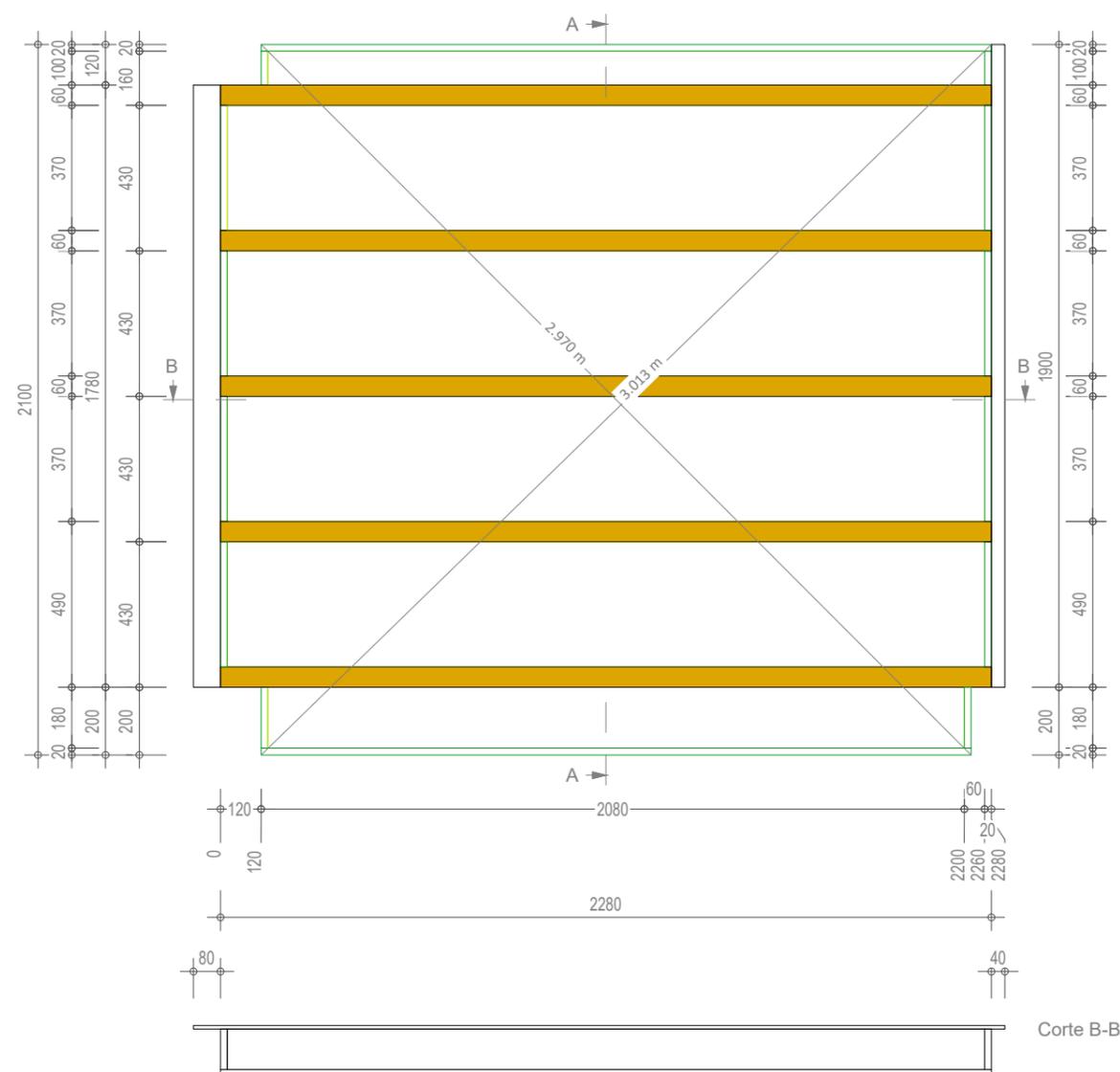




POSICIÓN DEL PANEL (VISTA EN PLANTA (FORJADO))

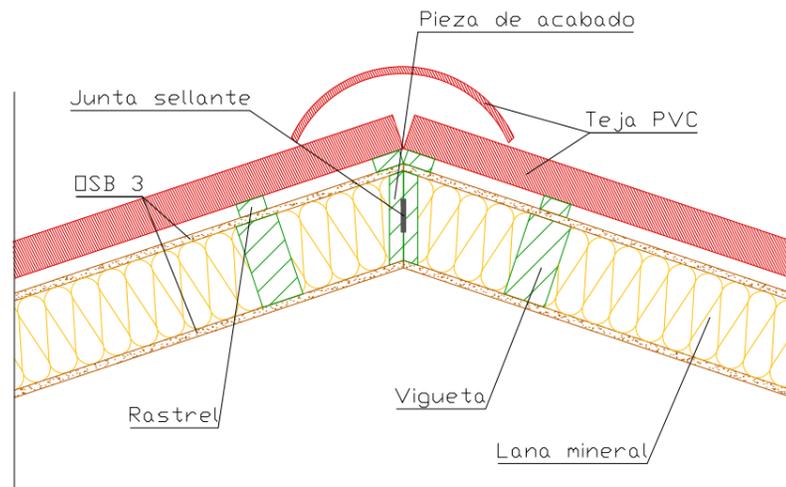


VISTA AXONOMÉTRICA

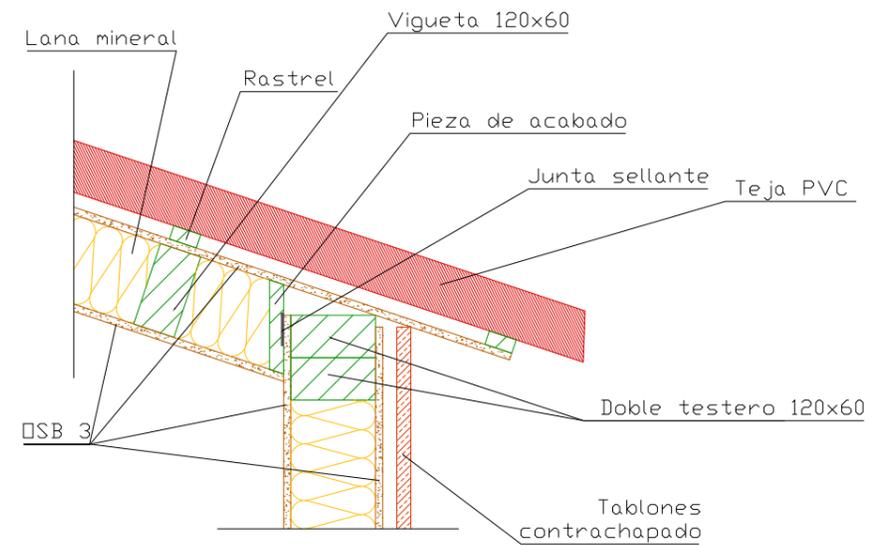


Nombre	Cantidad	Material	Anchura real mm	Altura real mm	Longitud real mm	Peso real kg	Peso real total kg
Pieza perimetral	2	Pino	20	120	100	0,13	0,26
Pieza perimetral	2	Pino	20	120	180	0,24	0,48
Pieza perimetral	8	Pino	20	120	370	0,49	3,91
Pieza perimetral	1	Pino	20	120	2100	2,77	2,77
Pieza perimetral	1	Pino	20	120	2160	2,85	2,85
Vigueta	5	C24	60	120	2280	5,75	28,73
Aislante	1	Lana mineral	2060	120	180	1,11	1,11
Lámina vapor	1	LDPE	2100	0	2400	0,00	0,00
OSB	1	OSB 3	2100	10	2280	29,85	29,85
Suelo	1	Madera-cemento	2100	10	2400	59,47	59,47
Aislante	1	Lana mineral	2120	120	100	0,64	0,64
Aislante	4	Lana mineral	2240	120	370	2,49	9,95
Suma total	28						140,01

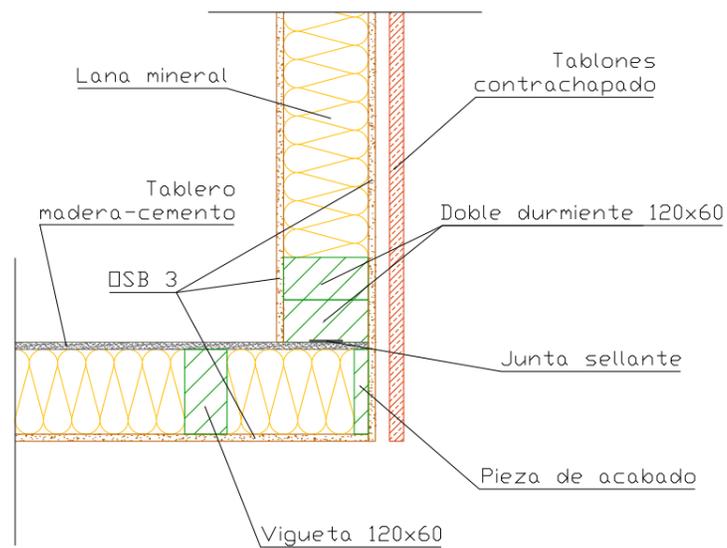
LISTADO DE MATERIALES



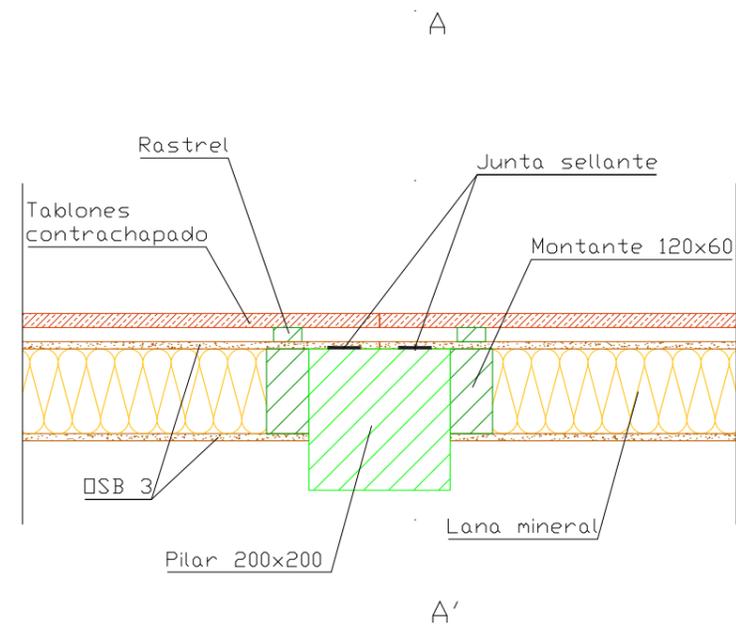
CUMBREIRA



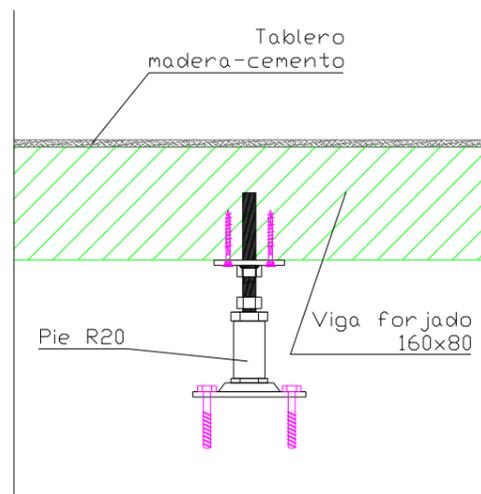
ENCUENTRO PANEL FACHADA-PANEL CUBIERTA



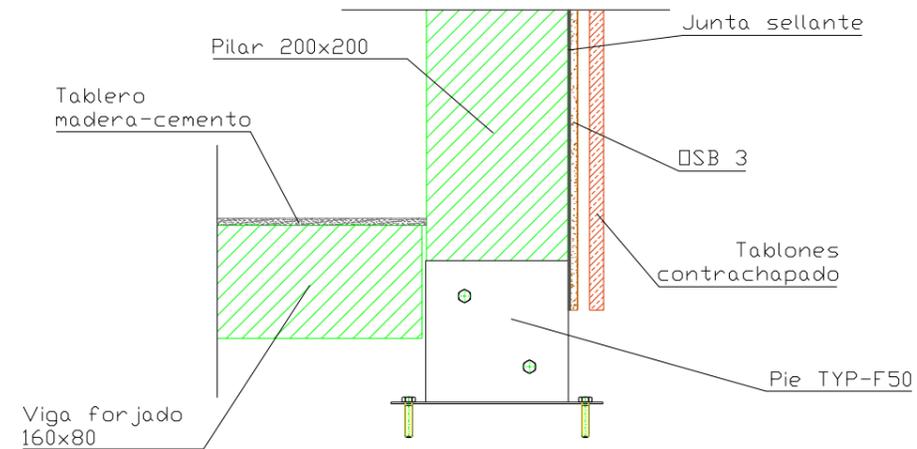
ENCUENTRO PANEL FACHADA-PANEL FORJADO



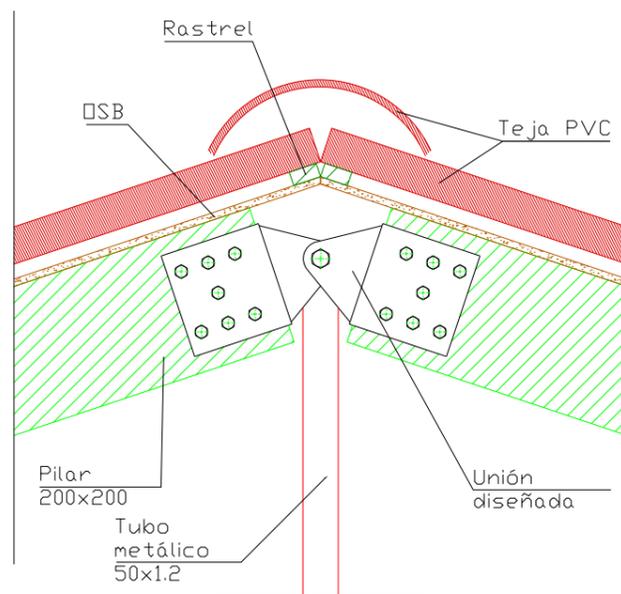
ENCUENTRO PILAR-PANEL FACHADA



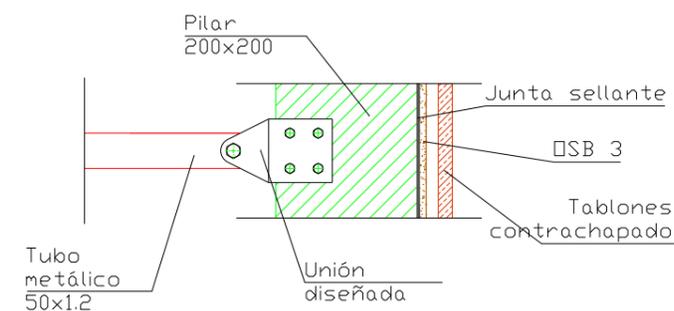
APOYO VIGA FORJADO



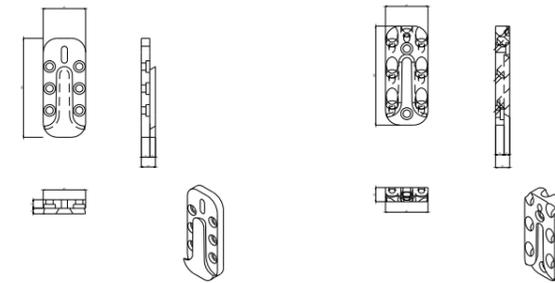
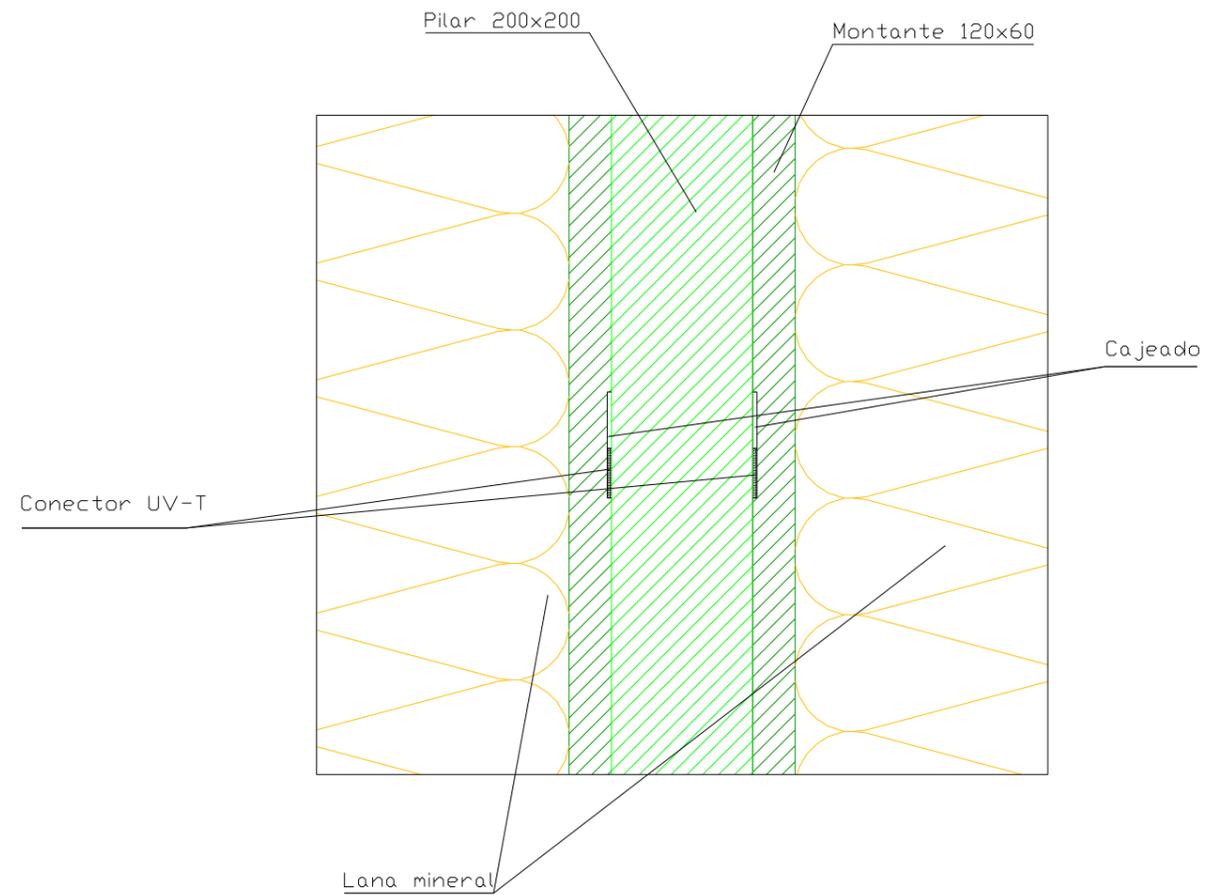
PIE DE PILAR



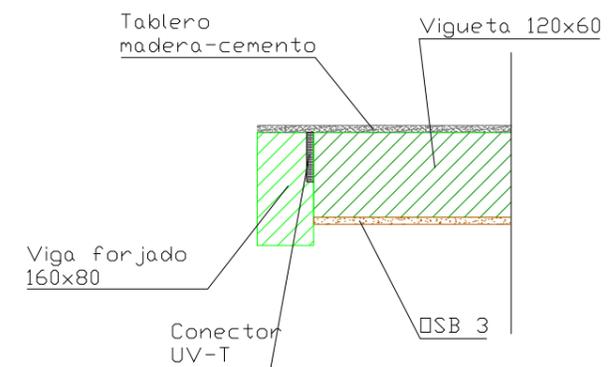
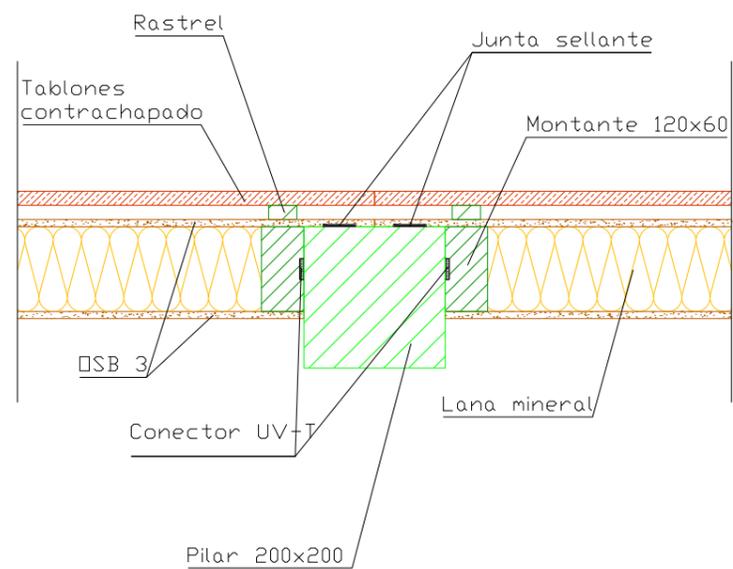
UNIÓN CUMBRERA



UNIÓN TUBO-PILAR

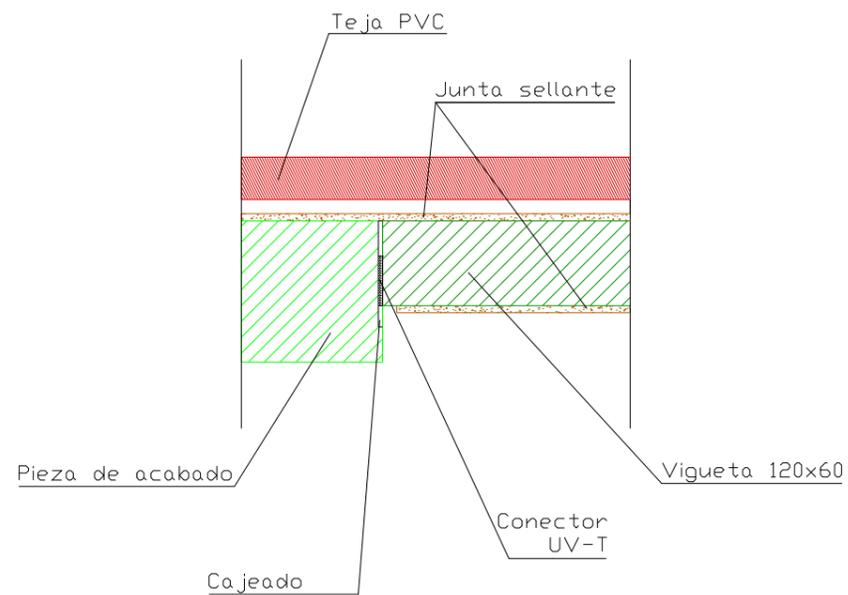


CONECTOR UV-T (PANELES)
E: 1/5

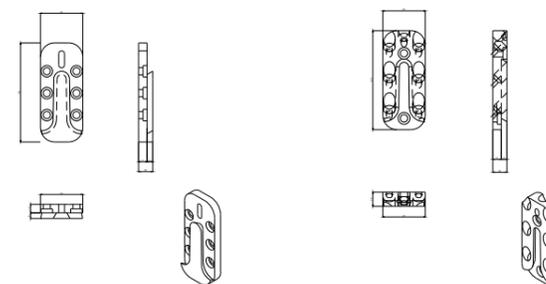


UNIÓN PANEL FACHADA-PILAR

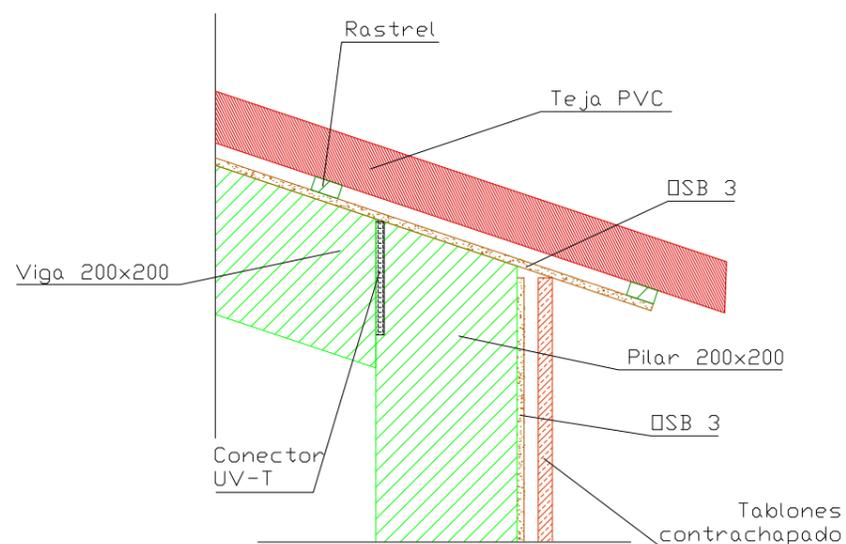
UNIÓN VIGUETA
FORJADO-VIGA FORJADO



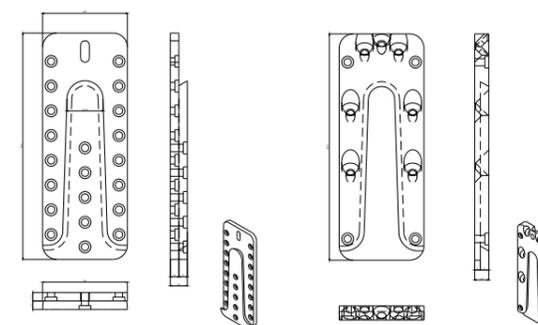
UNIÓN VIGUETA
CUBIERTA-VIGA



CONECTOR UV-T (PANELES)
E: 1/5



UNIÓN VIGA-PILAR



CONECTOR UV-T (VIGA-PILAR)
E: 1/5

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PRESUPUESTO.....	2

1. INTRODUCCIÓN

Se elabora un presupuesto aproximado de las distintas partes del sistema (pórticos y paneles). Para la obtención de los precios se ha tomado la información del “Generador de precios” de CYPE.

Se ha de tener en cuenta que los precios en esta herramienta están pensados para la ejecución de las partidas en obra, por lo que habría que adaptarlos a una situación en la que el sistema se fabrica en taller y de forma estandarizada, lo que podría reducir los costes considerablemente.

Por otro lado, dadas las limitaciones del generador de precios, varios elementos no concuerdan exactamente con los del proyecto, aunque se ha intentado que se asemejen lo máximo posible.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, se presenta un presupuesto resumido y que solo se debe tomar como referencia, ya que se debería elaborar uno más detallado y adaptado a las piezas exactas del proyecto para conocer el coste real del sistema.

2. PRESUPUESTO

DENOMINACIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Pórtico central					852,79
Tubo	kg	Acero UNE-EN 10210-1 S275J0H, en vigas formadas por piezas simples de perfiles huecos acabados en caliente de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, con uniones atornilladas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye los tornillos, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje	10,08	1,85	18,65
Pilar	m	Madera aserrada de pino insigne (Pinus radiata) procedente de España para pilares, de hasta 5 m de longitud, de 200x200 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural MEG según UNE 56544; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado.	5	25,09	125,45
Viga	m	Madera aserrada de pino insigne (Pinus radiata) procedente de España para vigas, de hasta 5 m de longitud, de 200x200 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural MEG según UNE 56544; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado.	6,4	25,09	160,58
Viga forjado	m	Madera aserrada de pino insigne (Pinus radiata) procedente de España para viguetas, de hasta 5 m de longitud, de 75x180 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural MEG según UNE 56544; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado.	6	8,78	52,68
Conector viga - pilar	Ud	Pieza metálica oculta de aleación de aluminio, fijada a la estructura portante de madera con 25 tornillos, y fijada a la viga o a la vigueta con 4 tornillos, de 6 mm de diámetro y 100 mm de longitud, en posición horizontal y 6 tornillos de cabeza			

avellanada, de acero galvanizado, inclinados a 45°; para unión a cortante de extremo de viga o vigueta de madera.

			2	93,83	187,66
		Pie de pilar de tulipa para pilar cuadrado, de acero S235JR, con protección Z275 frente a la corrosión, de 91x91 mm en la zona a conectar con el pilar, placa base de 150x150 mm en la conexión inferior y 2 mm de espesor; formando un apoyo fijo de 200 mm de altura para pilar de madera, fijado a la estructura portante de hormigón con 4 tornillos estructurales de acero zincado atornillados directamente en las perforaciones y fijado al pilar con 8 tornillos autoperforantes para madera, de 12 mm de diámetro y 160 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo.			
Pie pilar	Ud		2	49,91	99,82
		Pie de pilar regulable con base cuadrada y placa superior fija, de acero S235JR, con protección Z275 frente a la corrosión, placa de 100x100x8 mm en la zona a conectar con el pilar, 120x120x6 mm en la conexión inferior; formando un apoyo regulable de 130 a 165 mm de altura para pilar de madera, fijado a la estructura portante de hormigón con 4 tornillos estructurales de acero zincado atornillados directamente en las perforaciones y fijado al pilar con 4 tornillos autoperforantes para madera, de 5 mm de diámetro y 60 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo.			
Apoyo viga forjado	Ud		4	51,99	207,96

DENOMINACIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Pórtico hastial					1084,51
Pilar	m	Madera aserrada de pino insigne (Pinus radiata) procedente de España para pilares, de hasta 5 m de longitud, de 200x200 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural MEG según UNE 56544; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado.	11	25,09	275,99
Viga	m	Madera aserrada de pino insigne (Pinus radiata) procedente de España para vigas, de hasta 5 m de longitud, de 200x200 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural MEG según UNE 56544; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado.	6,4	25,09	160,58
Viga forjado	m	Madera aserrada de pino insigne (Pinus radiata) procedente de España para viguetas, de hasta 5 m de longitud, de 75x180 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural MEG según UNE 56544; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado.	6	8,78	52,68
Conector viga - pilar	Ud	Pieza metálica oculta de aleación de aluminio, fijada a la estructura portante de madera con 25 tornillos, y fijada a la viga o a la vigueta con 4 tornillos, de 6 mm de diámetro y 100 mm de longitud, en posición horizontal y 6 tornillos de cabeza avellanada, de acero galvanizado, inclinados a 45°; para unión a cortante de extremo de viga o vigueta de madera.	2	93,83	187,66
Pie pilar	Ud	Pie de pilar de tulipa para pilar cuadrado, de acero S235JR, con protección Z275 frente a la corrosión, de 91x91 mm en la zona a conectar con el pilar, placa base de 150x150 mm en la conexión inferior y 2 mm de espesor; formando un apoyo fijo de 200 mm de altura para pilar de madera, fijado a la estructura portante de hormigón con 4 tornillos estructurales de acero zincado atornillados directamente en las perforaciones y fijado al pilar con 8 tornillos autoperforantes para madera, de 12 mm de			

diámetro y 160 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo.

		4	49,91	199,64
Apoyo viga forjado	Ud	Pie de pilar regulable con base cuadrada y placa superior fija, de acero S235JR, con protección Z275 frente a la corrosión, placa de 100x100x8 mm en la zona a conectar con el pilar, 120x120x6 mm en la conexión inferior; formando un apoyo regulable de 130 a 165 mm de altura para pilar de madera, fijado a la estructura portante de hormigón con 4 tornillos estructurales de acero zincado atornillados directamente en las perforaciones y fijado al pilar con 4 tornillos autoperforantes para madera, de 5 mm de diámetro y 60 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo.		
		4	51,99	207,96

DENOMINACIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Panel fachada lateral sin ventana					502,49
Fachada	m2	Muro estructural exterior de entramado ligero de madera, formado por montantes, carreras y testers de madera aserrada de pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>) procedente del Norte y Nordeste de Europa, de 48x148 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural T2 según INSTA 142; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado; cortados y numerados en taller, montados en obra con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia; arriostramiento en ambas caras con tablero estructural OSB de virutas orientadas, para utilización en ambiente húmedo, clase OSB/3, encoladas con adhesivo sin urea-formaldehído, bordes canteados, de 12 mm de espesor, fijado a los montantes con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia. Incluso banda resiliente, de caucho EPDM expandido, fijada con grapas, para desolidarización; banda de sellado compresible, de caucho sintético EPDM, fijada con grapas, para el sellado de juntas entre paneles; elementos de fijación mecánica, de acero galvanizado tipo DX51D+Z275N para la resolución de encuentros.	6,25	56,49	353,06
Aislamiento	m2	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	6,25	7,85	49,06
Conector panel	Ud	Pieza metálica oculta de aleación de aluminio, fijada a la estructura portante de madera con 4 tornillos, y fijada a la viga o a la vigueta con 2 tornillos, de 5 mm de diámetro y 50 mm de longitud, en posición horizontal y 4 tornillos autoperforantes para madera, de 4 mm de diámetro y 50 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo, inclinados a 45°; para unión a cortante de extremo de viga o vigueta de madera.	4	25,09	100,36

DENOMINACIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Panel fachada lateral con ventana					1006,35
Fachada	m2	Muro estructural exterior de entramado ligero de madera, formado por montantes, carreras y testers de madera aserrada de pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>) procedente del Norte y Nordeste de Europa, de 48x148 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural T2 según INSTA 142; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado; cortados y numerados en taller, montados en obra con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia; arriostramiento en ambas caras con tablero estructural OSB de virutas orientadas, para utilización en ambiente húmedo, clase OSB/3, encoladas con adhesivo sin urea-formaldehído, bordes canteados, de 12 mm de espesor, fijado a los montantes con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia. Incluso banda resiliente, de caucho EPDM expandido, fijada con grapas, para desolidarización; banda de sellado compresible, de caucho sintético EPDM, fijada con grapas, para el sellado de juntas entre paneles; elementos de fijación mecánica, de acero galvanizado tipo DX51D+Z275N para la resolución de encuentros.	5,25	56,49	296,57
Aislamiento	m2	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	5,25	7,85	41,21
Conector panel	Ud	Pieza metálica oculta de aleación de aluminio, fijada a la estructura portante de madera con 4 tornillos, y fijada a la viga o a la vigueta con 2 tornillos, de 5 mm de diámetro y 50 mm de longitud, en posición horizontal y 4 tornillos autoperforantes para madera, de 4 mm de diámetro y 50 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo, inclinados a 45°; para unión a cortante de extremo de viga o vigueta de madera.	4	33,52	134,08

Ventana	Ud	<p>Ventana de madera de pino, una hoja oscilobatiente, dimensiones 1000x1200 mm, acabado mediante sistema de barnizado translúcido, compuesta de hoja de 68x78 mm y marco de 68x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera, doble junta perimetral de estanqueidad de goma de caucho termoplástica, con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 21 mm y máximo de 32 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo $U_{h,m} = 1,43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase E1200, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; herraje perimetral de cierre y seguridad con nivel de seguridad WK1, según UNE-EN 1627, apertura mediante falleba de palanca, manilla en colores estándar y apertura de microventilación, Según UNE-EN 14351-1.</p>	1	534,48	534,48
---------	----	--	---	--------	--------

DENOMINACIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Panel fachada frontal (central)					1260,25
Fachada	m2	Muro estructural exterior de entramado ligero de madera, formado por montantes, carreras y testers de madera aserrada de pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>) procedente del Norte y Nordeste de Europa, de 48x148 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural T2 según INSTA 142; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado; cortados y numerados en taller, montados en obra con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia; arriostramiento en ambas caras con tablero estructural OSB de virutas orientadas, para utilización en ambiente húmedo, clase OSB/3, encoladas con adhesivo sin urea-formaldehído, bordes canteados, de 12 mm de espesor, fijado a los montantes con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia. Incluso banda resiliente, de caucho EPDM expandido, fijada con grapas, para desolidarización; banda de sellado compresible, de caucho sintético EPDM, fijada con grapas, para el sellado de juntas entre paneles; elementos de fijación mecánica, de acero galvanizado tipo DX51D+Z275N para la resolución de encuentros.	5,5	56,49	310,70
Aislamiento	m2	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	5,5	7,85	43,18
Conector panel	Ud	Pieza metálica oculta de aleación de aluminio, fijada a la estructura portante de madera con 4 tornillos, y fijada a la viga o a la vigueta con 2 tornillos, de 5 mm de diámetro y 50 mm de longitud, en posición horizontal y 4 tornillos autoperforantes para madera, de 4 mm de diámetro y 50 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo, inclinados a 45°; para unión a cortante de extremo de viga o vigueta de madera.	6	33,52	201,12

Puerta	Ud	<p> Puerta de madera de pino, una hoja oscilobatiente, dimensiones 800x2200 mm, acabado mediante sistema de barnizado translúcido, compuesta de hoja de 68x78 mm y marco de 68x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera, doble junta perimetral de estanqueidad de goma de caucho termoplástica, con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 21 mm y máximo de 32 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo $U_{h,m} = 1,43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; herraje perimetral de cierre y seguridad con nivel de seguridad WK1, según UNE-EN 1627, apertura mediante falleba de palanca, manilla en colores estándar y apertura de microventilación, Según UNE-EN 14351-1. </p>	1	705,26	705,26
--------	----	---	---	--------	--------

DENOMINACIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Panel fachada frontal (lateral)					489,30
Fachada	m2	Muro estructural exterior de entramado ligero de madera, formado por montantes, carreras y testers de madera aserrada de pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>) procedente del Norte y Nordeste de Europa, de 48x148 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural T2 según INSTA 142; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado; cortados y numerados en taller, montados en obra con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia; arriostramiento en ambas caras con tablero estructural OSB de virutas orientadas, para utilización en ambiente húmedo, clase OSB/3, encoladas con adhesivo sin urea-formaldehído, bordes canteados, de 12 mm de espesor, fijado a los montantes con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia. Incluso banda resiliente, de caucho EPDM expandido, fijada con grapas, para desolidarización; banda de sellado compresible, de caucho sintético EPDM, fijada con grapas, para el sellado de juntas entre paneles; elementos de fijación mecánica, de acero galvanizado tipo DX51D+Z275N para la resolución de encuentros.	5	56,49	282,45
Aislamiento	m2	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	5	7,85	39,25
Conector panel	Ud	Pieza metálica oculta de aleación de aluminio, fijada a la estructura portante de madera con 4 tornillos, y fijada a la viga o a la vigueta con 2 tornillos, de 5 mm de diámetro y 50 mm de longitud, en posición horizontal y 4 tornillos autoperforantes para madera, de 4 mm de diámetro y 50 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo, inclinados a 45°; para unión a cortante de extremo de viga o vigueta de madera.	5	33,52	167,60

DENOMINACIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Panel cubierta					782,80
Cubierta	m2	Forjado de cubierta inclinada de entramado ligero de madera, formado por viguetas, brochales y zoquetes de madera aserrada de pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>) procedente del Norte y Nordeste de Europa, de 48x148 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural T2 según INSTA 142; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado; cortados y numerados en taller, montados en obra con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia.	8	27,37	218,96
OSB	m2	Arriostramiento de muro exterior de entramado ligero de madera, en ambas caras, con tablero estructural OSB de virutas orientadas, para utilización en ambiente húmedo, clase OSB/3, encoladas con adhesivo sin urea-formaldehído, bordes canteados, de 15 mm de espesor, fijado a los montantes con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia.	8	20,73	165,84
Aislamiento	m2	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	8	7,85	62,80
Conector panel	Ud	Pieza metálica oculta de aleación de aluminio, fijada a la estructura portante de madera con 4 tornillos, y fijada a la viga o a la vigueta con 2 tornillos, de 5 mm de diámetro y 50 mm de longitud, en posición horizontal y 4 tornillos autoperforantes para madera, de 4 mm de diámetro y 50 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo, inclinados a 45°; para unión a cortante de extremo de viga o vigueta de madera.	10	33,52	335,20

DENOMINACIÓN	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Panel forjado					606,75
Forjado	m2	Forjado sanitario ventilado de entramado ligero de madera, formado por viguetas, brochales y zoquetes de madera aserrada de pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>) procedente del Norte y Nordeste de Europa, de 48x148 mm de sección, clase resistente C24 según UNE-EN 338 y UNE-EN 1912, calidad estructural T2 según INSTA 142; para clase de uso 3.1 según UNE-EN 335, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP2 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado; cortados y numerados en taller, montados en obra con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia; arriostramiento en ambas caras con tablero estructural OSB de virutas orientadas, para utilización en ambiente húmedo, clase OSB/3, encoladas con adhesivo sin urea-formaldehído, bordes canteados, de 12 mm de espesor, densidad 610 kg/m ³ , fijado a las viguetas con clavos, de acero galvanizado de alta adherencia. Incluso cinta autoadhesiva para sellado de juntas.	5	46,46	232,30
Aislamiento	m2	Panel de lana mineral semirrígido, no revestido, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,85 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5.	5	7,85	39,25
Conector panel	Ud	Pieza metálica oculta de aleación de aluminio, fijada a la estructura portante de madera con 4 tornillos, y fijada a la viga o a la vigueta con 2 tornillos, de 5 mm de diámetro y 50 mm de longitud, en posición horizontal y 4 tornillos autoperforantes para madera, de 4 mm de diámetro y 50 mm de longitud, de acero galvanizado con revestimiento de cromo, inclinados a 45°; para unión a cortante de extremo de viga o vigueta de madera.	10	33,52	335,20

**PLIEGO DE
CONDICIONES
MATERIALES**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLIEGO DE CONDICIONES MATERIALES	2
2.1. MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL	2
2.2. TABLEROS ESTRUCTURALES DERIVADOS DE LA MADERA.....	7
2.3. REVESTIMIENTOS EXTERIORES DE TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA	13
2.4. TABLEROS DE PARTÍCULAS AGLOMERADAS CON CEMENTO	18
2.5. TABLEROS CONTRACHAPADOS.....	21
2.6. UNIDADES DE HUECO DE PUERTA DE MADERA PARA EXTERIOR.....	25
2.7. HOJAS DE PUERTAS DE MADERA	32
2.8. DE VENTANAS DE MADERA	35
2.9. ESTRUCTURA METÁLICA	40
2.10. AISLAMIENTO	44
2.11. IMPERMEABILIZACIÓN.....	46

1. INTRODUCCIÓN

Para realizar el pliego de condiciones materiales, en lo referente a elementos de madera se han utilizado los pliegos de condiciones técnicas de uso libre proporcionados por AITIM.

2. PLIEGO DE CONDICIONES MATERIALES

2.1. MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL

El pliego de condiciones que se indica a continuación es un documento orientativo y sujeto a modificaciones y actualizaciones. Se edita para facilitar a los técnicos la prescripción de este producto.

La madera aserrada estructural se corresponde con piezas de madera maciza de sección rectangular que han sido clasificadas estructuralmente por alguno de los procedimientos reconocidos en la normativa (clasificación visual o mecánica) y de las que se conocen sus propiedades mecánicas.

El pliego de condiciones indicará los siguientes apartados:

- Especie de madera
- Contenido de humedad
- Dimensiones y tolerancias
- Propiedades mecánicas – clases resistentes
- Tratamiento (durabilidad)
- Acabado (mantenimiento)
- Otras propiedades
- Mercado CE
- Sellos o marcas de calidad voluntarias
- Almacenamiento de productos

ESPECIE

Se especificará el nombre botánico de la especie además del comercial, de acuerdo con la norma UNE-EN 13556.

Si se desea identificar fehacientemente la especie de madera se acudirá a laboratorios especializados.

CONTENIDO DE HUMEDAD

En función del lugar de instalación se especificará el contenido de humedad exigible y, si es posible, lo más cercana posible a la humedad media de equilibrio higroscópico correspondiente a la ubicación de la obra.

Piezas de gran escuadría (UNE-EN 14081-1)

- Seco (Dry Graded): Humedad media del 20 % (en ninguna pieza será superior a 24 %)
- Húmedo (Wet Graded)

Hay que tener en cuenta la dificultad de secar vigas de gran escuadría de Roble, Castaño, Pinos, etc. Si la dirección facultativa lo autorizara se puede admitir que el contenido de humedad de las piezas sea superior, por ejemplo, Wet Graded, siendo consciente de la aparición de mermas dimensionales, fendas y deformaciones en las piezas que requieren una comprobación.

Para piezas con grosores ≤ 70 mm se pueden exigir contenidos de humedad medios comprendidos entre 12 y 15%.

La medición del contenido de humedad de la madera se realizará directamente con xilohigrómetro de resistencia, si se requiriera un valor más exacto se realizará la medición con balanza y estufa (UNE-EN 13183-1). En caso de dudas se enviarán muestras representativas envueltas en plástico retráctil a laboratorios especializados y acreditados o se solicitará una inspección de comprobación a un organismo de reconocido prestigio.

DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

Se especificarán las dimensiones nominales de las piezas con un contenido de humedad de referencia del 20% (en el caso de que existieran, se pueden utilizar las de la normativa del país de origen). Si es posible, deberían ajustarse a una gama de dimensiones comerciales.

En España son habituales los múltiplos de 50 mm, por ejemplo 100 x 150 mm, 200 x 200 mm, etc.; con un límite máximo de 300 x 300 mm.

Las tolerancias dimensionales de la anchura y grueso serán, como mínimo, las correspondientes a la clase 1 de la norma UNE-EN 336 válidas para madera aserrada y escuadrada con grueso o ancho comprendido entre los 22 y 300 mm. En relación con la longitud de la pieza no se admiten desviaciones negativas.

- Clase de tolerancia 1 (la más utilizada para gruesa escuadría):
 - a) Para gruesos y anchos ≤ 100 mm: (-1 / +3) mm
 - b) Para gruesos y anchos > 100 mm: (-2 / +4) mm
- Clase de tolerancia 2:
 - a) Para gruesos y anchos ≤ 100 mm: (-1 / +1) mm
 - b) Para gruesos y anchos > 100 mm: (-1,5 / +1,5) mm

Si las dimensiones se miden a diferente humedad se deberá suponer que el grueso y el ancho de la pieza se incrementan un 0,25 % por cada incremento unitario de contenido de humedad por encima del 20 % hasta llegar al 30 %, y que decrecen un 0,25 % por cada disminución unitaria de contenido de humedad por debajo del 20 %. El grueso medio y el ancho medio de la pieza corregidas al 20% deberán cumplir las tolerancias definidas. Dada la variabilidad natural del material se admite un 5% de incumplimientos.

Para la comprobación de las dimensiones se utilizarán calibres y flexómetros. Se podrá realizar directamente en obra o acudir a técnicos cualificados o laboratorios acreditados.

PROPIEDADES MECÁNICAS – CLASES RESISTENTES

Se especificará la especie y su calidad, haciendo referencia a la norma de clasificación correspondiente al país de procedencia (UNE-EN 1912). También se puede especificar directamente mediante una clase resistente (UNE-EN 338), en cuyo caso no es necesario aludir a la especie (1).

La clase resistentes se comprobará de forma visual directamente en obra o en su caso se acudiría a centros especializados.

TRATAMIENTO – DURABILIDAD

Se especificará el tratamiento requerido en función de su clase de uso (UNE-EN 335) y de la durabilidad natural de la madera (UNE-EN 350). Teniendo en cuenta lo anterior, se especificará y exigirá cuando proceda:

- Clase de uso en la que se encontrará instalado el producto
- Producto protector: nombre y nº de registro del producto.
- Sistema de aplicación: pincelado, pulverizado, inmersión, autoclave.
- Certificado de tratamiento: que avale la penetración y retención de protector para la clase de uso especificada de acuerdo con la norma UNE-EN 335.

Para la clase de uso 3 o superior es necesario especificar la especie de madera con su nombre botánico,

- tanto si no se requiere aplicar ningún tratamiento contra organismos xilófagos debido a su durabilidad natural
- como si se requiere aplicar un tratamiento, ya que la especie de madera debe ser impregnable para un tratamiento en autoclave. Para madera a tratar en autoclave en clase de uso 3 o superior, una especie impregnable habitual es por ejemplo el pino silvestre, *Pinus sylvestris* L. En este caso no conviene usar *Picea* por ser poco impregnable.

Además de exigir el correspondiente certificado de tratamiento de la madera; como medida adicional se puede especificar, siempre que sea factible por el tipo de protector, la comprobación de las penetraciones y retenciones de los protectores de madera por laboratorios especializados.

PRODUCTOS DE ACABADO SUPERFICIAL - MANTENIMIENTO

En el caso de que se especifique la aplicación de un producto de acabado superficial para la madera situada al exterior se exigirá la garantía decenal cuando sea requerido por las compañías de seguros o una garantía de 5 años.

En todo caso se exigirá al suministrador que aporte la correspondiente garantía y que especifique el mantenimiento recomendado.

Se especificará el mantenimiento de los productos de acabado definido en las fichas técnicas del fabricante de dichos productos.

Cuando se requiera su comprobación es necesario acudir a laboratorios especializados.

La elección del producto de acabado depende del aspecto buscado, de la especie de madera y de la durabilidad que se garantiza, se especificará entre la gama de productos disponibles:

- en blanco (sin acabado para especies con durabilidad natural suficiente),
- color (si se utilizan lasures, barnices especiales para exteriores, pinturas para exteriores, etc.)
- acabado especial (los obtenidos con productos naturales tipo aceites o ceras).

OTRAS PROPIEDADES

- Reacción al fuego

En los casos habituales no será necesario exigirlo, pero si se requiere se especificará la reacción al fuego que le corresponda de acuerdo con lo especificado en el Código Técnico de la Edificación (1).

Cuando se requiera una clase de reacción al fuego específica (distinta a la de los valores normalizados) se exigirán al fabricante / suministrador los correspondientes certificados e informes de ensayo de reacción al fuego realizados por laboratorios acreditados.

La euroclase de reacción al fuego de la madera aserrada de sección rectangular, sin necesidad de ensayo, es la D-s2,d0; de acuerdo con el anexo C de la norma UNE-EN 14081-1, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- Valor mínimo de la densidad media de la madera: 350 kg/m³
- Espesor total mínimo de la pieza: 22 mm

- Resistencia al fuego

Este parámetro hace referencia al comportamiento exigible a la estructura de acuerdo con el Documento Básico de Seguridad contra Incendios (DB-SI) del CTE, y se comprobará su cumplimiento mediante cálculo según lo especificado en dicho documento.

Nota: El parámetro de cálculo dependiente de la madera es la velocidad de carbonización, que si no se protege con otros materiales independientes toma los valores eficaces de:

- 0,8 mm/min en madera aserrada de coníferas
- de 0,5 a 0,7 mm/min en madera aserrada de frondosas y madera laminada encolada.

- Propiedades térmicas

No se especificarán las propiedades que se indican a continuación ya que están tabulados o recogidos en la bibliografía técnica, como por ejemplo en el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE (1):

- conductividad térmica (λ), en W/m K, o la resistencia térmica R, en m²·K/W;
- calor específico (cp) en J/kg K;
- factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ), adimensional

MARCADO CE

Se exigirá la documentación correspondiente al marcado CE.

En la recepción de producto se comprobará que éstos llevan el marcado CE.

SELLOS O MARCAS DE CALIDAD VOLUNTARIA

En el caso de que se considere necesario se exigirá:

- Sello de Calidad Voluntario (1).

Se comprobará la vigencia de los correspondientes certificados de Sellos o Marcas de Calidad voluntarios: firma de persona física, fecha de validez, originalidad del documento (no se admitirán fotocopias).

- Certificación medioambiental de la procedencia de la madera.

Teniendo en cuenta que esta certificación está actualmente en fase de implantación.

ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS

Se indicarán las condiciones de almacenamiento especificadas en el apartado "Almacenamiento de productos" (1) que se resumen a continuación.

Recepción:

- Si el material está todavía húmedo (por encima del 20%) se almacenará bajo cubierta en un lugar bien ventilado. Las pilas deberán incorporar rastreles entre capas y las piezas de una misma capa deberán estar separadas entre sí (por los cantos) 3-4 cm. La capa inferior de la pila deberá estar sobreelevada del suelo unos 20-30 cm. Se evitará almacenar sin rastreles intermedios (en macizo).
- Si el material está seco se puede apilar en macizo (pilas sin rastreles) pero siempre en lugares ventilados y bajo cubierta. Si no hubiera posibilidad de almacenarlo bajo cubierta se recomienda usar lonas y sobreelevar la madera del suelo unos 20 - 30 cm.

- Si la madera se moja durante su puesta en obra debe dejarse secar al aire antes de proceder a la colocación de elementos y sistemas auxiliares que impidan su correcta ventilación (por ejemplo, plásticos).
- La madera tratada químicamente con protectores deberá ser manipulada con guantes y si se corta o taladra deberá emplearse mascarilla. Esta recomendación es también extensiva al trabajo con madera sin tratar.
- Se recomienda no poner madera en servicio con contenidos de humedad superiores al 20% en aplicaciones de interior o semiexterior. En caso de que esto fuera imposible deberán adoptarse medidas técnicas adecuadas para evitar la excesiva deformación de la madera (apeos) en tanto se seca.

Almacenaje, transporte y montaje

- Durante el almacenaje, transporte y montaje se evitará someter a las piezas a tensiones superiores a las previstas. Si la estructura se carga o apoya de manera diferente a la que tendrá en servicio se comprobará que estas condiciones son admisibles y deberán tenerse en cuenta aquellas cargas que puedan producir efectos dinámicos.
- En el caso de vigas de gran longitud deberán evitarse las deformaciones y distorsiones que puedan producirse en el levantamiento desde la posición horizontal a la vertical.
- Los elementos de madera almacenados en obra deberán protegerse adecuadamente frente a la intemperie, evitando que queden almacenados en clases de uso distintas para las que han sido diseñados o solicitados. Para clases de uso 1 y 2, una vez colocados no es conveniente superar el plazo de un mes sin la protección de la cobertura.

Nota (1) La información que se contempla en estos Pliegos se complementa con la que aparece, principalmente, en la publicación de AITIM “Guía de la madera”

- Tomo I: Productos básicos y carpintería
- Tomo II: Construcción y Estructuras de madera: Productos básicos y Sistemas constructivos.

Así mismo se recomienda consultar, entre otros, los siguientes documentos:

- b) Código Técnico de la Edificación
- c) Directiva Europea de Productos de la Construcción
- d) Normas UNE-EN o UNE relacionadas con el producto

2.2. TABLEROS ESTRUCTURALES DERIVADOS DE LA MADERA

El pliego de condiciones que se indica a continuación es un documento orientativo y sujeto a modificaciones y actualizaciones. Se edita para facilitar a los técnicos la prescripción de este producto.

Los tableros estructurales derivados de la madera son productos obtenidos mediante encolado de listones, chapas, virutas, partículas o fibras de madera. Se caracterizan por tener una gran

superficie y un reducido espesor. Sus propiedades mecánicas están caracterizadas de acuerdo con el planteamiento del Código Técnico de la Edificación o la norma UNE-EN 1995-1-1.

El pliego de condiciones para este tipo de tableros indicará los siguientes apartados:

- Tipo de tablero
- Contenido de humedad
- Dimensiones y tolerancias
- Propiedades mecánicas
- Contenido / Emisión de formaldehído
- Reacción al fuego
- (Resistencia al fuego)
- Tratamiento (durabilidad)
- Otras propiedades
- Marcado CE
- Sellos o marcas de calidad voluntarias
- Almacenamiento de productos

TIPO DE TABLERO

Se especificará la clase técnica del tipo de tablero estructural de acuerdo con la norma de producto correspondiente:

Tableros de madera maciza (UNE-EN 12775).

- SWP/1 para utilización en ambiente seco / Clase de servicio 1.
- SWP/2 para utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.
- SWP/3 para utilización en ambiente exterior / Clase de servicio 3.

Tableros contrachapados (UNE-EN 636)

- para ambiente seco / Clase de servicio 1.
- para ambiente húmedo / Clase de servicio 2.
- para ambiente exterior / Clase de servicio 3.

Tableros de partículas (UNE-EN 312)

- P4 para utilización en ambiente seco / Clase de servicio 1.
- P5 para utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.
- P6 altas prestaciones para utilización en ambiente seco / Clase de servicio 1.
- P7 altas prestaciones para utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.

Tableros de virutas orientadas – OSB (UNE-EN 300)

- OSB 2 para utilización en ambiente seco / Clase de servicio 1.
- OSB 3 para utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.

- OSB 4 de alta prestación para utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.

Tableros de fibras de densidad media – MDF (UNE-EN 622-5)

- MDF.LA para su utilización en ambiente seco / Clase de servicio 1.
- MDF.HLS para su utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.

Tableros de fibras duros (HB) (UNE-EN 622-2)

- HB.LA para utilización en ambiente seco / Clase de servicio 1.
- HB.HLA1 para utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.
- HB.HLA.2 altas prestaciones para utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.

Tableros de fibras semiduros (HB) (UNE-EN 622-3)

- MBH.LA1: para utilización en ambiente seco / Clase de servicio 1.
- MBH.LA2: de altas prestaciones para utilización en ambiente seco. / Clase de servicio 1
- MBH.HLS1: para utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.
- MBH.HLS2: altas prestaciones para utilización en ambiente húmedo / Clase de servicio 2.

Tableros de fibras aislantes (HB) (UNE-EN 622-4)

- SB.LS para utilización en ambiente seco / Clase de servicio 1.
- SB.HLS para utilización en ambiente húmedo. / Clase de servicio 2

Tableros de partículas aglomeradas con cemento (UNE-EN 634-2)

- ambiente seco / Clase de servicio 1.
- ambiente húmedo. / Clase de servicio 2.
- exterior / Clase de servicio 3.

CONTENIDO DE HUMEDAD

Se especificará el contenido de humedad en el momento del suministro, entre el 5 y el 13 %. Cuando se requiera su comprobación se acudirá a laboratorios especializados.

DIMENSIONES Y TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Se especificarán las dimensiones nominales del tipo de tablero.

A la hora de recepcionar el material, sólo se comprobará si existen indicios de incumplimiento.

- Tolerancias dimensionales

Se cumplirán las definidas en la norma UNE-EN 12871, para mediciones realizadas de acuerdo con la norma UNE-EN 324-:

- longitud y anchura de tableros despiezados para su uso como cerramiento en forjados, muros y cubiertas.: + 0,0 mm / - 3,0 mm
- espesor o grosor
 - a) Para los tableros lijados (todos los tipos): + 0,4 mm / - 0,4 mm
 - b) Para los tableros no lijados:
 - tableros de partículas, de virutas OSB, contrachapados y de madera maciza: + 0,8 mm / - 0,8 mm
 - tableros de fibras
 - t < 12 mm: + 0,4 mm / - 0,4 mm
 - t > 12 mm: + 0,8 mm / - 0,8 mm
 - tableros de partículas aglomeradas

La comprobación de las dimensiones requiere utilizar calibres y flexómetros. Se puede realizar directamente en obra o acudir a técnicos cualificados o laboratorios acreditados.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Se especificará la clase técnica del tablero estructural que corresponda, indicando que sus propiedades mecánicas serán las recogidas en las normas:

- UNE-EN 12369 –1 para tableros de partículas, de fibras y de virutas (OSB)
- UNE-EN 12369 - 2 para tableros contrachapados
- UNE-EN 12369 - 3 para tableros madera maciza

En el caso de que el suministrador del tablero indique valores de propiedades resistentes diferentes a las que se mencionan en las normas antes citadas, se exigirá el informe de resultados de ensayo emitido por un laboratorio acreditado.

DURABILIDAD

Se especificará la clase técnica del tablero estructural que corresponda a su clase de uso, de acuerdo con lo establecido en el Código Técnico de la Edificación (1).

TABLERO - NORMA	Clase Técnica	Clase	
		Servicio	Uso
Madera maciza UNE-EN 12775	SWP1	1	1
	SWP2	2	1/2
	SWP3	3	1/2/3/4/5
Contrachapado UNE-EN 636	1 (seco)	1	1
	2 (húmedo)	2	1/2
	3 (exterior)	3	1/2/3/4/5
Virutas orientadas UNE-EN 300	OSB 2	1	1
	OSB 3	2	1/2
	OSB 4	2	1/2
Partículas UNE-EN 312	P4	1	1
	P5	2	1/2

	P6	1	1
	P7	2	1/2
Fibras duros UNE-EN 622-2	HB. LA HB.HLA1 y 2	1 2	1 1/2
Fibras media densidad UNE-EN 622-5	MDF.LA MDF.HLS	1 2	1 1/2
Fibras semiduros UNE-EN 622-3	MBH.LA1 y 2 MBH.HLS1 y 2	1 2	1 1/2
Madera cemento		2	1/2/3

Tabla. Aptitud de los tableros a la clase de servicio y de uso.

Nota: En las aplicaciones de exterior, a partir de la clase de uso 3, hay que tener en cuenta que además de la calidad de encolado exterior la madera utilizada para su fabricación (principalmente tableros contrachapados y de madera maciza) debe tener la durabilidad natural o adquirida de forma artificial mediante tratamiento requerida para esa clase de uso. Por ejemplo, un tablero contrachapado o de madera maciza de picea, aunque sea de la calidad de encolado exterior, no podría utilizarse ya que la madera de picea no es adecuada para exterior y su tratamiento con productos protectores resulta complicado.

Así mismo en las aplicaciones de exterior hay que tener en cuenta la acción de los agentes meteorológicos (sol y lluvia), recomendándose además la aplicación de productos de acabado tipo lasures o barnices y pinturas específicos para exteriores.

Cuando proceda se exigirán al fabricante / suministrador los correspondientes certificados y/o informes de ensayo.

CONTENIDO DE FORMALDEHÍDO / EMISIÓN DE FORMALDEHÍDO

Se especificará que sean de la clase E1.

Cuando se requiera su comprobación se acudirá a laboratorios especializados.

REACCIÓN AL FUEGO

Se especificará la reacción al fuego que le corresponda de acuerdo con lo especificado en el Código Técnico de la Edificación (1).

Se exigirán al fabricante / suministrador los correspondientes certificados e informes de ensayo de reacción al fuego emitidos por organismos y laboratorios acreditados, cuando su reacción al fuego sea diferente a la definida en la norma armonizada UNE-EN13986.

RESISTENCIA AL FUEGO

Este parámetro hace referencia al comportamiento exigible a la estructura de acuerdo con el Documento Básico de Seguridad contra Incendios (DB-SI) del CTE, y se comprobará su cumplimiento mediante cálculo según lo especificado en dicho documento.

Nota:

La resistencia al fuego de las estructuras de madera en la que intervienen los tableros estructurales se calcula teniendo en cuenta la velocidad de carbonización de los materiales que la conforman.

La velocidad de carbonización (β_0) para tableros con espesores mayores o iguales a 20 mm y densidad característica de 450 kg/m³ tiene los siguientes valores:

- Tableros de madera maciza: 0,9 mm/mn
- Tableros contrachapados: 1,0 mm/mn
- Tableros derivados de la madera diferentes al contrachapado: 0,9 mm/mn

Para el caso de tableros con densidad característica diferente a 450 kg/m³ o con grueso h_p , menor que 20 mm, la velocidad de carbonización (β_0, ρ, t), se calculará según lo indicado en el CTE.

OTRAS PROPIEDADES

En función de la aplicación final se pueden exigir otras propiedades como por ejemplo aislamiento acústico, resistencia al vapor de agua etc.; siempre y cuando el fabricante no se acoja a los valores normalizados. La evaluación de estas propiedades está recogida en las correspondientes normas de ensayo y de especificaciones europeas o nacionales. Cuando se requiera su comprobación es necesario acudir a laboratorios especializados.

MARCADO CE

Se exigirá la documentación correspondiente al marcado CE.

En la recepción de producto se comprobará que éstos llevan el marcado CE.

SELLOS O MARCAS DE CALIDAD VOLUNTARIA

En el caso de que se considere necesario se exigirá:

- Sello de Calidad Voluntario (1).
 - Se comprobará la vigencia de los correspondientes certificados de Sellos o Marcas de Calidad voluntarios: firma de persona física, fecha de validez, originalidad del documento (no se admitirán fotocopias).
- Certificación medioambiental de la procedencia de la madera

- Teniendo en cuenta que esta certificación está actualmente en fase de implantación.

ALMACENAMIENTO, MANIPULACIÓN Y APILADO

Se especificarán las condiciones de almacenamiento, manipulación y apilado que se indican en el capítulo “Tableros - Generalidades” (1) que se resumen a continuación:

- Se apilarán horizontalmente sobre superficies planas convenientemente separados del suelo y con suficiente número de soportes para evitar que los tableros inferiores entren en carga.
- Se almacenarán en locales cerrados y secos, protegidos del sol y de la lluvia, en pilas compactas.
- Durante su manipulación se tendrá especial cuidado en dañar sus cantos, así mismo en los tableros recubiertos o acabados se ha de evitar dañar sus superficies. Cuando se transporte la pila de tableros con cualquier medio mecánico la separación de los soportes ha de ser suficiente para evitar una excesiva flexión dada la menor resistencia del tablero a este esfuerzo.
- En la manipulación manual de tableros individuales se deberán seguir las reglamentaciones vigentes de Salud y Riesgos laborales en cuanto a equipos de protección individual (EPI) como guantes, gafas, calzado especial, etc.).
- Se aconseja un acondicionamiento previo de los tableros a las condiciones correspondientes a su lugar de aplicación, ya que su contenido de humedad varía según las condiciones higrotérmicas del ambiente en que se encuentran.

Nota (1): La información que se contempla en estos Pliegos se complementa con la que aparece, principalmente, en la publicación de AITIM “Guía de la madera”

- Tomo I: Productos básicos y carpintería
- Tomo II: Construcción y Estructuras de madera: Productos básicos y Sistemas constructivos.

Así mismo se recomienda consultar, entre otros, los siguientes documentos

- b) Código Técnico de la Edificación
- c) Directiva Europea de Productos de la Construcción
- d) Normas UNE-EN o UNE relacionadas con el producto

2.3. REVESTIMIENTOS EXTERIORES DE TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA

El pliego de condiciones que se indica a continuación es un documento orientativo y sujeto a modificaciones y actualizaciones. Se edita para facilitar a los técnicos la prescripción de este producto.

Los revestimientos exteriores de tableros derivados de la madera son revestimientos colocados en fachada a base de tableros resistentes al exterior.

El pliego de condiciones indicará los siguientes apartados:

- Tipo de revestimiento
- Tipo de rastreles y fijaciones
- Contenido de humedad
- Calidad estética o decorativa
- Dimensiones
- Durabilidad y protección
- Emisión de formaldehído
- Reacción al fuego
- Otras propiedades - productos acabados
- Marcado CE
- Sellos de Calidad Voluntario
- Almacenamiento de productos en obra
- Instalación

TIPO DE REVESTIMIENTO

Se especificará el tipo de tablero derivado de la madera utilizado, indicando su clase técnica y la norma de producto.

Tableros contrachapados

- Calidad de encolado exterior (UNE-EN 314-1).
- Especie de madera y calidad de las chapas (UNE-EN 635-1, 2 y 3).
- Protección del tablero de acuerdo con las normas UNE-EN 335-1 y UNE-EN 335-3.
- Cuando se utilice un producto de acabado superficial: tipo de producto.
- Cuando vayan recubiertos: tipo de recubrimiento.

Tableros de madera maciza

- Calidad de encolado exterior (UNE-EN 12369-1).
- Especie de madera y calidad de las chapas (UNE-EN 1310.).
- Protección del tablero de acuerdo con las normas UNE-EN 335-1 y UNE-EN 335-3.
- Cuando se utilice un producto de acabado superficial: tipo de producto.

Tableros compactos

Se especificará el tipo de panel de acuerdo con la norma UNE-EN 438-7.

- Paneles laminados para uso en exteriores.
- Paneles compactos para uso en exteriores.

TIPO DE RASTRELES

Rastreles o montantes de madera

Se especificará una clase resistente C-18 y su tratamiento para clase de uso 3 (UNE-EN 335-2), un contenido de humedad máximo del 18% en el momento de la puesta en obra, su escuadría (habitualmente está en torno a 75-80 x 40 mm en apoyos intermedios y 40 x 40 mm en apoyos únicos) y su planitud de plano.

Fijaciones (escuadras, rastreles y tornillos)

Se especificará el tipo específico de tornillos recomendado por el fabricante de tablero (incluso con marca comercial concreta). En su defecto se especificarán tornillos de cabeza cilíndrica, de acero (inoxidable en entornos marinos, a una distancia inferior a 3 km de la costa) y zincado o bicromatado en climas de interior (también se pueden utilizar termolacados al color que corresponda al paramento).

CONTENIDO DE HUMEDAD

Se especificará el contenido de humedad exigible en el momento de suministro. A este respecto se toma como referencia lo indicado en el Pliego de Condiciones de “Revestimientos Exteriores de Madera maciza” (1):

- $15 \pm 3\%$ para tableros de madera de frondosas
- $17 \pm 2\%$ para tableros de madera de coníferas

La medición del contenido de humedad se puede realizar con balanza y estufa (UNE-EN 322). En caso de dudas se recomienda enviar muestras representativas envueltas en plástico retráctil a laboratorios especializados y acreditados.

CALIDAD ESTÉTICA O DECORATIVA

a.- Tableros contrachapados

Se especificará la clase de aspecto de las caras de acuerdo con la norma UNE-EN 635 (Partes: 1, 2, 3, 4 y 5) y para los tableros de madera maciza la definida en la norma UNE-EN 1310.

b.- Tableros de madera maciza

Se especificará la clase de aspecto de la cara de acuerdo con las normas:

- b.1.- UNE-EN 13017-1 para coníferas (5 clases para los tableros multicapa: 0, A, B, C y S; 4 clases para los tableros monocapa: 0, A, B, y C)
- b.2.- UNE-EN 13017-2 para frondosas (3 clases: A, B y C tanto para los tableros multicapa como los monocapa)

c.- Tableros recubiertos

Se especificará el recubrimiento plástico que corresponda, de acuerdo con el catálogo del suministrador.

Estas propiedades se controlarán visualmente, en caso de desavenencias se indicará someterse al arbitraje de un organismo independiente especializado.

DIMENSIONES - TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Se especificarán las dimensiones nominales del tablero.

A la hora de recepcionar el material, sólo se comprobará si existen indicios de incumplimiento. El modo de comprobación será el siguiente:

Se utilizarán las tolerancias dimensionales definidas para cada tipo de tablero:

- contrachapados (UNE-EN 315)
- madera maciza (UNE-EN 13353)
- compactos (UNE-EN 438-7).

La comprobación de las dimensiones requiere utilizar calibres, flexómetros y reglas rígidas. Se puede realizar directamente en obra o acudir a técnicos cualificados o laboratorios acreditados.

DURABILIDAD Y PROTECCIÓN

Se especificará que la durabilidad del tablero sea adecuada para la clase de uso que corresponda (3.1 o 3.2) definida en la norma UNE-EN 335-1 y UNE-EN 335-3. De forma especial se exigirá la correcta protección de los cantos de los tableros contrachapados y en su caso su estanqueidad al agua por medio de resinas u otros medios, ya que es el punto más débil.

Se especificará que la especie de madera utilizada tiene la durabilidad natural adecuada, o en su caso se solicitarán los certificados de tratamiento o informes de ensayos que aseguren su utilización en la clase de uso 3.

EMISIÓN DE FORMALDEHÍDO

Aunque esta propiedad tiene una influencia relativa en aplicaciones de exterior, se especificará su emisión de contenido de formaldehído E1. Cuando se requiera su comprobación se acudirá a laboratorios especializados.

REACCIÓN AL FUEGO

Se especificará, cuando se requiera según su lugar de colocación, su reacción al fuego. Se exigirán al fabricante / suministrador los correspondientes certificados e informes de ensayo de reacción al fuego.

Sobre este punto se debe recordar:

- si se utiliza como base un tablero desnudo con mejores prestaciones de reacción al fuego, al colocarle el recubrimiento el comportamiento al fuego del tablero cambia porque la reacción al fuego se refiere al conjunto tablero soporte + recubrimiento, no pudiéndose extrapolar el comportamiento del soporte a todo el conjunto.
- si la instalación incluye una cámara de ventilación el informe de reacción al fuego debe haberse realizado teniendo en cuenta este aspecto.

OTRAS PROPIEDADES - PRODUCTOS ACABADOS

En su caso y cuando se estime necesario se pueden especificar las siguientes propiedades:

- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia al rayado.
- Resistencia del barniz a la luz.
- Resistencia al arranque de las fijaciones
- Permeabilidad al vapor de agua
- Conductividad - Resistencia térmica
- Resistencia de las fijaciones
- Resistencia a la luz UV

La evaluación de estas propiedades está recogida en las correspondientes normas de ensayo y de especificaciones europeas o nacionales.

Cuando se requiera su comprobación es necesario acudir a laboratorios especializados.

MARCADO CE

Se exigirá la documentación correspondiente al mercado CE (1).

En la recepción de producto se comprobará que éstos llevan el marcado CE.

En el caso de que se considere necesario se exigirá:

- Sello de Calidad Voluntario (1).

- Se comprobará la vigencia de los correspondientes certificados de Sellos o Marcas de Calidad voluntarios: firma de persona física, fecha de validez, originalidad del documento (no se admitirán fotocopias).

- Certificación medioambiental de la procedencia de la madera

- Teniendo en cuenta que esta certificación está actualmente en fase de implantación.

ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS EN OBRA

La instalación de estos productos suele estar especificada en la documentación técnica de los fabricantes, ya que cada uno tiene su sistema, aunque todos tienen características comunes.

Estos catálogos ofrecen información muy completa sobre todos los aspectos del montaje.

Estocaje y apilado

El apilado ha de realizarse imperativamente bajo cubierta sobre palet en una superficie plana y horizontal. Para preservarlo de la suciedad y de la humedad el conjunto ha de estar recubierto por una protección plástica estanca al agua. Si el tiempo de almacenado es superior a 3 días hay que supervisar que no se produzca condensación de agua en la pila.

Traslado

El traslado ha de hacerse con equipos adecuados para evitar dañar los tableros.

Nota (1) La información que se contempla en estos Pliegos se complementa con la que aparece, principalmente, en la publicación de AITIM ""Guía de la madera"

- Tomo I: Productos básicos y carpintería

Así mismo se recomienda consultar, entre otros, los siguientes documentos

- Código Técnico de la Edificación
- Directiva Europea de Productos de la Construcción
- Normas UNE-EN o UNE relacionadas con el producto

2.4. TABLEROS DE PARTÍCULAS AGLOMERADAS CON CEMENTO

El pliego de condiciones que se indica a continuación es un documento orientativo y sujeto a modificaciones y actualizaciones. Se edita para facilitar a los técnicos la prescripción de este producto.

Los tableros de partículas aglomeradas con cemento son tableros que se obtienen aplicando presión a partículas de madera u de otra naturaleza vegetal, que han sido aglomeradas previamente con mortero de cemento Portland ordinario.

El pliego de condiciones para los tableros de partículas cemento utilizados en cualquier aplicación que no incluyan funciones estructurales, indicará los siguientes apartados:

- Tipo de tablero
- Contenido de humedad
- Dimensiones - Tolerancias dimensionales

- Marcado CE
- Sellos de Calidad Voluntarios
- Almacenamiento, manipulación y apilado

TIPO DE TABLERO

Se especificará la clase técnica del tipo de tablero de partículas cemento no estructurales de acuerdo con la norma UNE-EN 634-2:

- para ambiente seco,
- para ambiente húmedo o exterior.

CONTENIDO DE HUMEDAD

Se especificará el contenido de humedad en el momento de suministro, entre el 6 y el 12%. Cuando se requiera su comprobación se acudirá a laboratorios especializados.

DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

Se especificarán las dimensiones nominales del tipo de tablero.

A la hora de recepcionar el material, sólo se comprobará si existen indicios de incumplimiento. El modo de comprobación será el siguiente.

Tolerancias dimensionales definidas en la norma UNE-EN 633:

- espesor para tableros no lijados $\pm 0,3$ mm
- espesor para tableros lijados
 - $< a 12 \pm 0,7$ mm
 - $12 \# t \# 15 \pm 1,0$ mm
 - $15 \# t \# 19 \pm 1,2$ mm
 - $> 19 \pm 1,5$ mm
- longitud y anchura $\pm 5,0$ mm/m
- escuadría 2 mm/m
- rectitud de cantos 1,5 mm/mm

La comprobación de las dimensiones requiere utilizar calibres, flexómetros y reglas rígidas. Se puede realizar directamente en obra o acudir a técnicos cualificados o laboratorios acreditados para que realicen el control sobre una muestra determinada.

MARCADO CE

Se exigirá la documentación correspondiente al marcado CE.

SELLOS O MARCAS DE CALIDAD VOLUNTARIA

Si se considera conveniente se exigirá que el fabricante disponga del correspondiente Sello de Calidad Voluntario.

Se comprobará la vigencia de los correspondientes certificados de Sellos o Marcas de Calidad voluntarios: firma de persona física, fecha de validez, originalidad del documento (no se admitirán fotocopias).

ALMACENAMIENTO, MANIPULACIÓN Y APILADO

Se especificarán las condiciones de almacenamiento, manipulación y apilado que se indican en el capítulo Tableros - Generalidades (1) que se resumen a continuación

Se apilarán horizontalmente sobre superficies planas convenientemente separados del suelo y con suficiente número de soportes para evitar que los tableros inferiores entren en carga.

Se almacenarán en locales cerrados y secos, protegidos del sol y de la lluvia, en pilas compactas y en las propias paletas de madera de suministro que permitan la manipulación con la carretilla elevadora o grúa con eslinga. La sujeción se asegurará amarrando los paneles en la paleta con una cinta transversal (las cintas transversales sólo se pondrán a petición del cliente).

En la manipulación se tendrá especial cuidado en dañar sus cantos, así mismo en los tableros recubiertos o acabados se ha de evitar dañar sus superficies. Cuando se transporte la pila de tableros con cualquier medio mecánico la separación de los soportes ha de ser suficiente para evitar una excesiva flexión dada la menor resistencia del tablero a este esfuerzo. En la manipulación manual de tableros individuales se deberán seguir las reglamentaciones vigentes de Salud y Riesgos laborales en cuanto a equipos de protección individual (EPI) como guantes, gafas, calzado especial, etc.).

Se aconseja un acondicionamiento previo de los tableros a las condiciones correspondientes a su lugar de aplicación debido a que su contenido de humedad varía según las condiciones higrotérmicas del ambiente en que se encuentran.

Nota (1) La información que se contempla en estos Pliegos se complementa con la que aparece, principalmente, en la publicación de AITIM ""Guía de la madera"

- Tomo I: Productos básicos y carpintería
- Tomo II: Construcción y Estructuras de madera: Productos básicos y Sistemas constructivos.

Así mismo se recomienda consultar, entre otros, los siguientes documentos

- Código Técnico de la Edificación
- Directiva Europea de Productos de la Construcción
- Normas UNE-EN o UNE relacionadas con el producto

2.5. TABLEROS CONTRACHAPADOS

El pliego de condiciones que se indica a continuación es un documento orientativo y sujeto a modificaciones y actualizaciones. Se edita para facilitar a los técnicos la prescripción de este producto.

El tablero contrachapado es un tablero que se obtiene encolando chapas de madera de forma que las fibras de las chapas consecutivas forman un ángulo determinado, generalmente recto, con objeto de equilibrar el tablero. A veces en lugar de chapas se utilizan capas de chapas. El número de chapas o capas suele ser impar con el fin de equilibrar el tablero por la simetría de la sección. El concepto tradicional del tablero contrachapado, de chapas de madera o estándar se ha enriquecido al incorporar en el alma otros materiales. Éstos se diferencian de los paneles sándwich en que sus caras son de chapa de madera.

El pliego de condiciones para los tableros contrachapados utilizados en cualquier aplicación que no incluyan funciones estructurales, indicará los siguientes apartados:

- Tipo de tablero
- Composición del tablero
- Calidad de encolado
- Contenido de humedad
- Calidad estética o decorativa
- Dimensiones - Tolerancias dimensionales
- Contenido de formaldehído
- Tratamientos protectores preventivos
- Reacción al fuego
- Otras propiedades
- Sellos de Calidad Voluntarios
- Marcado CE
- Almacenamiento, manipulación y apilado

TIPO DE TABLERO

Se especificará el tipo de tablero (1):

- Tablero contrachapado estándar
- Tablero contrachapado de alma enlistonada o tablero contrachapado enlistonado.
- Tablero contrachapado laminado
- Tablero contrachapado compuesto

Y los siguientes parámetros (que se detallan más adelante)

- especie de madera.
- calidad de las chapas.
- clase de encolado.
- cuando proceda, el material utilizado en el alma.

A la hora de recepcionar el producto se comprobará visualmente la composición del tablero abriendo una parte del embalaje.

COMPOSICIÓN DEL TABLERO

Se especificará, de entre el catálogo técnico del fabricante:

- especie de madera de las caras, las contracaras y el alma
- número de chapas
- dirección de las fibras de las caras

El número de chapas y la dirección de la fibra se comprobarán de forma visual en la recepción del material. En caso de duda respecto a la especie puede acudir a laboratorios especializados, aunque la identificación de la especie de las chapas es complicada debido a que su espesor no permite obtener preparaciones para compararlas con los patrones de identificación.

A la hora de recepcionar el producto, se abrirá al menos uno de los paquetes para comprobar visualmente que, al menos uno de los tableros, se corresponde con lo prescrito.

CALIDAD DE ENCOLADO

Se prescribirá según su aplicación, de acuerdo con la norma UNE-EN 314:

- interior
- semiexterior
- exterior

A la hora de recepcionar el producto se exigirá la ficha de producto correspondiente donde figure esta información y su sello de calidad, si procede. Cuando se requiera su comprobación se acudirá a laboratorios especializados.

CONTENIDO DE HUMEDAD

El tablero se suministrará a un contenido de humedad del 10 ± 2 %.

A la hora de recepcionar el producto se exigirá la ficha de producto correspondiente donde figure este dato. Cuando se requiera su comprobación se acudirá a laboratorios especializados.

CALIDAD ESTÉTICA O DECORATIVA

Se prescribirá la calidad de entre las definidas en las normas (UNE-EN 635-1, UNE-EN 635-2 y UNE-EN 635-3).

A la hora de recepcionar el material se exigirá la ficha de producto correspondiente y se abrirá al menos uno de los paquetes para comprobar visualmente que, al menos uno de los

tableros, se corresponde con lo prescrito. Cuando se requiera su comprobación es necesario acudir a laboratorios especializados.

DIMENSIONES - TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Se prescribirán las dimensiones nominales del tablero y se determinará la tolerancia dimensional de acuerdo a la norma UNE-EN 315.

A la hora de recepcionar el material, sólo se comprobará si existen indicios de incumplimiento. El modo de comprobación será el siguiente.

Tolerancias dimensionales definidas en la norma UNE-EN 315:

- en longitud y anchura: $\pm 3,5$ mm.
- en grosor (espesor nominal "t"), ver tabla.
- rectitud de cantos: 1 mm/m.
- escuadría: 1 mm/m.

Grosor nominal (t) mm	Tableros sin lijar		Tableros lijados	
	Tolerancias para las variaciones en grosor en un tablero	Tolerancias sobre el grosor nominal	Tolerancias para las variaciones en grosor en un tablero	Tolerancias sobre el grosor nominal
≥ 3	1,0	$+(0,8 + 0,003 \cdot t)$ $-(0,4 + 0,003 \cdot t)$	0,6	$+(0,2 + 0,003 \cdot t)$
≤ 12				$-(0,4 + 0,003 \cdot t)$
> 12	1,5		0,8	$+(0,0 + 0,003 \cdot t)$
≤ 25				$-(0,4 + 0,003 \cdot t)$
> 25	1,5			$+(0,0 + 0,003 \cdot t)$
≤ 30				$-(0,4 + 0,003 \cdot t)$
> 30	1,5			

Tabla. Tolerancias dimensionales tableros contrachapados.

La comprobación de las dimensiones requiere utilizar calibres, flexómetros y reglas rígidas. Se puede realizar directamente en obra o acudir a técnicos cualificados o laboratorios acreditados para que realicen el control sobre una muestra determinada.

EMISIÓN DE FORMALDEHÍDO

Se especificará que sean de la clase E1. Se exigirá la ficha técnica correspondiente y, si procede, un sello de calidad voluntario.

Cuando se requiera su comprobación se acudirá a laboratorios especializados.

TRATAMIENTOS PROTECTORES PREVENTIVOS

Se especificará el tratamiento requerido en función de su situación en interior y exterior, y de la durabilidad natural de la madera (1).

- Aplicaciones de interior o clase de uso 1: no requerirá ningún tipo de tratamiento protector. Si procede se recomienda especificar tratamientos superficiales o por doble.
- Aplicaciones de exterior o clase de uso 3.1 o 3.2: se requerirá una protección en profundidad mediante tratamientos de vacío - presión si la durabilidad natural de la madera no es la adecuada. En esta clase de uso se utilizarán tableros con calidad de encolado exterior.

Se exigirá, cuando proceda, el certificado del tratamiento que avale la penetración y retención de protector para la clase de uso especificada de acuerdo con la norma UNE-EN 335: Además de exigir el correspondiente certificado de tratamiento de la madera; como medida adicional se puede especificar, si se juzga conveniente, la comprobación de las penetraciones y retenciones de los protectores de madera por laboratorios especializados.

REACCIÓN AL FUEGO

Se especificará, cuando se requiera según su lugar de colocación, su reacción al fuego (1). En la recepción del material se exigirá al fabricante o suministrador los correspondientes certificados e informes de ensayo de reacción al fuego.

OTRAS PROPIEDADES

En función de la aplicación final se puede exigir algunas de las propiedades que se mencionan a continuación, que requieren ensayarse en laboratorios acreditados o utilizar en su caso los valores recogidos en la normativa:

- Conductividad térmica
- Aislamiento acústico
- Resistencia al vapor de agua

SELLOS O MARCAS DE CALIDAD VOLUNTARIA

En el caso de que se considere necesario se exigirá:

- Sello de Calidad Voluntario (1).

- Se comprobará la vigencia de los correspondientes certificados de Sellos o Marcas de Calidad voluntarios: firma de persona física, fecha de validez, originalidad del documento (no se admitirán fotocopias).

- Certificación medioambiental de la procedencia de la madera

- Teniendo en cuenta que esta certificación está actualmente en fase de implantación.

MARCADO CE

Se exigirá la documentación correspondiente al mercado CE.

En la recepción de producto se comprobará que éstos llevan el marcado CE.

ALMACENAMIENTO, MANIPULACIÓN Y APILADO

Se especificarán las condiciones de almacenamiento, manipulación y apilado que se indican en el capítulo Tableros - Generalidades (1) que se resumen a continuación.

- Se apilarán horizontalmente sobre superficies planas convenientemente separados del suelo y con suficiente número de soportes para evitar que los tableros inferiores entren en carga.
- Se almacenarán en locales cerrados y secos, protegidos del sol y de la lluvia, en pilas compactas.
- Durante su manipulación se tendrá especial cuidado en dañar sus cantos, así mismo en los tableros recubiertos o acabados se ha de evitar dañar sus superficies. Cuando se transporte la pila de tableros con cualquier medio mecánico la separación de los soportes debe ser suficiente para evitar su excesiva flexión dada la poca resistencia del tablero a este esfuerzo.
- En la manipulación manual de tableros individuales se deberán seguir las reglamentaciones vigentes de Salud y Riesgos laborales en cuanto a equipos de protección individual (EPI) como guantes, gafas, calzado especial, etc.).
- Se aconseja un acondicionamiento previo de los tableros a las condiciones correspondientes a su lugar de aplicación, ya que su contenido de humedad varía según las condiciones higrotérmicas del ambiente en que se encuentran.

Nota (1) La información que se contempla en estos Pliegos se complementa con la que aparece, principalmente, en la publicación de AITIM “Guía de la madera”

- Tomo I: Productos básicos y carpintería

Así mismo se recomienda consultar, entre otros, los siguientes documentos

- Código Técnico de la Edificación
- Directiva Europea de Productos de la Construcción
- Normas UNE-EN o UNE relacionadas con el producto

2.6. UNIDADES DE HUECO DE PUERTA DE MADERA PARA EXTERIOR

El pliego de condiciones que se indica a continuación es un documento orientativo y sujeto a modificaciones y actualizaciones. Se edita para facilitar a los técnicos la prescripción de este producto.

La Unidad de Hueco de Puerta está formada por la hoja, los herrajes y el cerco que deben responder a unas sollicitaciones específicas en función del ambiente (interior, interior-exterior, exterior y especiales).

El pliego de condiciones indicará los siguientes:

- Tipo de unidad de hueco.
- Propiedades de cerco, hoja de puerta y herrajes.
- Dimensiones y tolerancias.
- Propiedades de la unidad de hueco de puerta.
- Seguridad y salud.
- Sellos de calidad voluntarios.
- Marcado CE.

TIPO DE UNIDAD DE HUECO

Normalmente la descripción de la puerta se especifica en la memoria constructiva, pero de no ser así, se puede introducir en el Pliego de condiciones, donde se detallarán los siguientes aspectos:

- Situación: exterior.
- Tipología de la hoja: maciza o mixta.
- Encuentro entre hoja y cerco: enrasada, solapada (resaltada o falsamente solapada, engargolada o emboquillada (puede ser enrasada o resaltada) y renvalsada.
- Forma de apertura: abatible, de vaivén, pivotante, corredera, plegable.
- Sentido de apertura (o maniobra): a derechas, a izquierdas o reversible.
- Elementos de que constan la puerta: hoja y otros elementos sueltos o unidad completa (hoja, herrajes, cerco, premarco, tapajuntas, tipo de cerradura).
- Formato de presentación: por elementos individuales o formato kit (desarmada) o block (montada).
- Acabado: lacada, barnizada o revestida. En el caso de puertas rechapadas se indicará la especie de madera de la chapa.
- Detalles específicos que se considere sea necesario definir.

PROPIEDADES DE PRECERCO, CERCO, TAPAJUNTAS, HOJA DE PUERTA Y HERRAJES

- Precerco:

Se especificará:

- material del precerco: madera maciza (normalmente de pino).
- contenido de humedad (UNE 56803) y calidad (UNE-EN 947).

- Cerco y tapajuntas:

Se especificará:

- material del cerco y del tapajuntas: madera maciza.
- contenido de humedad (UNE 56803) y calidad (UNE-EN 947) de la madera maciza.

La madera estará preparada con dos manos de tratamiento protector contra hongos e insectos.

La chapa de madera no tendrá puntos descolados o hinchados.

- Hoja de puerta:

Se especificará el cumplimiento de las siguientes propiedades físicas y mecánicas

Propiedad	Norma ensayo	Norma especificación
Dimensiones normales y especiales	UNE EN 951	UNE 56.803
Escuadría	UNE EN 951	UNE EN 1.529 Clase 1
Tolerancias dimensionales	UNE EN 951	UNE EN 1.529 Clase 1
Anchura del bastidor Dimensiones del refuerzo de la cerradura	UNE EN 56.877	UNE 56.803
Alabeo: - Curvatura largueros - Curvatura testeros	UNE EN 952	UNE EN 1.530 Clase 3
Planitud general y local	UNE EN 952	UNE EN 1.530 Clase 3
Comportamiento ante las variaciones de humedad	UNE EN 1.294	UNE EN 12.219 Clase 2
Resistencia al choque por cuerpo duro	UNE EN 950	UNE EN 1.192
Resistencia a la inmersión en agua	UNE 56.850	UNE 56.803
Resistencia al arranque de tornillos	UNE 56.851	UNE 56.803
Resistencia al choque blando y pesado	Procedimiento AITIM	Especificación AITIM
	UNE-EN 13049	UNE-EN 13049
Resistencia al impacto (para hojas vidrieras)	Para cristales de seguridad: UNE-EN 12150, UNE-EN 14449 o UNE-EN 14179-2	Clase correspondiente en función de la altura de caída: 1, 2, 3, 4 o 5 de acuerdo con la norma

Especie de madera y chapa

Se especificará la especie con su nombre botánico y comercial.

En el caso de las chapas se especificará la armonización de aspecto mínima, si se permiten diferencias importantes de color, la existencia de albura y las diferencias de color admisibles respecto al duramen.

- Herrajes:

Se especificará el tipo de herraje y el cumplimiento de las normas que le correspondan.

DIMENSIONES NOMINALES Y TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Se especificarán las dimensiones nominales de la unidad de hoja de puerta:

- cerco
- hojas

A la hora de recepcionar el material, sólo se comprobará si existen indicios de incumplimiento.

- Tolerancias para las hojas de puerta - UNE-EN 1529

Tolerancias (mm.)	Anchura	Altura	Grueso	Escuadría
Clase 0	Sin requisito	Sin requisito	Sin requisito	Sin requisito
Clase 1	± 2,0	± 2,0	± 1,5	± 1,5
Clase 2	± 1,5	± 1,5	± 1,0	± 1,5
Clase 3	± 1,0	± 1,0	± 0,5	± 1,0

Nota: lo habitual es exigir la clase 1

- Tolerancias del cerco, precerco y tapajuntas - UNE 56802

Elemento	Anchura (mm)	Grueso (mm)
Tolerancias cerco	± 1	± 2
Tolerancias del precerco	± 2	± 2
Tolerancias Tapajuntas	± 3	-

La separación entre cerco y precerco será de 5 mm ± 1,5 mm.

En las puertas de doble hoja la separación entre las hojas será de 2 mm ± 1 mm.

La comprobación de las dimensiones requiere utilizar calibres, flexómetros y reglas rígidas. Se puede realizar directamente en obra o acudir a técnicos cualificados o laboratorios acreditados.

PROPIEDADES DE LA UNIDAD DE HUECO DE PUERTA

Se exigirá el cumplimiento de las propiedades que se requieran según su finalidad, cuyas comprobaciones de realizarán en laboratorios o se solicitará el correspondiente sello de calidad voluntario.

- Resistencia mecánica

Se especificarán las clases definidas en la norma UNE-EN 1192 para la carga vertical, torsión estática y choque blando y pesado.

Propiedad	Norma ensayo	Norma especificación
Carga vertical	UNE EN 947	UNE-EN 1192 Clases 1, 2, 3 y 4 (desde 400 hasta 1.000 N)
Torsión estática	UNE-EN 948	UNE-EN 1192 Clases 1, 2, 3 y 4 (desde 200 hasta 350 N)
Choque blando y pesado	UNE-EN 949	UNE-EN 1192 Clases 1, 2, 3 y 4 (desde 30 hasta 180 J)

- Fuerza de maniobra (UNE-EN 12217).

Se especificará la clase 0, 1, 2, 3 y 4, que le corresponda, en función de la fuerza de cierre o fuerza destinada a iniciar el movimiento, valor máximo (N); resistencia del Herrajes de maniobra con la mano (par máximo (Nm) y fuerza máxima (N)); y resistencia del Herraje de maniobra con el dedo (par máximo (Nm) y fuerza máxima (N)).

- Resistencia a aperturas y cierres repetidos (UNE-EN 1191 y UNE-EN 12400)

Se exigirá la clase 1 a 8 que corresponda.

Clases	Uso
1	Ocasional
2	Ligero
3	Poco frecuente
4	Moderado
5	Normal
6	Frecuente
7	Pesado
8	Severo

- Capacidad de desbloqueo - puertas que cierren o bloqueen rutas de escape y salidas de socorro

Se indicarán los dígitos correspondientes al sistema de clasificación definido en la norma UNE-EN 179 para puertas que cierren o bloqueen rutas de escape y salidas de socorro (son las que incorporan dispositivos de emergencia accionados por manilla o un pulsador, barras horizontales, sistemas de salida antipánico y sistemas de salida de emergencia controladas electrónicamente).

En la norma UNE-EN 179 se indica el sistema de clasificación que incluye 8 dígitos (grados) correspondientes a:

- categoría de uso = grado 3, que se corresponde con frecuencia elevada de utilización por el público o por otras personas poco motivadas para prestar atención (es decir cuando exista riesgo de accidente o de mala utilización).
- durabilidad = grado 6 (100.000 ciclos) y grado 7 (200.000 ciclos)
- masa de la puerta = grado 5 (hasta 100 kg) y grado 6 (hasta 200 kg)
- resistencia al fuego = grado 0 (no apta) y grado 1 (apta)
- seguridad de personas = grado 1, que corresponde a todas las puertas de emergencia.
- resistencia a la corrosión (UNE-EN 1670) = grado 3 (resistencia elevada) y grado 4 (resistencia muy elevada).
- seguridad de bienes = grado 2 (1.000 N), grado 3 (2.000 N) y grado 4 (3.000 N)
- proyección del elemento maniobrable = categoría 1 (proyección hasta 150 mm) y categoría 2 (proyección hasta 100 mm)
- tipo de operación = tipo A (dispositivo de emergencia con manilla) y tipo B (dispositivo de emergencia con pulsador)

- Resistencia a impacto - puertas que incorporen vidrios u otros materiales fragmentarios (ver punto 2.3 del pliego relativo a hojas de puerta) (UNE-EN 13049).

Se especificará solamente a las puertas que incorporen vidrios u otros materiales fragmentarios la clase correspondiente en función de la altura de caída: 1, 2, 3, 4 o 5.

- Resistencia a la efracción (forzamiento con violencia)

Esta propiedad podría afectar a las puertas de entrada a piso y a las exteriores.

Se especificará la clase de resistencia que le corresponda (clase 1, 2, 3, 4 5 o 6) de acuerdo con las normas UNE-ENV 1627, UNE-ENV 1628, UNE-ENV 1629 y UNE-ENV 1630. Para más información véase el Pliego de Condiciones de Puertas de seguridad.

- Ventilación (UNE-EN 13141-1)

En el caso de que la puerta incorpore un sistema de ventilación se especificará:

- las características del flujo de aire (K) y el exponente del flujo (n).
- la proporción del flujo de aire a una presión diferencial de (4, 8, 10 y 20) Pa.

Véase CTE (1).

- Comportamiento entre climas diferentes

Se especificará la clase que le corresponda (clase 0(x), 1(x), 2(x) o 3(x)) de acuerdo con la norma UNE-EN 12219.

- Permeabilidad al aire (UNE EN 1026)

Se especificará la permeabilidad al aire que le corresponda (clases de 1 a 5).

- Atenuación acústica (UNE-EN ISO 140-3 y UNE-EN ISO 717-1)

Se especificará, cuando se requiera, véase CTE (1), el valor del índice ponderado de reducción sonora RW (C; Ctr) expresado en dB.

- Aislamiento térmico

Se especificará, cuando se requiera, véase CTE (1), la transmitancia térmica de la puerta determinada por ensayos (UNE-EN ISO 12567-1) o teóricamente (UNE-EN ISO 1077-1 y/o 1077-2).

- Resistencia a la bala (UNE-EN 1522)

Se especificará, cuando se requiera, la clase de resistencia que le corresponda (FB1 a FB8 y FSG).

- Resistencia a la explosión

Se especificará, cuando se requiera la clase que le corresponda

- clases EPR 1, 2, 3 y 4 de acuerdo con UNE-EN 13123-1, ensayo en tubo de impacto o
- clases EXR 1, 2, 3 y 4 de acuerdo con la norma UNE-EN 13123-2, ensayo al aire libre.

- Estanquidad al agua (UNE-EN 1027 y UNE-EN 12208)

Se especificará la clase que le corresponda (clase A desde A1 a A9).

- Resistencia a la carga de viento

Se especificará la clase que le corresponda (clase C desde C1 a C5) determinada mediante cálculo teórico o de acuerdo con las normas UNE-EN 12211 y UNE-EN 12210.

- Capacidad para soportar carga de los dispositivos de seguridad

Se exigirá el umbral de resistencia de acuerdo con la norma UNE-EN 14609 o UNE-EN 948 (métodos de referencia) o por cálculo.

- Seguridad y salud - Emisión de sustancias peligrosas (sólo hacia el interior)

Se exigirá la correspondiente certificación, o en su caso informe de ensayo realizado en laboratorio acreditado, que los productos que se mencionan a continuación no emiten estas sustancias, o lo hacen en cantidades inferiores a lo que exige la legislación vigente.

- tableros derivados de la madera
- adhesivos en base formaldehído
- barnices que emitan componentes orgánicos volátiles COV.

SELLOS DE CALIDAD VOLUNTARIOS

En el caso de que se considere necesario se exigirá:

- Sello de Calidad Voluntario (1).

- Se comprobará la vigencia de los correspondientes certificados de Sellos o Marcas de Calidad voluntarios: firma de persona física, fecha de validez, originalidad del documento (no se admitirán fotocopias).

- Certificación medioambiental de la procedencia de la madera

- Teniendo en cuenta que esta certificación está actualmente en fase de implantación.

MARCADO CE

Se exigirá la documentación correspondiente al mercado CE (1).

En la recepción de producto se comprobará que éstos llevan el marcado CE.

Nota (1) La información que se contempla en estos Pliegos se complementa con la que aparece, principalmente, en la publicación de AITIM “Guía de la madera”

- Tomo I: Productos básicos y carpintería

Así mismo se recomienda consultar, entre otros, los siguientes documentos

- Código Técnico de la Edificación
- Directiva Europea de Productos de la Construcción
- Normas UNE-EN o UNE relacionadas con el producto

2.7. HOJAS DE PUERTAS DE MADERA

El pliego de condiciones que se indica a continuación es un documento orientativo y sujeto a modificaciones y actualizaciones. Se edita para facilitar a los técnicos la prescripción de este producto.

La hoja de puerta de madera es el elemento que se une al cerco por medio de los herrajes para formar la unidad de hueco de puerta. La hoja puede ser plana (lisa), plafonada (carpintera o en relieve), mixta y vidriera. Tanto la plana como la plafonada pueden a su vez ser ciegas o vidrieras.

El pliego de condiciones indicará los siguientes apartados:

- Tipo de hoja de puerta y composición
- Dimensiones y tolerancias

- Propiedades
- Sellos de calidad voluntarios

TIPO DE HOJA DE PUERTA Y COMPOSICIÓN

Se especificarán las siguientes características:

- Tipo por el relieve de sus caras: planas (o lisas), o en relieve (o carpintera).
- Composición
 - planas: bastidor, alma y paramentos
 - en relieve: bastidor y plafones
 - macizas
 - específicas: vidrieras, mallorquina, etc.
- Apariencia del canto: oculto o visto.
- Acabado: barnizadas o pintadas, lacadas, revestidas (melaminas, PVC, etc), serigrafía digital con acabado de alta presión, etc.
- Especie de madera de cantos, molduras y chapas:
 - Se especificará la especie con su nombre científico (latino).
 - En el caso de las chapas se especificará la armonización de aspecto mínima, si se permiten diferencias importantes de color, si se permite la existencia de albura y las diferencias de color admisibles respecto al duramen.

Nota: un aspecto muy importante, que suele ser motivo de desencuentro es la calidad del acabado, tanto en el aspecto final del barniz como de la composición de las chapas. Este tema no está normalizado y suele ser bastante subjetivo, por lo que se aconseja especificarlo previamente o recurrir a la presentación del modelo de referencia de la hoja de puerta que se va instalar.

DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

Se especificarán las dimensiones nominales de la hoja de puerta.

A la hora de recepcionar el material, sólo se comprobará si existen indicios de incumplimiento.

Dimensiones y tolerancias de la hoja - UNE-EN 1529

Tolerancias (mm.)	Anchura	Altura	Grueso	Escuadría
Clase 0	Sin requisito	Sin requisito	Sin requisito	Sin requisito
Clase 1	± 2,0	± 2,0	± 1,5	± 1,5
Clase 2	± 1,5	± 1,5	± 1,0	± 1,5
Clase 3	± 1,0	± 1,0	± 0,5	± 1,0

Nota: lo habitual es exigir la clase 1

La comprobación de las dimensiones requiere utilizar calibres, flexómetros y reglas rígidas.

Se puede realizar directamente en obra o acudir a técnicos cualificados o laboratorios acreditados

PROPIEDADES

Se exigirá el cumplimiento de las siguientes propiedades conforme a las normas que se citan:

Propiedad	Norma ensayo	Norma especificación
Dimensiones normales y especiales	UNE EN 951	UNE 56.803
Escuadría	UNE EN 951	UNE EN 1.529 Clase 1
Tolerancias dimensionales	UNE EN 951	UNE EN 1.529 Clase 1
Anchura del bastidor Dimensiones del refuerzo de la cerradura	UNE EN 56.877	UNE 56.803
Alabeo: - Curvatura largueros - Curvatura testeros	UNE EN 952	UNE EN 1.530 Clase 3
Planitud general y local	UNE EN 952	UNE EN 1.530 Clase 3
Comportamiento ante las variaciones de humedad	UNE EN 1.294	UNE EN 12.219 Clase 2
Resistencia al choque por cuerpo duro	UNE EN 950	UNE EN 1.192
Resistencia a la inmersión en agua	UNE 56.850	UNE 56.803
Resistencia al arranque de tornillos	UNE 56.851	UNE 56.803
Resistencia al choque blando y pesado	Procedimiento AITIM	Especificación AITIM

Para las hojas de puertas vidrieras, mallorquinas o mixtas se especificará el cumplimiento de las propiedades que le correspondan (normalmente no hay que realizar los ensayos de resistencia al choque por cuerpo duro y resistencia al choque blando y pesado). Además, se especificará la calidad del tipo de vidrio utilizado en las puertas vidrieras y de la madera utilizada en las puertas mallorquinas.

La comprobación de todas estas propiedades requiere realizar ensayos en laboratorios acreditados o disponer de un sello de calidad.

SELLOS DE CALIDAD VOLUNTARIOS

En el caso de que se considere necesario se exigirá:

- Sello de Calidad Voluntario (1).
 - Se comprobará la vigencia de los correspondientes certificados de Sellos o Marcas de Calidad voluntarios: firma de persona física, fecha de validez, originalidad del documento (no se admitirán fotocopias).
- Certificación medioambiental de la procedencia de la madera
 - Teniendo en cuenta que esta certificación está actualmente en fase de implantación.

Nota (1) La información que se contempla en estos Pliegos se complementa con la que aparece, principalmente, en la publicación de AITIM “Guía de la madera”

- Tomo I: Productos básicos y carpintería

Así mismo se recomienda consultar, entre otros, los siguientes documentos

- Normas UNE-EN o UNE relacionadas con el producto

2.8. VENTANAS DE MADERA

El pliego de condiciones que se indica a continuación es un documento orientativo y sujeto a modificaciones y actualizaciones. Se edita para facilitar a los técnicos la prescripción de este producto.

La ventana es un elemento de carpintería de madera vidriado que cierra un hueco exterior, proporcionando iluminación y ventilación, a la vez que controla las inclemencias atmosféricas (viento, agua, polvo, etc.) y que asegura unos niveles térmico-acústicos adecuados. En el diseño arquitectónico la ventana es un elemento compositivo de primer orden por su papel de relación hueco-macizo.

El pliego de condiciones indicará los apartados que se indican a continuación:

- Tipo de ventana, Materiales del perfil y Vidrio
- Dimensiones - Tolerancias dimensionales
- Prestaciones - propiedades
- Comportamiento al fuego
- Mantenimiento
- Sellos de Calidad Voluntario
- Marcado CE
- Instalación

TIPO DE VENTANA

Se indicará el tipo de ventana según el sistema de apertura, el material del perfil y el tipo de vidrio

1.- Sistema de apertura

Se especificará el sistema de apertura que recoge la normativa o en su caso el nombre que se utilice el mercado, pero indicando la norma de producto correspondiente UNE-EN 12519

- Ventanas batientes (o abatibles de eje vertical)
- Ventanas proyectantes (o abatibles de eje horizontal)
- Ventanas pivotantes y basculantes de eje central vertical
- Ventanas deslizantes horizontales (o de correderas) y verticales (o de guillotina)

- Ventanas oscilo correderas u oscilo paralelas
- Ventanas correderas elevadora s
- Ventanas oscilobatientes
- Ventanas fijas

2.- Material del perfil.

a) Ventanas de madera maciza

Se especificarán las siguientes propiedades y requisitos:

- Especie de madera: Nombre botánico de acuerdo con la norma UNE-EN 13.556 y su nombre comercial. Si se desea identificar fehacientemente la especie de madera es necesario acudir a laboratorios especializados.
- Contenido de humedad de la madera: 12 - 16%. La medición del contenido de humedad se puede realizar directamente con xilohigrómetros de resistencia (UNE-EN 13183-2), pero es más exacto la medición con balanza y estufa (UNE-EN 13183-1). En caso de dudas se recomienda enviar muestras representativas envueltas en plástico retráctil a laboratorios especializados y acreditados.
- Densidad mínima de la madera: Se indicará la densidad mínima exigible de 350 kg/m³, para las maderas de coníferas, y de 450 kg/m³ para las frondosas, especificadas en la norma UNE-EN 942 Nota: este dato puede obtenerse de la bibliografía técnica.
- Calidad de la madera: Se especificará la clase J que corresponda de acuerdo con la norma UNE-EN 942. La calidad estética se comprueba de forma visual directamente en obra o en su caso se puede acudir a laboratorios especializados.
- Durabilidad natural de la madera - tratamientos protectores. Se especificará el tratamiento requerido en función de su situación en exterior (clase de uso 3.1) y de la durabilidad natural de la madera.
- Madera con durabilidad natural suficiente (UNE-EN 350-2): no se exigirá su tratamiento.
- Madera con una durabilidad natural no adecuada: se especificará un tratamiento de vacío - presión o inmersión prolongada para la clase de uso 3.1 (o en su caso 3.2 dependiendo de su exposición a las inclemencias atmosféricas) de acuerdo con la norma UNE-EN 351-1. Se exigirá el certificado de tratamiento que debe incluir los datos de la partida de madera, protector de la madera, tratamiento y clase de uso alcanzada.

Certificado de tratamiento:

- Partida de madera:
- Especie y Volumen (m³).
- Datos de la partida (calidad, contenido de humedad, dimensiones, etc.).
- Protector de la madera:
- Nombre del producto
- Número del Registro del producto en el Ministerio de Sanidad y Consumo
- Tratamiento:
- Fecha.
- Método de tratamiento.

- Retención producto protector (en g/m² o Kg/m³).
- Penetración producto protector.
- Clase de uso que cubre el tratamiento de acuerdo con la norma UNE-EN 335-1.

Además de exigir el correspondiente certificado de tratamiento de la madera; como medida adicional se puede especificar, siempre que sea factible, la comprobación de las penetraciones y retenciones de los protectores de madera por laboratorios especializados.

b) Ventanas de madera laminada.

Además de las exigencias definidas para la madera maciza se exigirá la certificación correspondiente al perfil laminado, de acuerdo con la norma UNE-EN 13307-1, que debe incluir información sobre la especie de madera y el tipo de adhesivo utilizado.

Cuando se requiera la comprobación del encolado es necesario acudir a laboratorios especializados.

Para más información véase el Pliego de Condiciones de “Perfiles de madera laminada” (1).

c) Ventanas mixtas de madera y aluminio.

Se exigirá la certificación correspondiente al tipo de aluminio y se especificará la especie de madera.

d) Ventanas mixtas de madera y poliuretano.

Se exigirá la certificación correspondiente al tipo de poliuretano y se especificará la especie de madera.

3.- Tipo de cristal que debe incorporar

Se especificará el tipo de vidrio, por ejemplo 4-6-4 o el que se desee.

Nota: hay que tener en cuenta que el tipo de cristal utilizado tiene una gran importancia en las prestaciones térmicas y acústicas.

DIMENSIONES

Se especificarán las dimensiones nominales de la ventana, teniendo en cuenta que está propiedad no está normalizada.

La comprobación de las dimensiones requiere utilizar calibres, flexómetros y reglas rígidas. Se puede realizar directamente en obra o acudir a técnicos cualificados o laboratorios acreditados.

Las tolerancias dimensionales normalmente admitidas son:

Holgura entre la hoja y el marco 0,2 cm

Tolerancias de ejecución:

- Replanteo: ± 10 mm
- Nivel previsto: ± 5 mm
- Horizontalidad: ± 1 mm/m
- Aplomado: ± 2 mm/m
- Plano previsto del marco respecto a la pared: ± 2 mm

PROPIEDADES

Se especificarán como mínimo las siguientes prestaciones de la unidad de hueco de ventana, en función de los parámetros su ubicación:

- Permeabilidad al aire (UNE-EN 1.026, UNE-EN 12.207)
- Resistencia al viento (UNE-EN 12.210 y UNE-EN 12.211)
- Estanqueidad al agua (UNE-EN 1027 y UNE-EN 12.208)

Y cuando se requieran las propiedades de:

- Aislamiento acústico aéreo (UNE EN ISO 140-3)
- Transmitancia térmica (UNE EN ISO 12.567)
- Capacidad para soportar carga de los dispositivos de seguridad (UNE EN 14.609)

Además, se pueden exigir otras prestaciones en función del tipo de ventana y de su aplicación final, que se han mencionado en el apartado de “propiedades especiales” (1), como:

- Capacidad para soportar carga de los dispositivos de seguridad
- Resistencia a la nieve y a la carga permanente
- Resistencia al impacto
- Fuerza de maniobra
- Resistencia mecánica
- Ventilación
- Resistencia a la bala
- Resistencia a la explosión
- Resistencia a aperturas y cierres repetidos
- Comportamiento entre climas diferentes, etc.

La comprobación de todas estas propiedades requiere realizar ensayos en laboratorios acreditados.

COMPORTAMIENTO AL FUEGO

Se especificará, cuando se requiera según su lugar de colocación, su resistencia al fuego (1).

Se exigirán al fabricante / suministrador los correspondientes certificados e informes de ensayo de resistencia al fuego.

MANTENIMIENTO - PRODUCTOS DE ACABADO

Se exigirá la garantía decenal cuando sea requerido por las compañías de seguros o una garantía de 5 años. En todo caso se exigirá al suministrador que aporte la correspondiente garantía y que especifique el mantenimiento recomendado.

Se especificará el mantenimiento de los productos de acabado definido en las fichas técnicas del fabricante de dichos productos y/o las recomendaciones del fabricante de la ventana.

Cuando se requiera su comprobación es necesario acudir a laboratorios especializados.

La elección del producto de acabado depende del aspecto buscado, de la especie de madera y de la durabilidad que se garantiza, se especificará entre la gama de productos disponibles:

- en blanco (sin acabado para especies con durabilidad natural suficiente),
- color (si se utilizan lasures, barnices especiales para exteriores, pinturas para exteriores, etc.)
- acabado especial (los obtenidos con productos naturales tipo aceites o ceras).

SELLOS O MARCAS DE CALIDAD VOLUNTARIA

En el caso de que se considere necesario se exigirá:

- Sello de Calidad Voluntario (1).

- Se comprobará la vigencia de los correspondientes certificados de Sellos o Marcas de Calidad voluntarios: firma de persona física, fecha de validez, originalidad del documento (no se admitirán fotocopias).

- Certificación medioambiental de la procedencia de la madera

- Teniendo en cuenta que esta certificación está actualmente en fase de implantación.

MARCADO CE

Se exigirá la documentación correspondiente al mercado CE (1).

En la recepción de producto se comprobará que éstos llevan el marcado CE.

INSTALACIÓN - CONDICIONES GENERALES

Se comprobará que:

- La ventana abre y cierra correctamente.
- No gravita ningún tipo de carga sobre el marco.
- Su cerco está bien aplomado, sin deformaciones de sus ángulos, al nivel y en el plano previsto.

- Su cerco está trabado a la obra con anclajes galvanizados, separados 60 cm como máximo, y a menos de 30 cm de los extremos.
- Los burletes y las juntas de materiales blandos están limpios y libres.

Nota (1) La información que se contempla en estos Pliegos se complementa con la que aparece, principalmente, en la publicación de AITIM “Guía de la madera”

- Tomo I: Productos básicos y carpintería

Así mismo se recomienda consultar, entre otros, los siguientes documentos

- Código Técnico de la Edificación
- Directiva Europea de Productos de la Construcción
- Normas UNE-EN o UNE relacionadas con el producto

2.9. ESTRUCTURA METÁLICA

Descripción

Estructuras cuyos elementos: soportes, vigas, zancas, cubiertas y forjados están compuestos por productos de acero laminado en caliente, perfiles huecos y conformados en frío o caliente, roblones y tornillos ordinarios, calibrados y de alta resistencia, así como tuercas y arandelas.

La construcción de estructuras de acero está regulada por el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico de Seguridad Estructural-Acero.

Materiales

- Perfiles y chapas de acero laminado: Se usarán los aceros establecidos en la norma UNE EN 10025 (Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general), cuyas características se resumen en la Tabla 4.1 del CTE-DB-SEA y cumplirán con las especificaciones contenidas en el CTE-DB-SEA-Art.4. Irán acompañados de la declaración de prestaciones y marcado CE según la norma armonizada UNE-EN 10025, declarando expresamente la resistencia a tracción, límite elástico, resistencia a flexión por choque, soldabilidad, alargamiento y tolerancias dimensionales.
- Perfiles huecos de acero: El CTE-DB-SEA- Punto 4, contempla los aceros establecidos por las normas UNE-EN 10210-1 relativa a Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grado fino y en la UNE-EN 10219-1, relativa a secciones huecas de acero estructural conformado en frío. Irán acompañados de la declaración de prestaciones propia del marcado CE según las normas anteriores incluyendo la designación del material según EN 10027.
- Tornillos, tuercas y arandelas: El CTE-DB-SEA- Punto 4, en la tabla 4.3 contempla las características mecánicas mínimas de los aceros de los tornillos de calidades normalizadas en la normativa ISO. Las uniones cumplirán con lo establecido en el punto

8 de la CTE-DB-SEA, las uniones atornilladas, más concretamente con las especificaciones del punto 8.5 del citado DB.

Las características de los materiales suministrados deben estar documentadas de forma que puedan compararse con los requisitos establecidos en proyecto. Además, los materiales deben poderse identificar en todas las etapas de fabricación, para lo que cada componente debe tener una marca duradera, distinguible, que no le produzca daño y resulte visible tras el montaje con la designación del acero según normas

Puesta en obra

Ha de prevenirse la corrosión del acero evitando el contacto directo con humedad, con otros metales que produzcan corrosión y el contacto directo con yesos.

Se aplicarán las protecciones adecuadas a los materiales para evitar su corrosión, de acuerdo con las condiciones ambientales internas y externas del edificio, según lo establecido en la norma UNE-ENV 1090-1. Los materiales protectores deben almacenarse y utilizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se han de preparar las superficies a proteger conforme a la norma UNE-ENV 1090-1. Las superficies que no se puedan limpiar por chorreado, se someterán a un cepillado metálico que elimine la cascarilla de laminación y después se deben limpiar para quitar el polvo, el aceite y la grasa. Los abrasivos utilizados en la limpieza y preparación de las superficies a proteger, deben ser compatibles con los productos de protección a emplear. Los métodos de recubrimiento deben especificarse y ejecutarse de acuerdo con la normativa específica al respecto y las instrucciones del fabricante. Se podrá utilizar la norma UNE-ENV 1090-1. El material debe almacenarse siguiendo las instrucciones de su fabricante, evitando deformaciones permanentes, protegiendo de posibles daños en los puntos donde se sujete para su manipulación, almacenándolos apilados sobre el terreno, pero sin contacto con él, evitando cualquier acumulación de agua.

Operaciones de fabricación en taller

Corte: Por medio de sierra, cizalla, corte térmico (oxicorte) automático. Oxicorte siempre que no tengan irregularidades significativas y se hayan eliminado los restos de escoria.

Conformado: En caliente se seguirán las recomendaciones del productor siderúrgico. Se realizará con el material en estado rojo cereza, manejando la temperatura, el tiempo y la velocidad de enfriamiento. No se permitirá el conformado en el intervalo de calor azul (250°C a 380°C). Se permite el conformado en frío, pero no la utilización de martillazos y se observarán los radios de cuerda mínimos establecidos en la tabla del punto 10.2.2 del CTE-DB-SEA.

Perforación: Los agujeros deben realizarse por taladrado, el punzonado se admite para materiales de hasta 25 mm. de espesor siempre que el espesor nominal del material no sea mayor que el diámetro nominal del agujero. Las rebabas se deben eliminar antes del ensamblaje

Ángulos entrantes: Deben tener un acabado redondeado, con un radio mínimo de 5 mm.

Superficies para apoyo de contacto: Las superficies deben formar ángulos rectos y cumplir las tolerancias geométricas especificadas en DB-SEA. La planeidad de una superficie contrastándola con un borde recto, no superará los 0,5 mm.

Empalmes: No se permiten más empalmes que los establecidos en proyecto o aprobados por el director de obra.

Soldeo: Se debe proporcionar al personal encargado un plan de soldeo, que incluirá los detalles de la unión, dimensiones y tipo de soldadura, secuencia de soldeo, especificaciones del proceso y las medidas para evitar el desgarro laminar. Los soldadores deben estar certificados por un organismo acreditado y cualificarse de acuerdo con la norma UNE-EN 287-1:1992.

Las superficies y bordes deben ser los apropiados para el proceso de soldeo y estar exentos de fisuras, entalladuras, materiales que afecten al proceso o calidad de las soldaduras y humedad. Los componentes a soldar deben estar correctamente colocados y fijos mediante dispositivos adecuados. Para la realización de cualquier tipo de soldadura, se estará a las especificaciones contenidas en los puntos 10.3 y 10.7 del DB-SEA del CTE.

Uniones atornilladas: Las características de este tipo de uniones se ajustarán a las especificaciones de los artículos 10.4.y 10.5 del DB SEA del CTE. En uniones de tornillos pretensados el control del pretensado se realizará por alguno de los procedimientos indicados en el artículo 10.4.5 de DB SEA: método de control del par torsor, método del giro de tuerca, método del indicador directo de tensión, método combinado. Podrán emplearse tornillos avellanados, calibrados, pernos de articulación o hexagonales de inyección, si se cumplen las especificaciones del artículo 10.5 de DB SEA del CTE.

Tratamientos de protección: Las superficies se prepararán conforme a las normas UNE-EN-ISO 8504-1:2002 e UNE-EN-ISO 8504-2:2002 para limpieza por chorro abrasivo, y UNE-EN-ISO 8504-3:2002 para limpieza por herramientas mecánicas y manuales. Las superficies que vayan a estar en contacto con el hormigón, no se pintarán, solamente se limpiarán. No se utilizarán materiales que perjudiquen la calidad de una soldadura a menos de 150 mm. de la zona a soldar y tras realizar la soldadura no se pintará sin antes haber eliminado las escorias.

Control, criterios de aceptación y rechazo y verificaciones en el edificio terminado

El control de calidad se realizará dando cumplimiento a las especificaciones recogidas en la CTE-DB-SEA en su artículo 12. Las actividades de control de calidad han de quedar registradas documentalmente en la documentación final de obra.

Control de calidad de materiales: Los materiales cubiertos por un certificado expedido por el fabricante, el control podrá limitarse reconocimiento de cada elemento de la estructura con el certificado que lo avala. Cuando el proyecto especifique características no avaladas por certificados, se establecerá un procedimiento de control mediante ensayos realizados por un laboratorio independiente.

Materiales que no queden cubiertos por una normativa nacional podrán utilizar normativas o recomendaciones de prestigio reconocido.

Control de calidad de la fabricación: Se define en la documentación de taller, que deberá ser revisada y aprobada por la dirección facultativa de la obra y contendrá al menos:

- a) Una memoria de fabricación
- b) Los planos de taller para cada elemento de la estructura
- c) Un plan de puntos de inspección de los procedimientos de control interno de producción, todo ello con el contenido mínimo especificado en el punto 12.4.1 de la CTE-DB-SEA.

Su control tiene por objeto comprobar su coherencia con las especificaciones de proyecto.

Control de calidad del montaje: Se define en la documentación de montaje, que será elaborada por el montador y revisada y aprobada por la dirección facultativa de la obra y contendrá al menos: a) Una memoria de montaje b) Los planos de montaje c) Un plan de puntos de inspección, todo ello con el contenido mínimo especificado en el punto 12.5.1 de la CTE-DB-SEA. Su control tiene por objeto comprobar su coherencia con las especificaciones de proyecto.

Las tolerancias máximas admisibles, serán las establecidas por el CTE-DB-SEA en su punto 11, en el que se definen tipos de desviaciones geométricas correspondientes a estructuras de edificación, y los valores máximos admisibles para tales desviaciones distinguiendo entre tolerancias de fabricación y tolerancias de ejecución.

Criterios de medición y valoración

En caso de que en el presupuesto del proyecto o el contrato de obra no se especifiquen otros criterios, se adoptarán las siguientes pautas de medición y valoración:

Elementos estructurales se medirán según el peso nominal. Las planchas en superficie teórica descontando huecos mayores de 1 m².

Condiciones de conservación y mantenimiento

Se exponen a continuación las condiciones básicas y generales de conservación y mantenimiento.

No han de modificarse ni sobrecargarse los elementos estructurales respecto a su definición en proyecto.

Cada año se revisará la aparición de fisuras, grietas, flechas en vigas y forjados, pandeo en pilares, humedades o degradación del acero informando a un técnico en su caso.

Cada 10 años revisión por técnico especialista de los síntomas de posibles daños estructurales, se identificarán las causas de daños potenciales (humedades, uso), identificación de daños que afectan a secciones o uniones (corrosión, deslizamiento no previsto).

Se realizará mantenimiento a los elementos de protección de la estructura, especialmente a los de protección ante incendio, que se ajustarán a los plazos de garantía declarados por los fabricantes (de pinturas, por ejemplo).

Los edificios sometidos a acciones que induzcan fatiga contarán con un plan de mantenimiento independiente que debe especificar el procedimiento para evitar la propagación de las fisuras, así como el tipo de maquinaria a emplear, el acabado, etc.

2.10. AISLAMIENTO

Descripción

Estos materiales se emplean para disminuir las pérdidas térmicas, la diferencia de temperatura superficial interior de paredes y ambiente interior, evitar los fenómenos de condensación y dificultar la propagación de ruido, a través de cerramientos, conductos, forjados, cubiertas, etc.

Materiales

- Aislamiento: El material aislante puede ser de fibras minerales, poliuretano, poliestireno expandido, poliestireno extruido... pudiendo ser a su vez rígidos, semirrígidos o flexibles, y granulares, pastosos o pulverulentos.
- Elementos de fijación: La sujeción puede hacerse mediante adhesivos, colas, pegamentos... o mediante elementos como perfiles, clavos, fleje de aluminio...

Puesta en obra

El fabricante de materiales para aislamiento acústico indicará en el etiquetado la densidad aparente del producto y el coeficiente de absorción acústica, la conductividad térmica, comportamiento frente al fuego y puede figurar también la resistencia a compresión, flexión y choque blando, envejecimiento ante humedad, calor y radiaciones, deformación bajo carga, coeficiente de dilatación lineal, comportamiento frente a parásitos y frente a agentes químicos. Así mismo, el fabricante indicará en la documentación técnica de sus productos las dimensiones y tolerancias de los mismos.

Se tomarán las precauciones necesarias para que los materiales no se deterioren durante el transporte ni almacenamiento en obra.

Para la puesta en obra del aislamiento se seguirán las indicaciones del fabricante, proyecto y dirección facultativa. La colocación de materiales para aislamiento térmico de aparatos, equipos y conducciones se hará de acuerdo con la UNE 100171.

La superficie sobre la que se aplique estará limpia, seca y sin desperfectos tales como fisuras, resaltes u oquedades. Deberá cubrir toda la superficie de forma continua, no quedarán imperfecciones como huecos, grietas, espesor desigual, etc. y no se producirán puentes térmicos o acústicos, para lo cual las juntas deberán quedar selladas correctamente.

El aislante situado en la cámara debe cubrir toda su superficie, si éste no rellena todo el ancho de la cámara, debe fijarse a una de las hojas, para evitar el desplazamiento del mismo dentro de la cámara.

El aislamiento se revestirá de forma que quede protegido de rayos del sol y no se deteriore por los agentes climáticos.

Control, criterios de aceptación y rechazo y verificaciones en el edificio terminado

El fabricante de materiales para aislamiento aportará los ensayos de laboratorio que determinen las cualidades de su producto. Los materiales se suministrarán con una etiqueta de identificación. No será necesario realizar ensayos o comprobaciones de aquellos materiales que tengan sellos o marcas de calidad, que garanticen el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación, documento básico de Ahorro de Energía.

Se harán inspecciones por cada tipo de aislamiento y forma de fabricación. Se comprobará que hayan sido colocados de forma correcta y de acuerdo con las indicaciones de proyecto y dirección facultativa. Se comprobará también que no se produzcan puentes térmicos ni acústicos, y la correcta ventilación de la cámara de aire.

Criterios de medición y valoración

En caso de que en el presupuesto del proyecto o el contrato de obra no se especifiquen otros criterios, se adoptarán las siguientes pautas de medición y valoración:

Se medirá la superficie o longitud ejecutada.

Condiciones de conservación y mantenimiento

Se exponen a continuación las condiciones básicas y generales de conservación y mantenimiento.

Se revisará durante el invierno la posible aparición de condensaciones superficiales en puntos fríos, y en su caso, se dará parte a técnico especialista.

Los aislamientos que quedan vistos serán revisados anualmente comprobando su estado general, conservación del elemento protector y posible aparición de humedades u hongos.

FIBRAS MINERALES

Contarán con sello AENOR y EUCEB y dispondrán de marcado CE según norma armonizada UNE EN 13162 aportando la declaración de prestaciones. Se especificará la clasificación de reacción al fuego, la conductividad térmica, resistencia térmica y espesor. Las características higrotérmicas de los materiales contemplados en el proyecto son:

Material	Conductividad térmica (W/mK)	Densidad (Kg/m ³)	Factor de resistencia al Vapor de agua
----------	------------------------------	-------------------------------	--

MV (0,04W/(mK)	Lana mineral	0,041	40	1
-------------------	-----------------	-------	----	---

Las características de los materiales puestos en obra, tendrán las prestaciones señaladas anteriormente o superiores, de otro modo, habrán de ser autorizados previamente por la dirección facultativa.

Para más detalle se tendrá en cuenta lo especificado en el Catálogo de Elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación.

2.11. IMPERMEABILIZACIÓN

Descripción

Las soluciones de impermeabilización se adaptarán a lo dispuesto en la Exigencia DB-HS-1 "Protección frente a la humedad" desarrollada en el Documento Básico de Salubridad del Código Técnico de la Edificación.

Del mismo, los materiales y su disposición estarán de acuerdo con lo señalado en el Catálogo de Elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación.

Puesta en obra

En la ejecución de puntos singulares se respetarán las condiciones de disposición de las bandas de refuerzo y terminación, de continuidad y discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

BIBLIOGRAFÍA

-
- Queipo de Llano Moya, J., González Rodrigo, B., Llinares Cervera, M., Villagrà Fernandez, C., Gallego Guinea, V. (2010). Construir con madera. CONFEMADERA.
 - Peraza Sánchez, J. E., Arriaga Martitegui, F., Arriaga Martitegui, C., González Álvarez, M. A., Peraza Sánchez, F., Rodríguez Nevado, M. A. (1995). Casas de madera. AITIM
 - Dutta, D., Wardenier, J., Yeomans, N., Sakae, K., Bucak, O., Packer, J.A. (1998). Guía de diseño para la fabricación, ensamble y montaje de estructuras de perfiles tubulares. <https://herreriabalconeriaysoldadura.com/>
 - Peraza, J.E. (2008) Productos de madera para la arquitectura. AITIM.
 - Inat Trigueros, S., Hormias Laperal, E. (2011). Sistema de plataforma con entramado ligero de madera, puesta en obra y aceptación en España (Trabajo fin de master, master en edificación). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
 - Bosch Canals, X., Casquero Modrego, N. (2011). Estudio de nudos rígidos en estructuras de madera laminada (proyecto final de grado, Ingeniería de la edificación). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
 - Fajardo Zehni, S., Gonzalez Bravo, R. (2020) Cuando la madera toca el suelo, la transición en el apoyo de pilares (Trabajo fin de Grado). Escuela técnica superior de arquitectura de Madrid.
 - Pedreño Manresa, A., Molina García, A. (2011) Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción (Trabajo fin de master, Master en energías renovables). Universidad Politécnica de Cartagena.
 - Grupo de investigación en estructuras y tecnología de la madera. Apuntes de construcción en madera. Universidad de Valladolid.
 - Gutierrez Oliva, A. La madera en la construcción. Informes de la construcción. Revistas CSIC Vol. 36, nº 358, marzo, 1984.
 - Giscosa S.L. (2004) Documento de idoneidad técnica sistema de impermeabilización con láminas de E.P.D.M. Giscolene 120. www.giscosa.com
 - Grupo Pages. Barcelona. Estructuras y casas prefabricadas Entramado ligero de madera. www.grupo-pages.com
 - Grupo Condesa. Tubo estructural. www.condesa.com
 - Hiasa Grupo Gonvarri. Perfiles cerrados, tubos redondos. www.hiasa.es
 - HSI Heco Schrauben Iberica. Catálogo de herrajes. www.hecohsi.com
 - INDEX. A Perfect Fixing. (2021). Ficha técnica de conectores de madera. www.indexfix.com

-
- Reyna. Ficha técnica tablero contrachapado. www.reyna.es
 - Roof Eco Smart System. (2018) Catálogo, ficha técnica y manual de instalación Sistema de Tejado Modular Roofeco Smart System. www.roofecosystem.com/
 - Rodel Zelt-Und Veranstaltungsservice GMBH. Mobile space solutions. www.r-zs.com
 - IDAT, Ingeniería y Desarrollos de Alta Tecnología. Sistemas de campamento y hospitales de campaña. www.idat.es
 - Ubuild. (2021) Ubuild sistema constructivo. www.ubuild.es
 - CTE Documento Básico SE-M. Seguridad estructural Madera. Mº de Fomento. Madrid. Diciembre de 2019.
 - CTE Documento Básico SE-AE. Seguridad estructural Acciones en la edificación. Mº de Fomento. Madrid. Abril de 2009.
 - CTE Documento Básico SE-SI. Seguridad en Caso de incendio. Mº de Fomento. Madrid. Diciembre de 2019.
 - CTE Documento Básico DB-HE. Documento básico ahorro de energía. Mº de Fomento. Madrid. Diciembre de 2019.
 - CTE Documento Básico DB-SUA. Documento básico de seguridad de utilización y accesibilidad. Mº de Fomento. Madrid. Diciembre de 2019.
 - Carracedo de Prado, M.A. (2016) Pliego de Condiciones. [Ampliación de 3 Aulas, Cocina, Comedor y Espacios Complementarios en el CEIP Miguel Delibes. Aldeamayor de San Martín - Valladolid]. Valladolid.
 - (2013) Pliego de condiciones madera aserrada estructural. AITIM.
 - (2020) Pliego de condiciones tableros estructurales de madera. AITIM.
 - (2011) Pliego de condiciones hojas de puerta de madera. AITIM.
 - (2011) Pliego de condiciones unidad hueco puerta madera exterior. AITIM.
 - (2011) Pliego de condiciones revestimientos exteriores de tableros. AITIM.
 - (2011) Pliego de condiciones tableros de partículas aglomerados con cemento. AITIM.
 - (2011) Pliego de condiciones tableros contrachapados. AITIM.
 - (2011) Pliego de condiciones ventanas de madera. AITIM.

**ANEXO I.
CÁLCULOS
ESTRUCTURALES**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ESFUERZOS	2
2.1. PÓRTICO CENTRAL.....	2
2.2. PÓRTICO HASTIAL	5
2.3. ENTRAMADO PANEL FACHADA	9
2.4. VIGUETAS CUBIERTA.....	12
2.5. VIGUETAS FORJADO.....	14
2.6. VIGAS FORJADO	16
3. COMPROBACIONES DE CYPE	19
3.1. VIGA.....	19
3.2. PILAR HASTIAL	34
3.3. PERFIL TUBULAR	53
3.4. MONTANTE PANEL FACHADA.....	66
3.5. VIGUETA CUBIERTA	75
3.6. VIGUETA FORJADO	81
3.7. VIGA FORJADO.....	84

1. INTRODUCCIÓN

En este primer anexo se complementa la información de cálculo estructural presentada en la memoria, añadiendo algunos gráficos de esfuerzos y comprobaciones realizadas con el programa CYPE 3D, para los distintos modelos creados.

2. ESFUERZOS

A continuación, se presentan los diagramas de esfuerzos de los elementos más significativos calculados en CYPE, asimismo, se añaden los diagramas de deformaciones y de tensión/aprovechamiento de las piezas.

En varios diagramas no se representan los valores de algunas piezas ya que se consideran de menor relevancia o repetitivos e interfieren en la correcta visualización de otros valores. También se aplican factores de ampliación y reducción a los diagramas para una mejor visualización y, en ocasiones, se cambia la perspectiva.

2.1. PÓRTICO CENTRAL

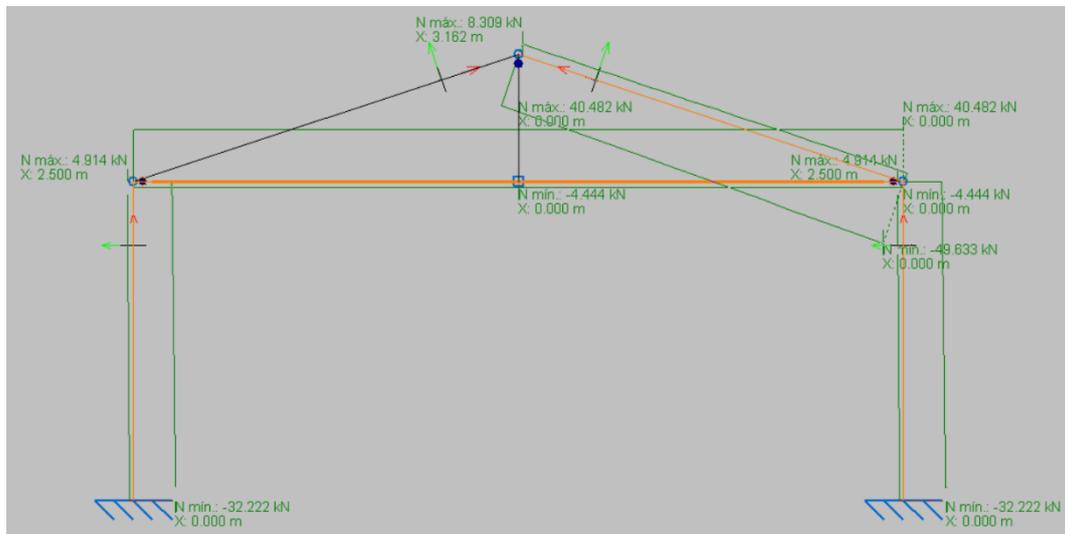


Figura 2.1. Diagrama de axiles (Pórtico central)

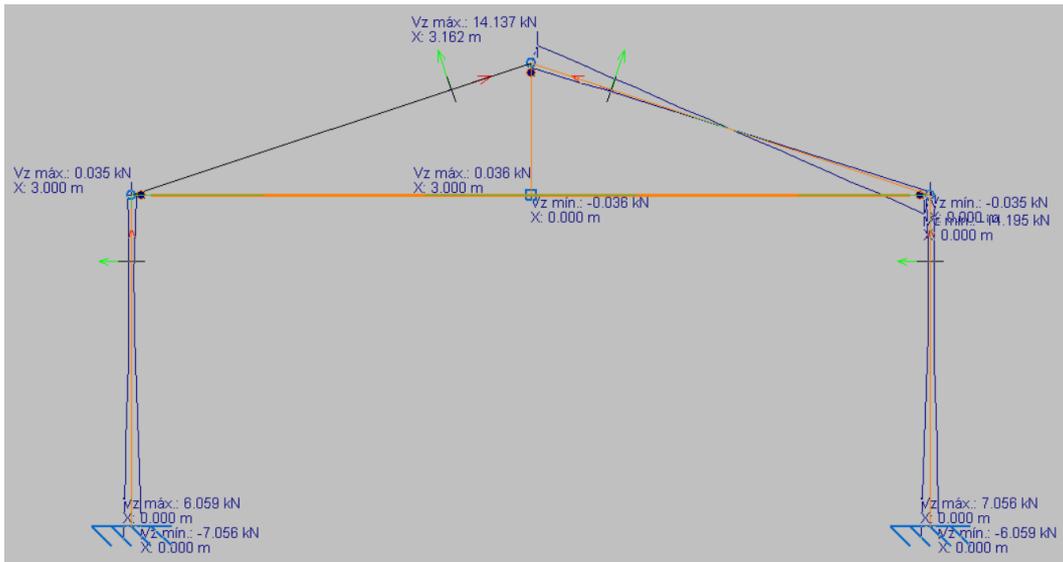


Figura 2.2. Diagrama de cortantes (Pórtico central)

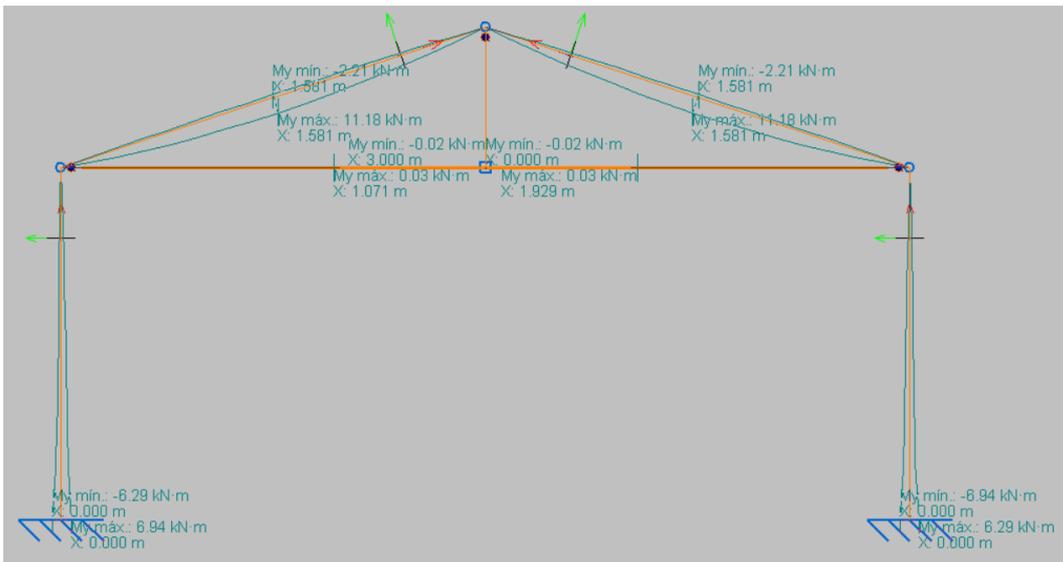


Figura 2.3. Diagrama de momentos (Pórtico central)

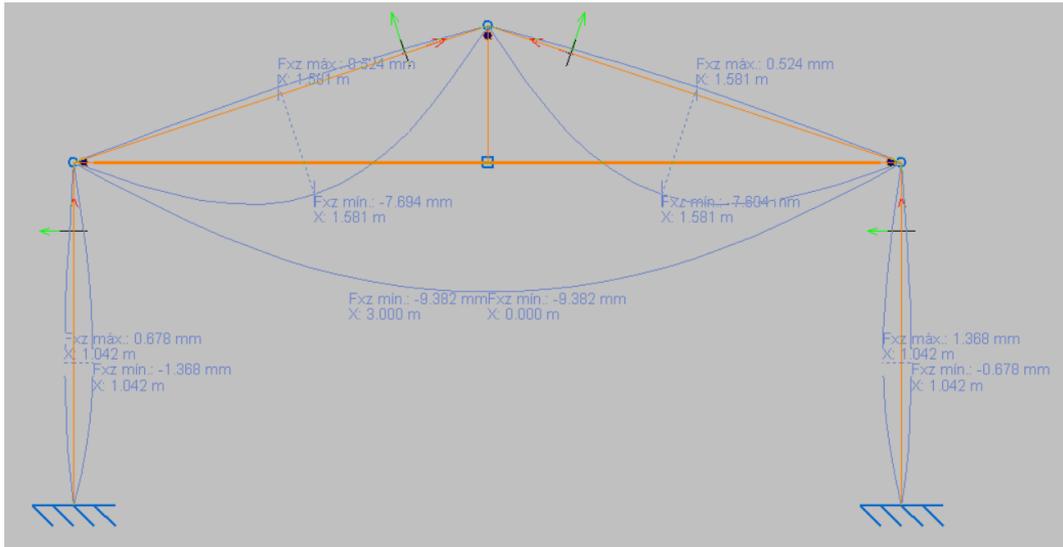


Figura 2.4. Diagrama de deformaciones (Pórtico central)

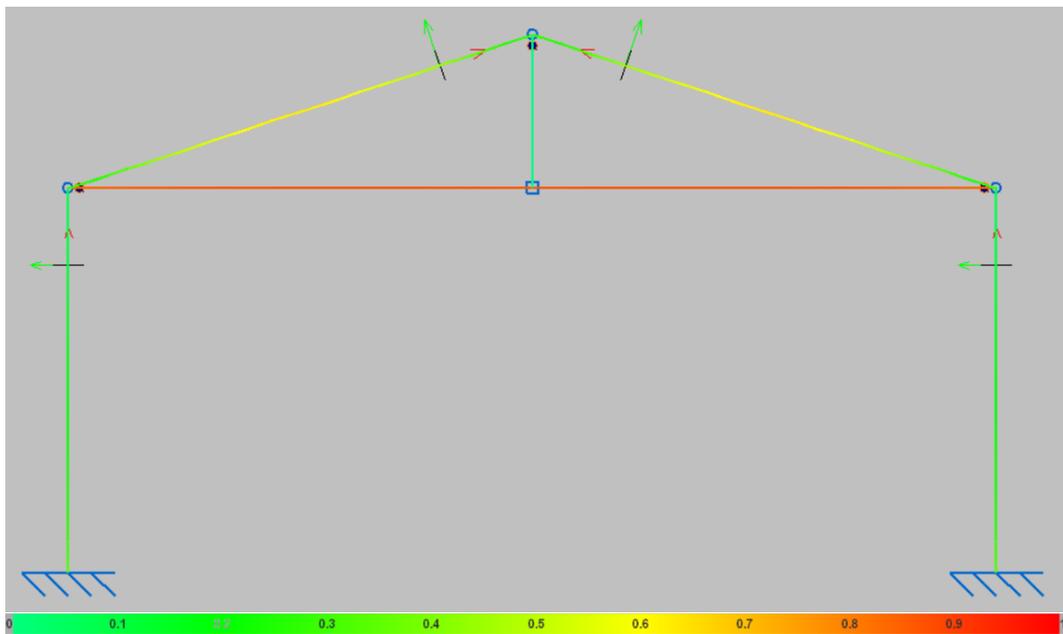


Figura 2.5. Diagrama de tensión/aprovechamiento (Pórtico central)

2.2. PÓRTICO HASTIAL

En este caso, se utiliza una perspectiva diferente para representar el pórtico ya que algunos de los esfuerzos más relevantes se dan en dirección perpendicular al mismo.

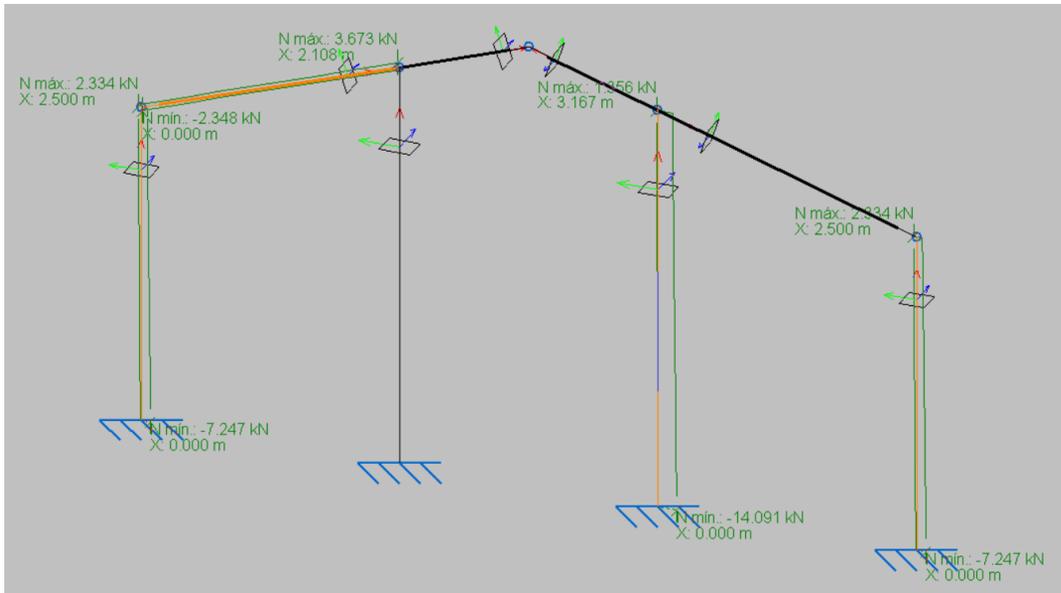


Figura 2.6. Diagrama de axiles (Pórtico hastial)

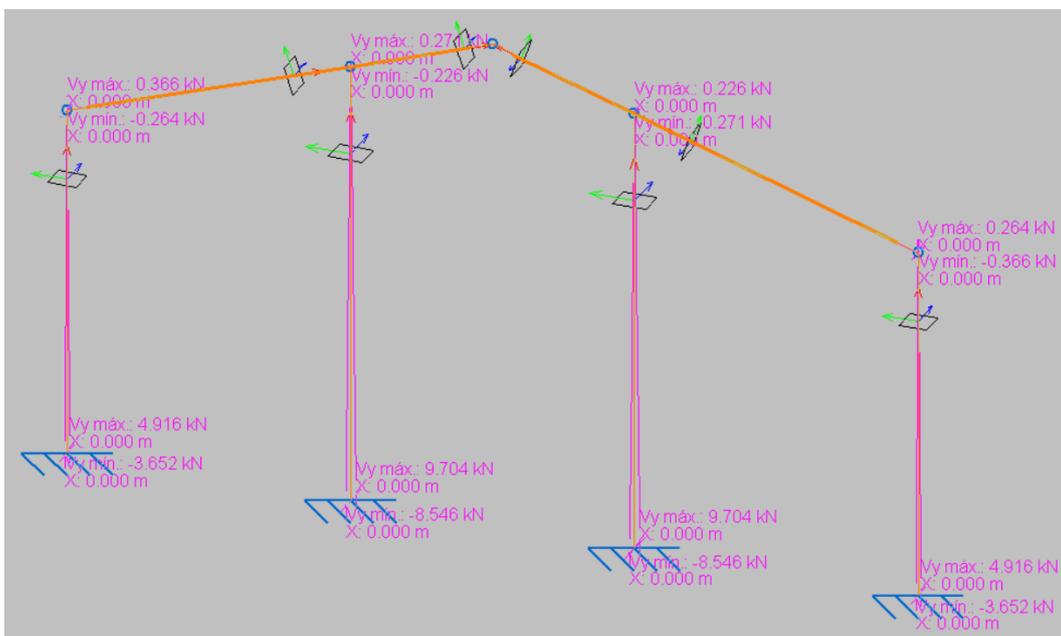


Figura 2.7. Diagrama de cortantes en eje y (Pórtico hastial)

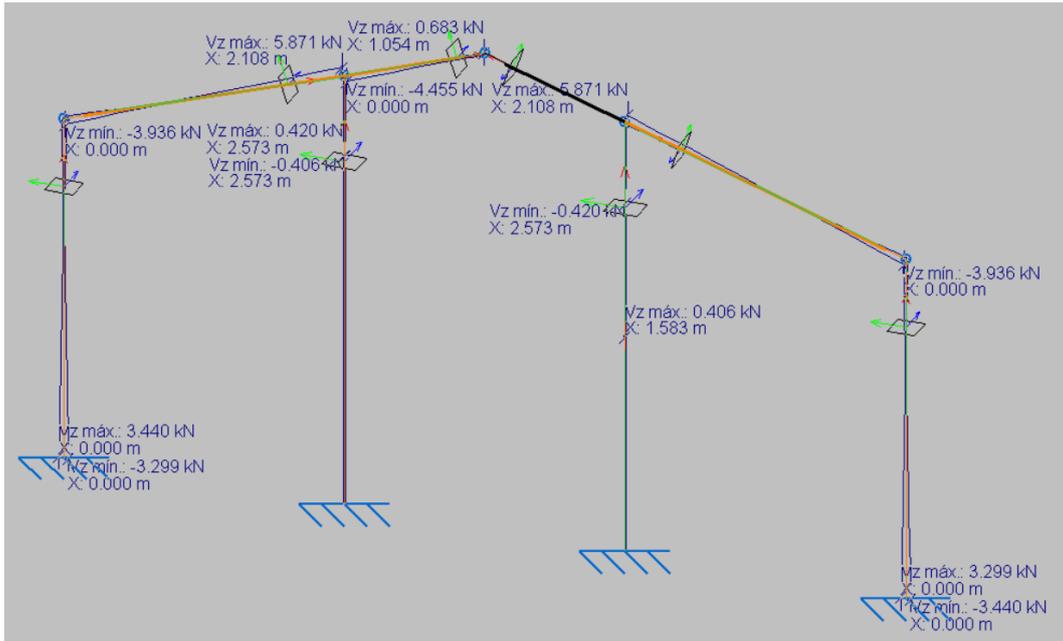


Figura 2.8. Diagrama de cortantes en eje z (Pórtico hastial)

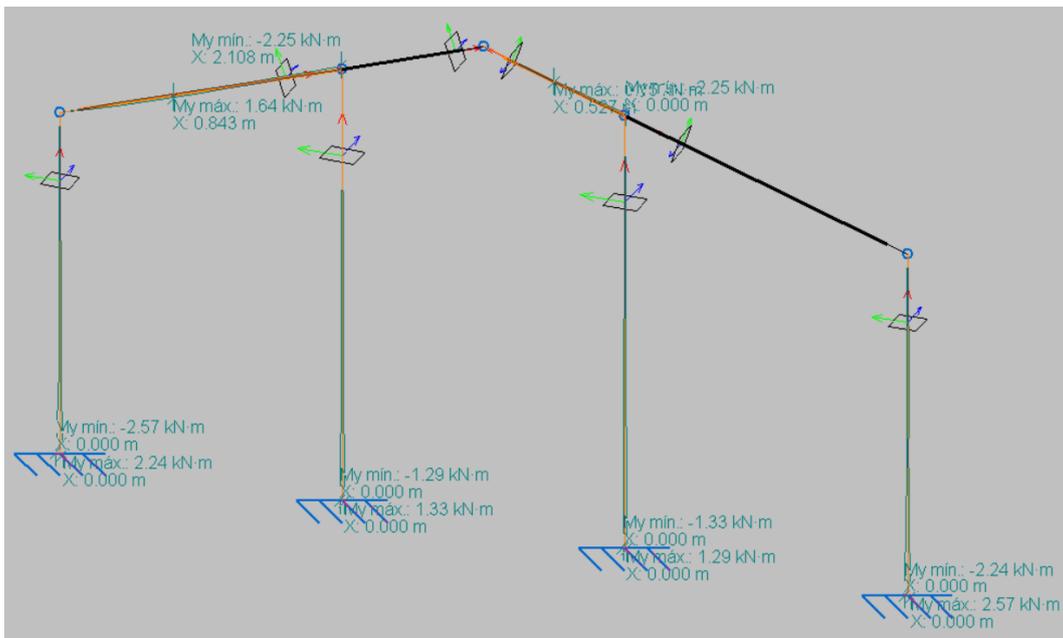


Figura 2.9. Diagrama de momentos en eje y (Pórtico hastial)

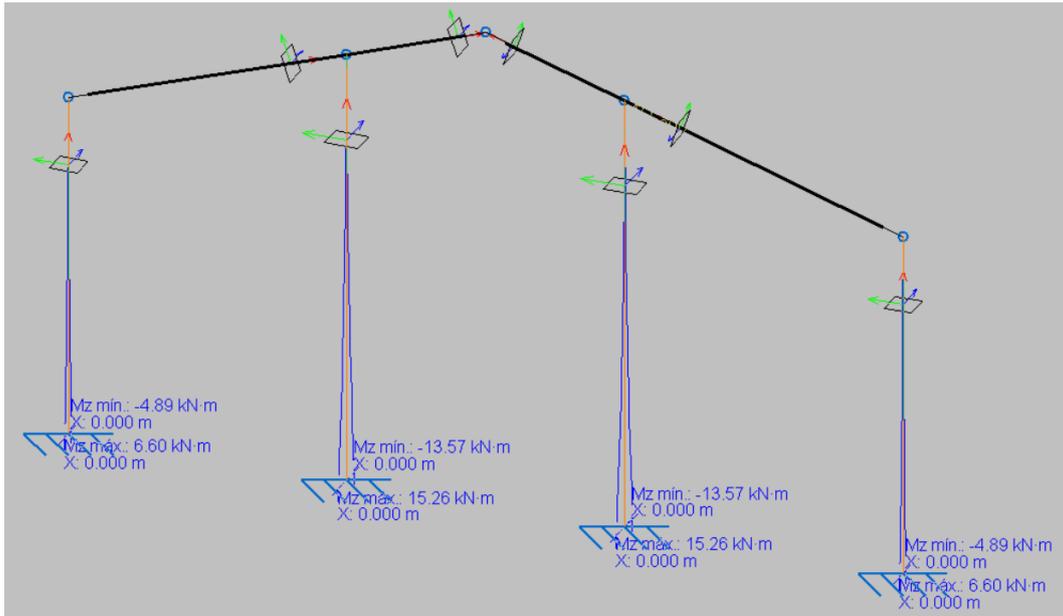


Figura 2.10. Diagrama de momentos en eje z (Pórtico hastial)

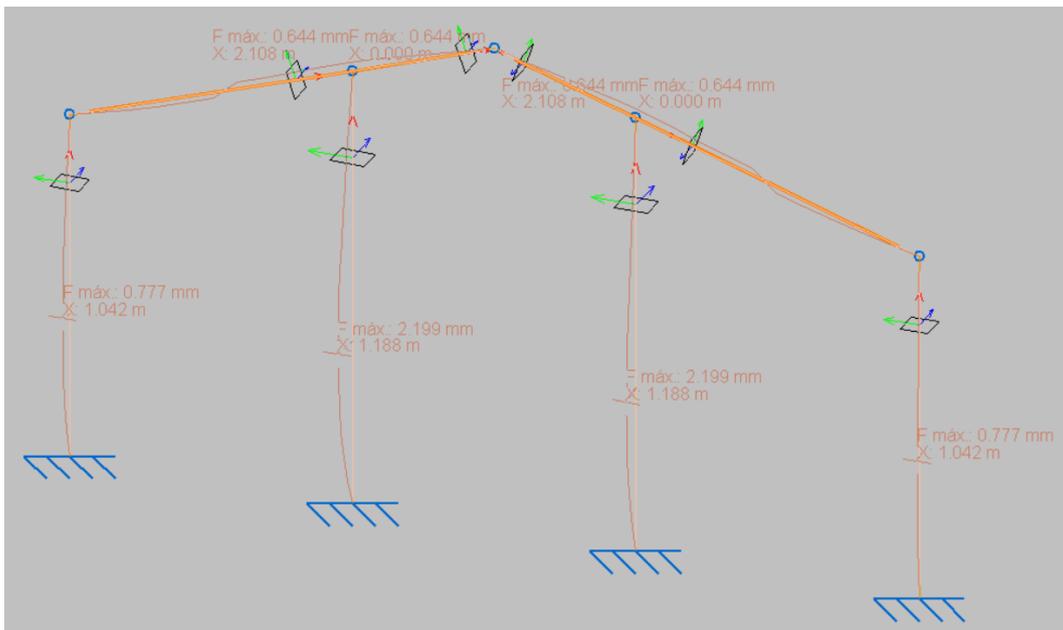


Figura 2.11. Diagrama de deformaciones (Pórtico hastial)

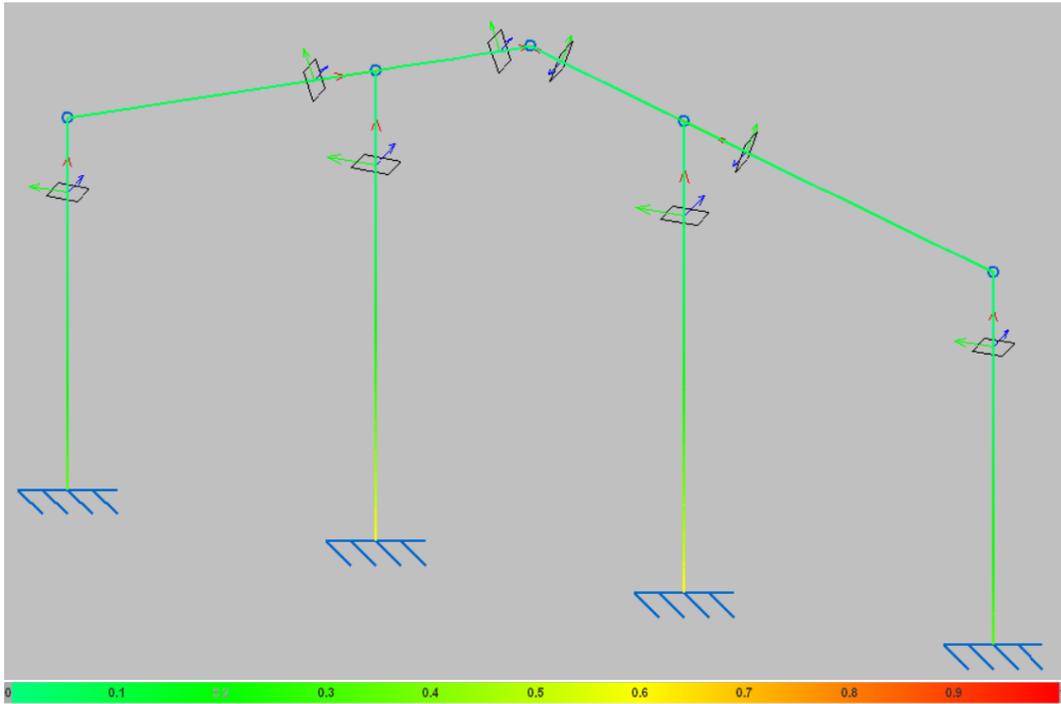


Figura 2.12. Diagrama de tensión/aprovechamiento (Pórtico hastial)

2.3. ENTRAMADO PANEL FACHADA

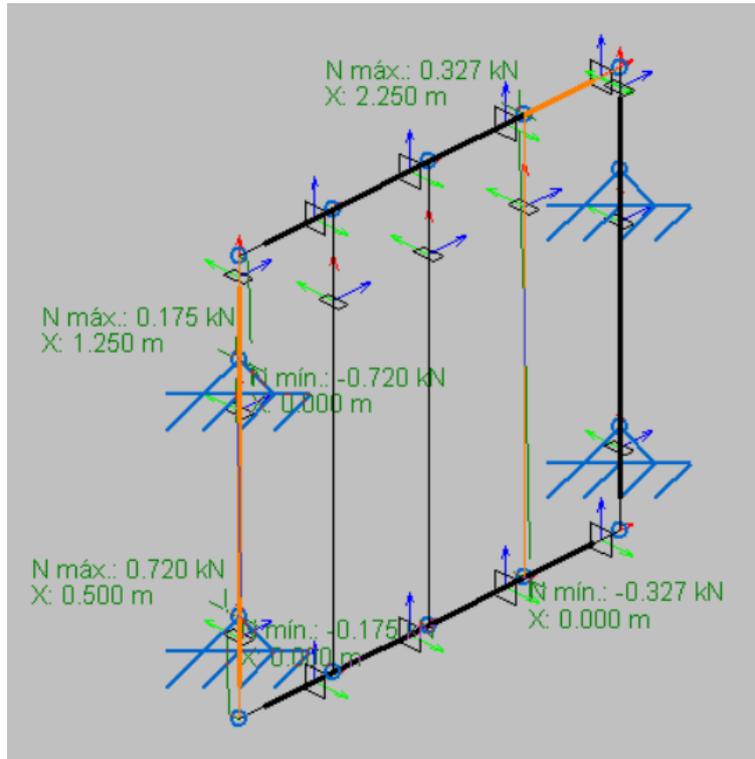


Figura 2.13. Diagrama de axiles (Entramado panel fachada)

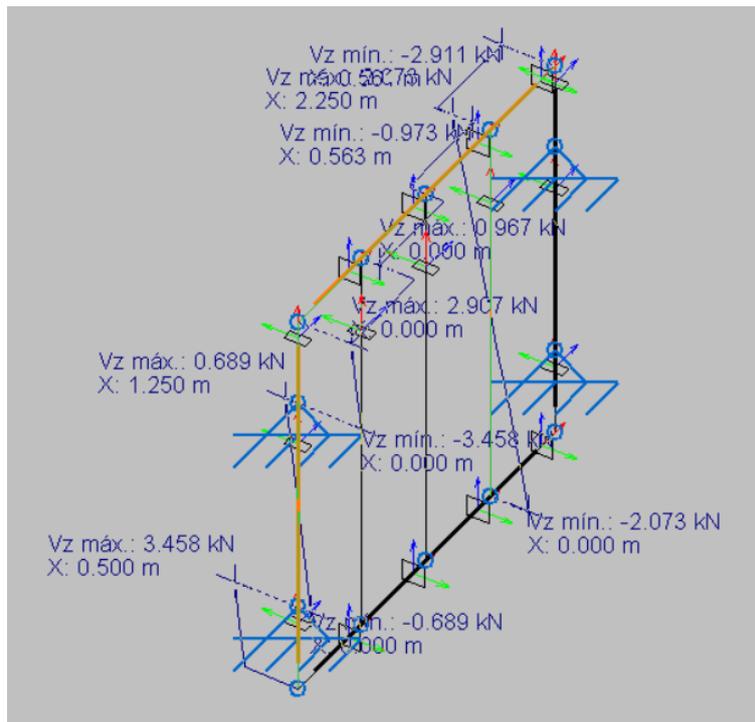


Figura 2.14. Diagrama de cortantes en eje z (Entramado panel fachada)

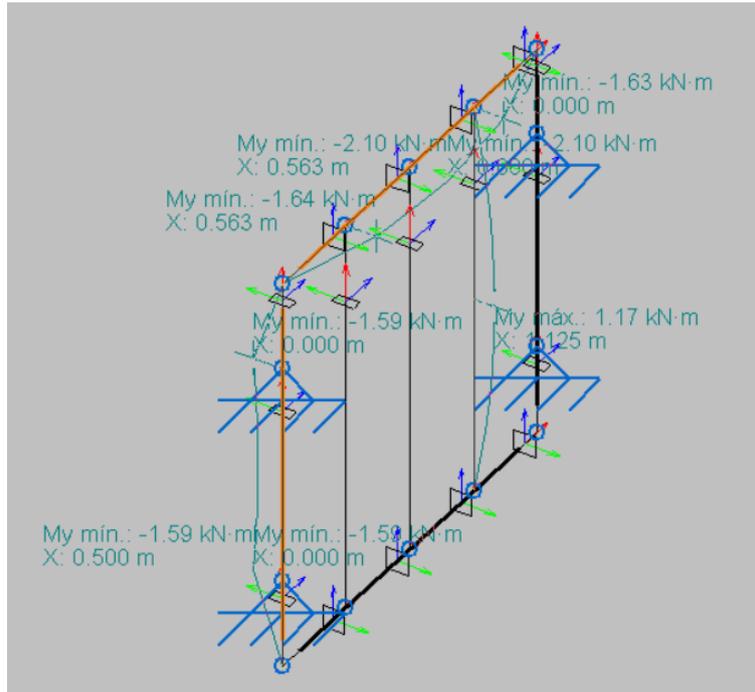


Figura 2.15. Diagrama de momentos en eje y (Entramado panel fachada)

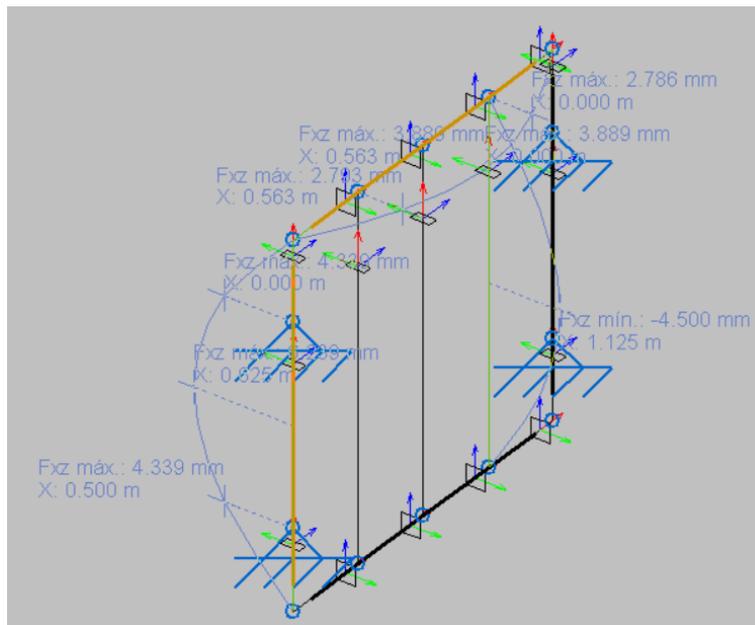


Figura 2.16. Diagrama de deformaciones (Entramado panel fachada)

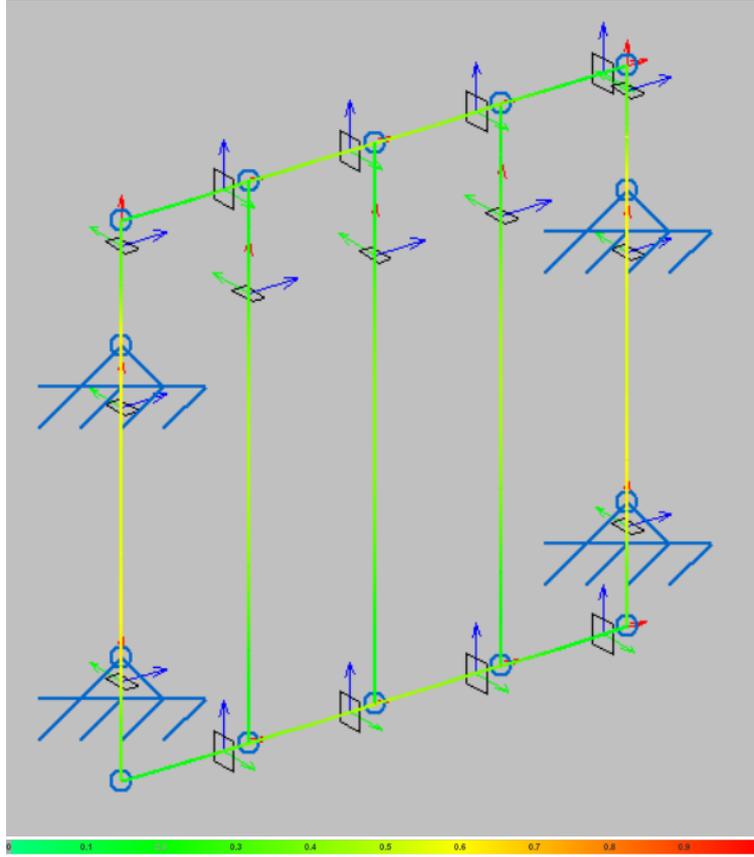


Figura 2.17. Diagrama de tensión/aprovechamiento (Entramado panel fachada)

2.4. VIGUETAS CUBIERTA

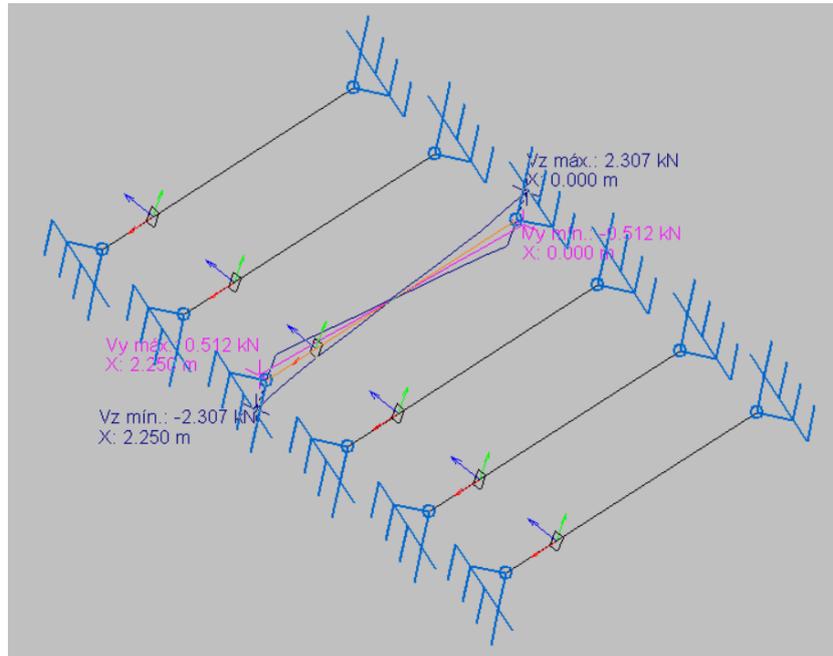


Figura 2.18. Diagrama de cortantes en eje y y z (Viguetas cubierta)

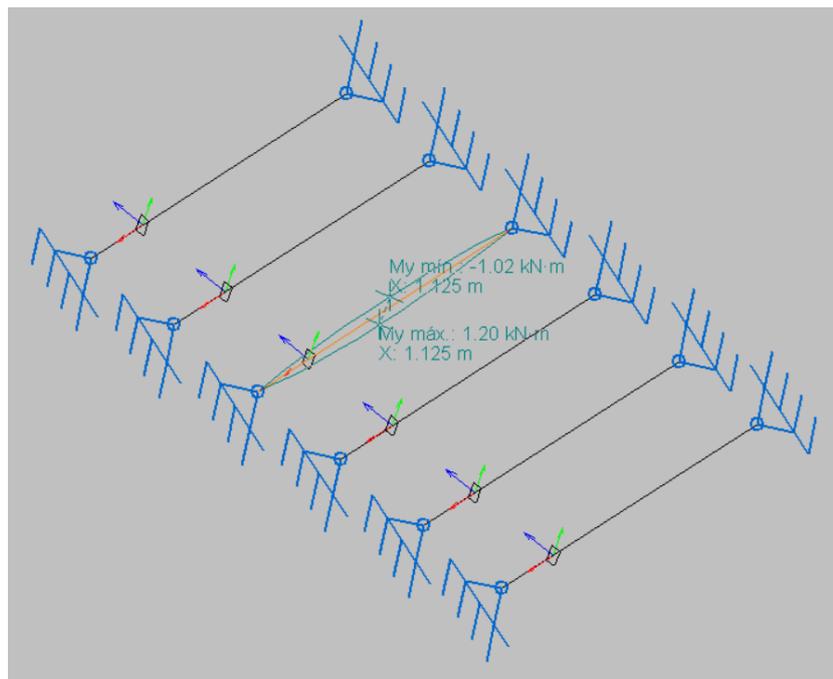


Figura 2.18. Diagrama de momentos en eje y (Viguetas cubierta)

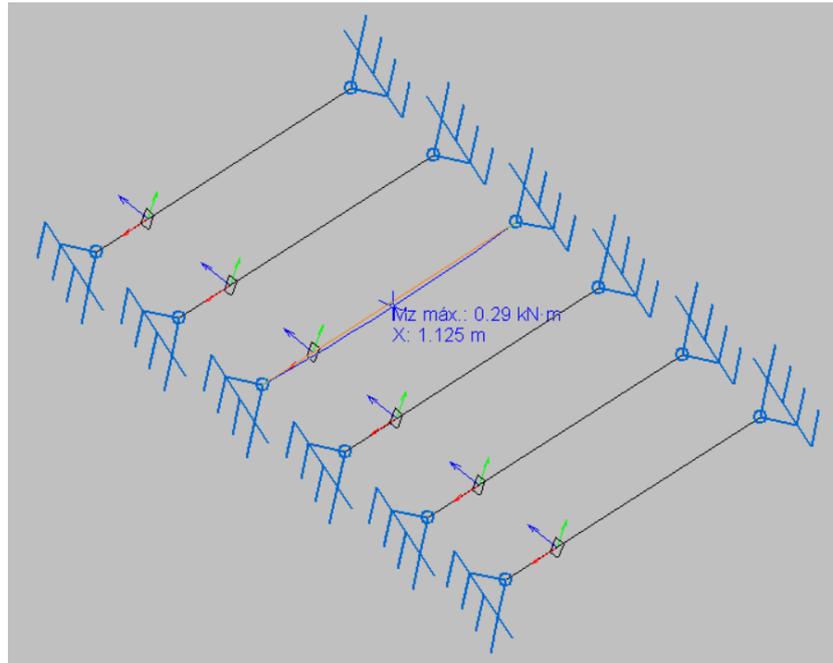


Figura 2.18. Diagrama de momentos en eje z (Viguetas cubierta)

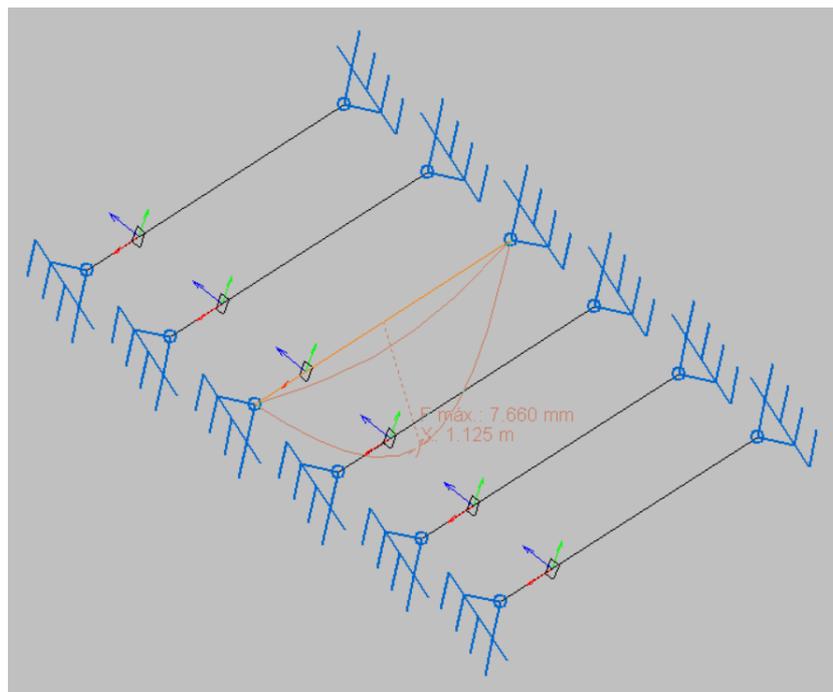


Figura 2.18. Diagrama de deformaciones (Viguetas cubierta)

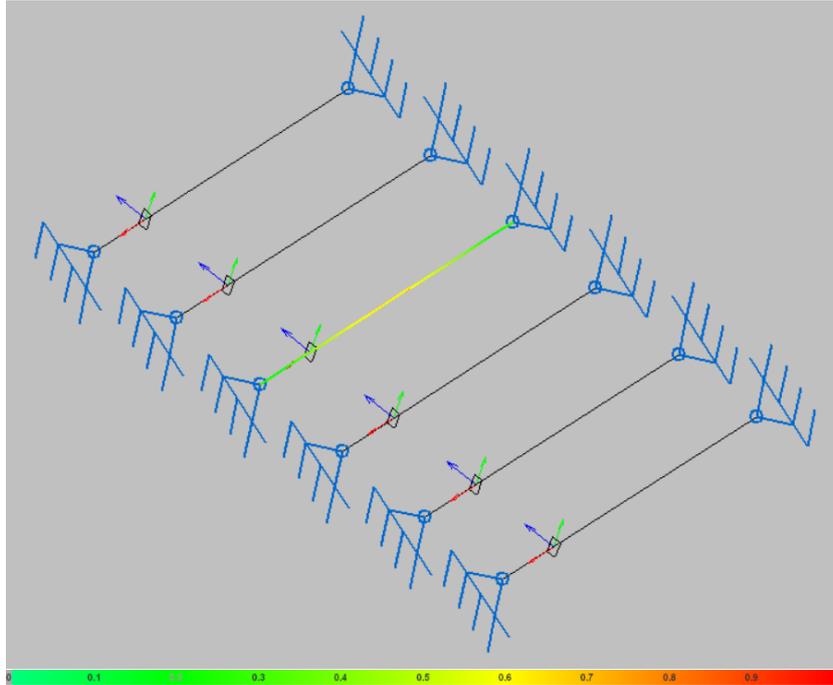


Figura 2.18. Diagrama de tensión aprovechamiento (Viguetas cubierta)

2.5. VIGUETAS FORJADO

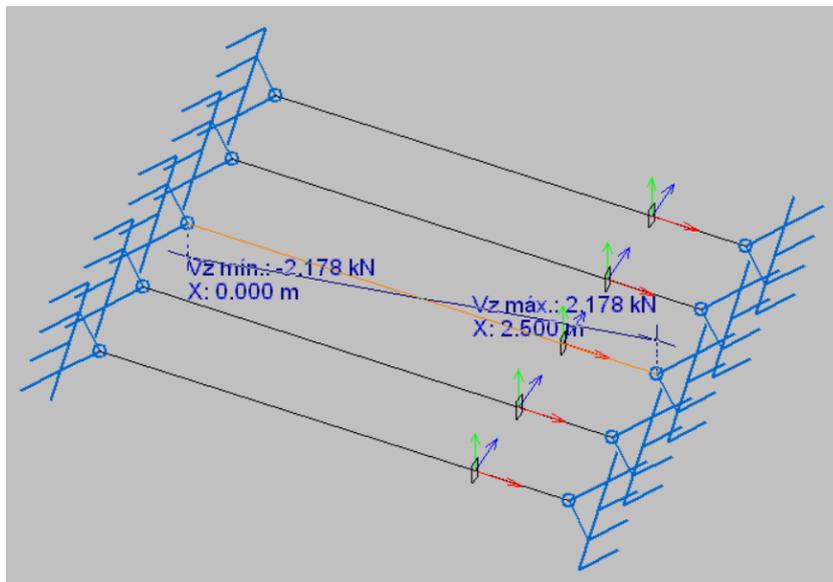


Figura 2.18. Diagrama de cortantes en eje z (Viguetas forjado)

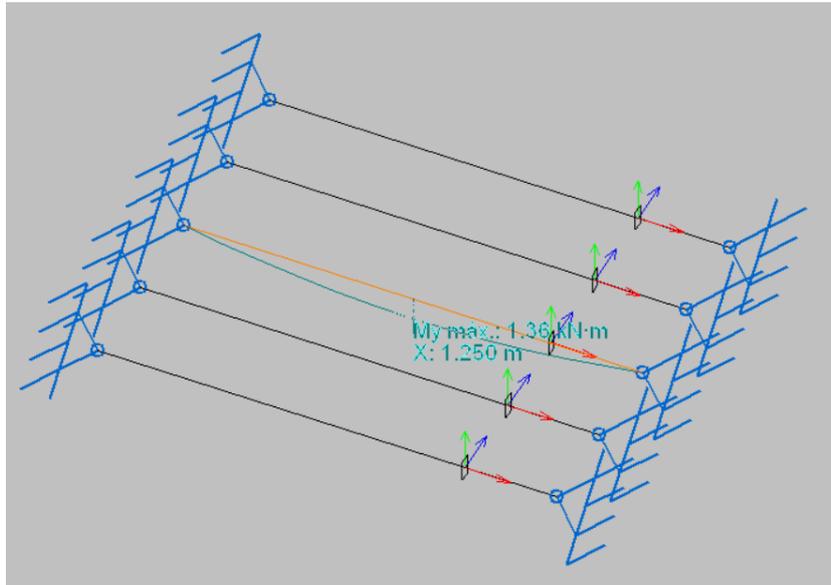


Figura 2.18. Diagrama de momentos en eje y (Viguetas forjado)

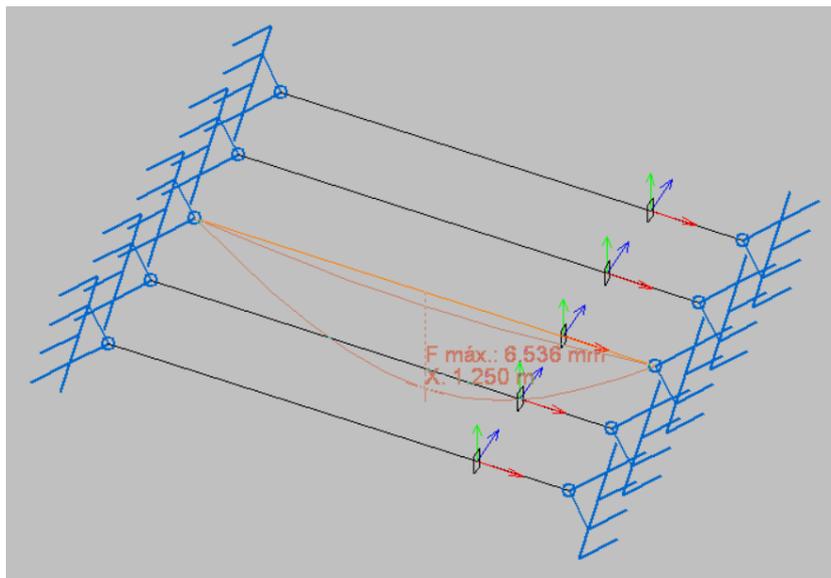


Figura 2.18. Diagrama de deformaciones (Viguetas forjado)

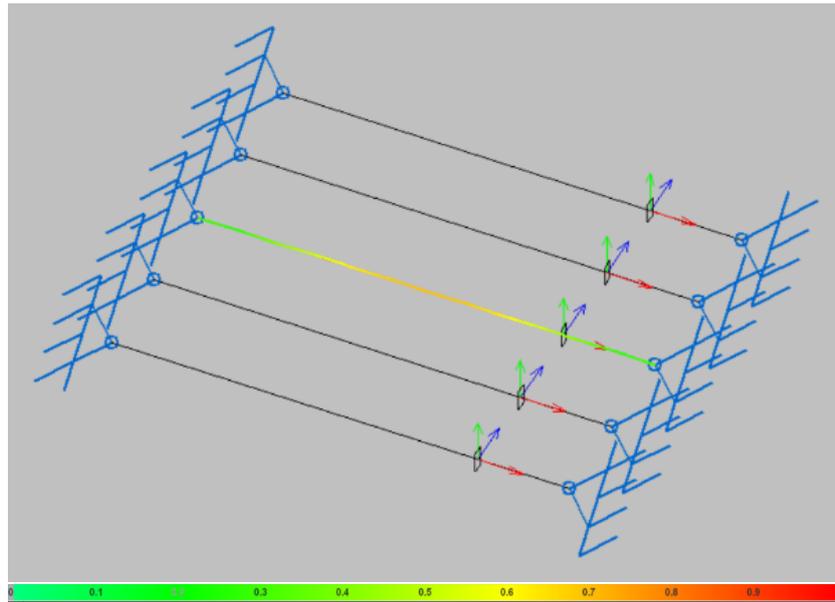


Figura 2.18. Diagrama de tensión/aprovechamiento (Viguetas forjado)

2.6. VIGAS FORJADO

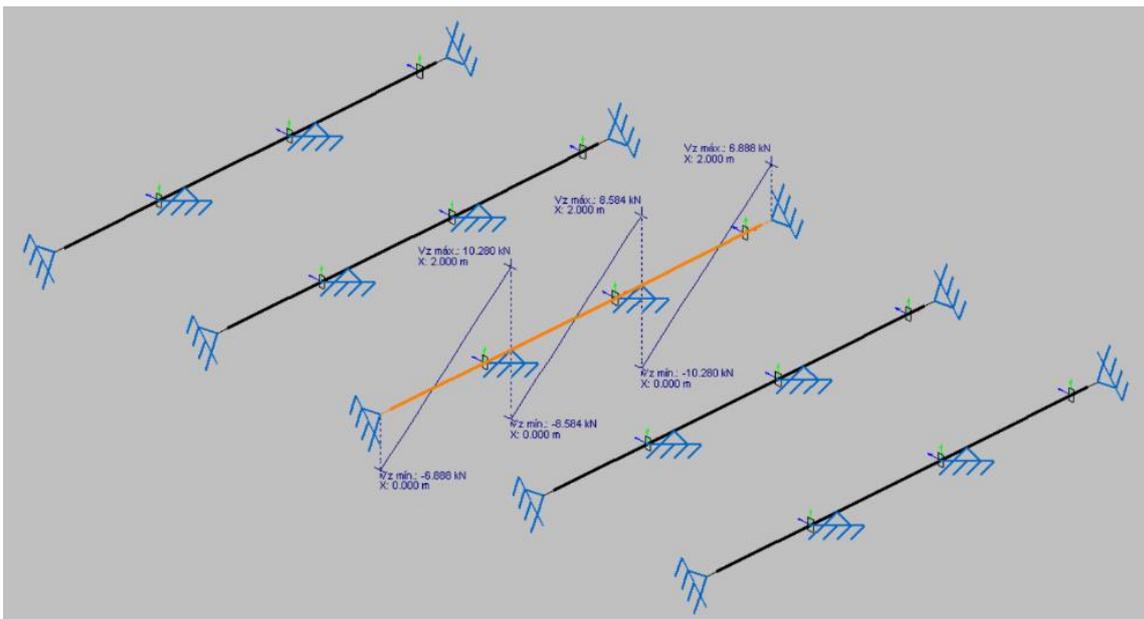


Figura 2.18. Diagrama de cortantes en eje z (Vigas forjado)

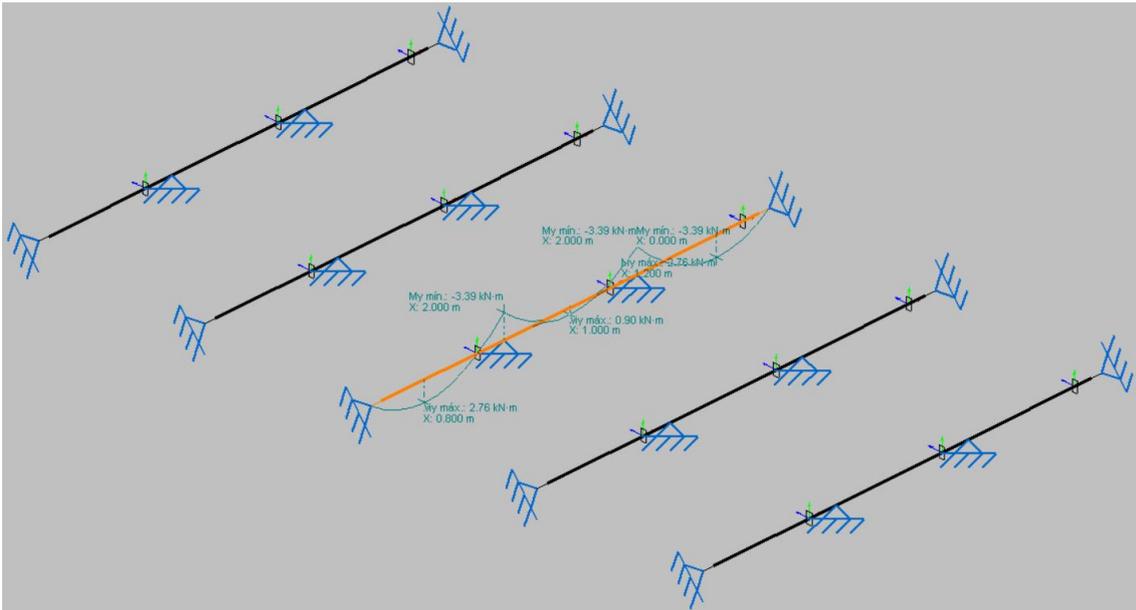


Figura 2.18. Diagrama de momentos en eje y (Vigas forjado)

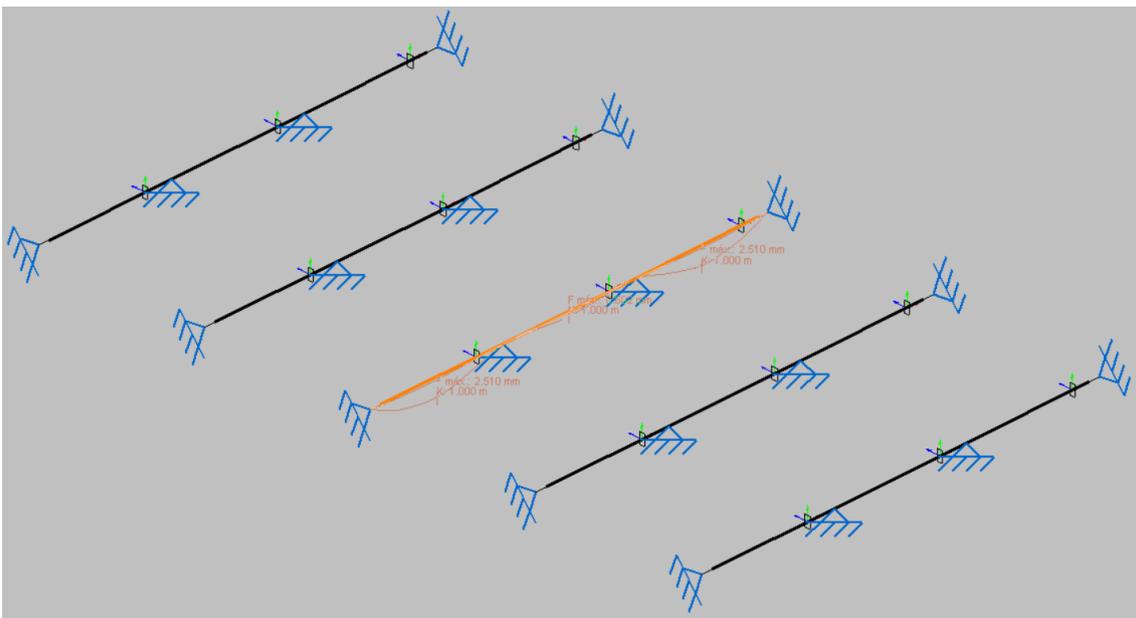


Figura 2.18. Diagrama de deformaciones (Vigas forjado)

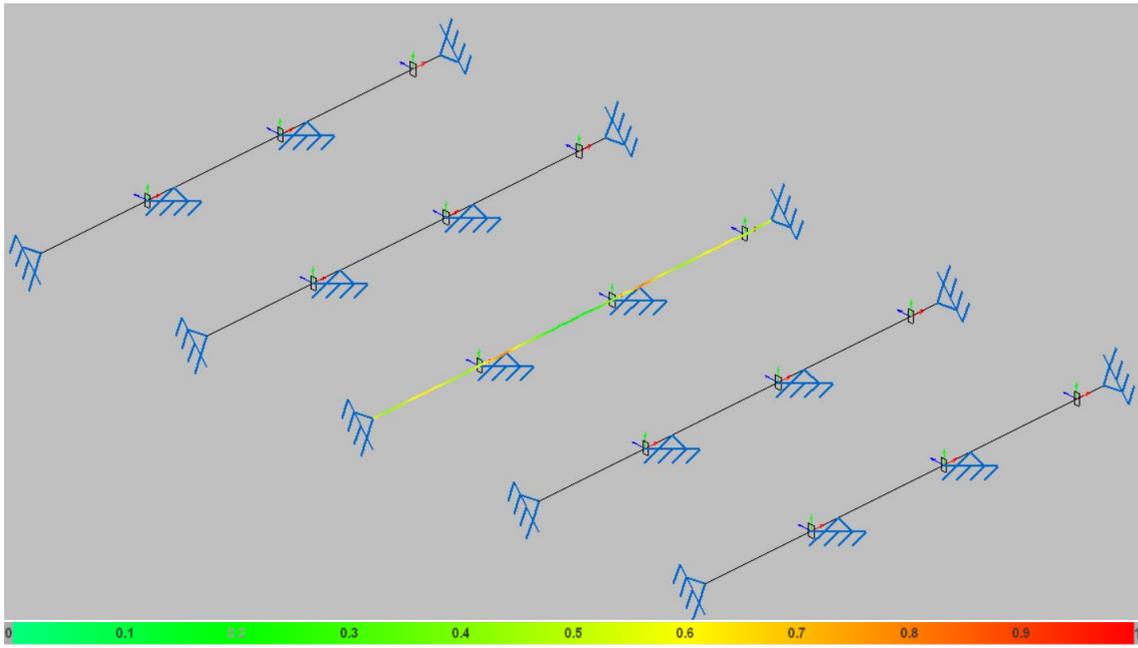
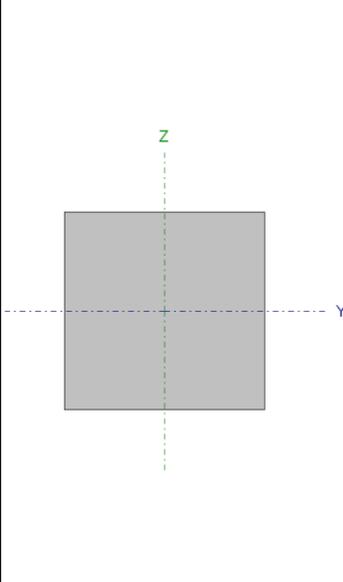


Figura 2.18. Diagrama de tensión/aprovechamiento (Vigas forjado)

3. COMPROBACIONES DE CYPE

Se adjuntan las comprobaciones y cálculos realizados por el programa para algunos de los elementos más solicitados.

3.1. VIGA

Perfil: V-200x200							
Material: Madera (C24)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N12	N15	3.162	400.00	13333.33	13333.33	22400.00
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.19	1.14	0.16	0.47			
L _K	0.600	3.606	0.500	1.500			
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R60							

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$$\sigma_{t,0,d} : \text{Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : \underline{0.21} \text{ MPa}$$

Donde:

$$\mathbf{N}_{t,0,d} : \text{Tracción axial de cálculo paralela a la fibra} \quad \mathbf{N}_{t,0,d} : \underline{8.31} \text{ kN}$$

$$\mathbf{A} : \text{Área de la sección transversal} \quad \mathbf{A} : \underline{400.00} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{f}_{t,0,d} : \text{Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:} \quad \mathbf{f}_{t,0,d} : \underline{9.69} \text{ MPa}$$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

k_h : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{14.00} \text{ MPa}$$

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta : \underline{0.085} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta : \underline{0.132} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{1.24} \text{ MPa}$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{49.63} \text{ kN}$$

A : Área de la sección transversal

$$A : \underline{400.00} \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{14.54} \text{ MPa}$$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{21.00} \text{ MPa}$$

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

χ_c : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y} : \underline{0.65}$$

Donde:

$$k_y : \underline{1.14}$$

Donde:

β_c : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

$\lambda_{rel,y}$: Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{1.06}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{7400.00} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{21.00} \text{ MPa}$$

λ_y : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{62.45}$$

Donde:

$L_{k,y}$: Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{3605.55} \text{ mm}$$

i_y : Radio de giro

$$i_y : \underline{57.74} \text{ mm}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión en el plano xy, ya que el valor de la esbeltez relativa respecto al eje z es inferior a 0.3.

$\lambda_{rel,z}$: Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.18}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{7400.00} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{21.00} \text{ MPa}$$

λ_z : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_z : \underline{10.39}$$

Donde:

$L_{k,z}$: Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,z} : \underline{600.00} \text{ mm}$$

i_z : Radio de giro

$$i_z : \underline{57.74} \text{ mm}$$

Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta : \underline{\quad 0.505 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.581 m del nudo N12, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\quad 8.39 \quad} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\quad 1.66 \quad} \text{ MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{\quad 11.18 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\quad 2.21 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{\quad 1333.33 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{\quad 16.62 \quad} \text{ MPa}$$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{\quad 0.90 \quad}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\quad \text{Corta duración} \quad}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{\quad 2 \quad}$$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{\quad 24.00 \quad} \text{ MPa}$$

k_h : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{\quad 1.00 \quad}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{\quad 1.30 \quad}$$

Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.287} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

τ_{d} : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.79} \text{ MPa}$$

Donde:

V_d : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{14.19} \text{ kN}$$

A : Área de la sección transversal

$$A : \underline{400.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{2.77} \text{ MPa}$$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{4.00} \text{ MPa}$$

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.965 m del nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d} : \underline{0.20}$ MPa

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d} : \underline{8.15}$ kN

A : Área de la sección transversal $A : \underline{400.00}$ cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d} : \underline{-0.30}$ MPa

$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00}$ MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo $M_{y,d} : \underline{-0.39}$ kN·m

$M_{z,d} : \underline{0.00}$ kN·m

W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y} : \underline{1333.33}$ cm³

$W_{el,z} : \underline{1333.33}$ cm³

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d} : \underline{9.69}$ MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

k_h : Factor de altura, dado por:

$k_h : \underline{1.00}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k} : \underline{14.00}$ MPa

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_M : \underline{1.30}$

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d} : \underline{16.62}$ MPa

$f_{m,z,d} : \underline{16.62}$ MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

k_h : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.00}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.581 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+0.9·V(0°)H4+0.75·N(EI).

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta : \underline{0.511} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.359} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta : \underline{0.626} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.432} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados
 No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{1.14} \text{ MPa}$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d} : \underline{45.49} \text{ kN}$

A : Área de la sección transversal $A : \underline{400.00} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d} : \underline{8.39} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo $M_{y,d} : \underline{11.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y} : \underline{1333.33} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{1333.33} \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d} : \underline{14.54} \text{ MPa}$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) $k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k} : \underline{21.00} \text{ MPa}$

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_M : \underline{1.30}$

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d} : \underline{16.62} \text{ MPa}$

$f_{m,z,d} : \underline{16.62} \text{ MPa}$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) $k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

k_h : Factor de altura, dado por: $k_{h,y} : \underline{1.00}$

$k_{h,z} : \underline{1.00}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.30

k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : 0.70

χ_c : Factor de inestabilidad

$\chi_{c,y}$: 0.65

$\chi_{c,z}$: 1.00

Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

η : 0.053 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

η : 0.318 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

η : 0.054 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{1.39}$ MPa

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi} : \underline{11.22}$ kN

A_{fi} : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{81.00}$ cm²

$f_{c,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi} : \underline{26.25}$ MPa

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{21.00}$ MPa

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.25}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$: Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y,fi} : \underline{0.17}$

$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.98}$

Donde:

$k_{y,fi} : \underline{3.47}$

$k_{z,fi} : \underline{0.59}$

Donde:

β_c : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c : \underline{0.20}$

$\lambda_{rel,fi}$: Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y,fi} : \underline{2.35}$

$\lambda_{rel,z,fi} : \underline{0.39}$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k} : \underline{7400.00}$ MPa

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{21.00}$ MPa

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.25}$

λ_{fi} : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_{y,fi} : \underline{138.78}$

$\lambda_{z,fi} : \underline{23.09}$

Donde:

L_k : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y} : \underline{3605.55}$ mm

i_{η} : Radio de giro

$$\begin{aligned}
 L_{k,z} &: \underline{600.00} \text{ mm} \\
 i_{y,fi} &: \underline{25.98} \text{ mm} \\
 i_{z,fi} &: \underline{25.98} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta : \underline{0.663} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.581 m del nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{m,y,d,fi}^+ &: \underline{22.04} \text{ MPa} \\
 \sigma_{m,y,d,fi}^- &: \underline{0.00} \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$$\begin{aligned}
 M_{y,d}^+ &: \underline{2.68} \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 M_{y,d}^- &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{121.50} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{33.23} \text{ MPa}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase⁺ : Corta duración

Clase de servicio

Clase⁻ : Permanente

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$$k_{h,fi} : \underline{1.11}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h_{fi} : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	h_{fi} : <u>90.00</u> mm
$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,fi}$: <u>1.00</u>
k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	k_{fi} : <u>1.25</u>

Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.189} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:	$\tau_{d,fi}$: <u>0.94</u> MPa
--	---

Donde:

V_d : Cortante de cálculo	$V_{z,d}$: <u>3.41</u> kN
A_{fi} : Área de la sección transversal	A_{fi} : <u>81.00</u> cm ²
k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	k_{cr} : <u>0.67</u>
$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$f_{v,d,fi}$: <u>5.00</u> MPa

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod,fi}$: <u>1.00</u>
$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante	$f_{v,k}$: <u>4.00</u> MPa
$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,fi}$: <u>1.00</u>

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.25

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.581 m del nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

η : 0.666 ✓

η : 0.467 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

η : 0.958 ✓

η : 0.514 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{1.28}$ MPa

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi} : \underline{10.41}$ kN

A_{fi} : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{81.00}$ cm²

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{22.04}$ MPa

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00}$ MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{2.68}$ kN·m

$M_{z,d} : \underline{0.00}$ kN·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi} : \underline{121.50}$ cm³

$W_{el,z,fi} : \underline{121.50}$ cm³

$f_{c,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi} : \underline{26.25}$ MPa

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{21.00}$ MPa

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.25}$

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi} : \underline{33.23}$ MPa

$f_{m,z,d,fi} : \underline{33.23}$ MPa

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y,fi} : \underline{1.11}$

$k_{h,z,fi} : \underline{1.11}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h_{fi} : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_{fi} : \underline{90.00}$ mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas
rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h_{fi} : Canto en flexión o mayor dimensión de la
sección en tracción

$$h_{fi} : \underline{90.00} \text{ mm}$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la
madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de
tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del
material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_{c,fi}$: Factor de inestabilidad

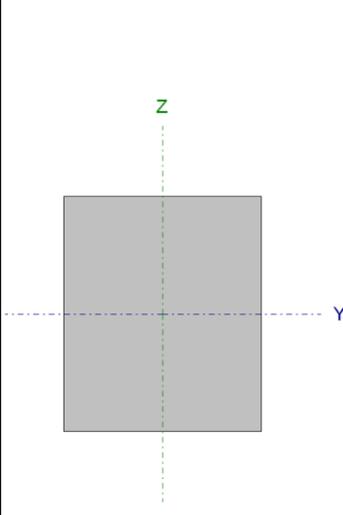
$$\chi_{c,y,fi} : \underline{0.17}$$

$$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.98}$$

Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-M:
6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo
cortante.

3.2. PILAR HASTIAL

Perfil: V-240x200								
Material: Madera (C24)								
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
	N26	N27	3.167	480.00	23040.00	16000.00	31641.60	
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70		0.70	0.00	0.00		
	L _K	2.217		2.217	0.000	0.000		
	C ₁			-	1.000			
	Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio								
Resistencia requerida: R60								

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

$$\sigma_{t,0,d} : \text{Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

Donde:

$$\mathbf{N}_{t,0,d} : \text{Tracción axial de cálculo paralela a la fibra} \quad \mathbf{N}_{t,0,d} : \underline{1.02} \text{ kN}$$

$$\mathbf{A} : \text{Área de la sección transversal} \quad \mathbf{A} : \underline{480.00} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{f}_{t,0,d} : \text{Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:} \quad \mathbf{f}_{t,0,d} : \underline{9.69} \text{ MPa}$$

Donde:

$$\mathbf{k}_{mod} : \text{Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)} \quad \mathbf{k}_{mod} : \underline{0.90}$$

$$\mathbf{k}_h : \text{Factor de altura, dado por:} \quad \mathbf{k}_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: 14.00 MPa
 γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.30

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

η : 0.021 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

η : 0.022 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

η : 0.023 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+0.75·N(EI).

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: 0.27 MPa

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: 13.00 kN

A : Área de la sección transversal A : 480.00 cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: 12.92 MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : 0.80

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: 21.00 MPa

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.30

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

χ_c : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y} : \underline{0.94}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.90}$$

Donde:

$$k_y : \underline{0.67}$$

$$k_z : \underline{0.75}$$

Donde:

β_c : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

λ_{rel} : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.54}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.65}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{7400.00} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{21.00} \text{ MPa}$$

λ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{31.99}$$

$$\lambda_z : \underline{38.39}$$

Donde:

L_k : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{2216.67} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{2216.67} \text{ mm}$$

i : Radio de giro

$$i_y : \underline{69.28} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{57.74} \text{ mm}$$

Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta : \underline{0.042} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

 σ_{m,y,d^+} : 0.67 MPa

 σ_{m,y,d^-} : 0.69 MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

 M_{y,d^+} : 1.29 kN·m

 M_{y,d^-} : 1.33 kN·m

W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal

 $W_{el,y}$: 1920.00 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

 $f_{m,y,d}$: 16.62 MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

 k_{mod} : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

 $Clase$: Corta duración

Clase de servicio

 $Clase$: 2

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

 $f_{m,k}$: 24.00 MPa

k_h : Factor de altura, dado por:

 k_h : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

 γ_M : 1.30

Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

η : 0.574 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

 σ_{m,z,d^+} : 8.48 MPa

 σ_{m,z,d^-} : 9.54 MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo	$M_{z,d}^+$: <u>13.57</u> kN·m
	$M_{z,d}^-$: <u>15.26</u> kN·m
W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,z}$: <u>1600.00</u> cm ³
$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,z,d}$: <u>16.62</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	k_{mod} : <u>0.90</u>
Donde:	
Clase de duración de la carga	Clase : <u>Corta duración</u>
Clase de servicio	Clase : <u>2</u>
$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$: <u>24.00</u> MPa
k_h : Factor de altura, dado por:	k_h : <u>1.00</u>
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:	
γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material	γ_M : <u>1.30</u>

Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.163} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

Donde:

τ_d : Tensión de cálculo a cortante, dada por:	$\tau_{y,d}$: <u>0.45</u> MPa
---	--------------------------------

Donde:

V_d : Cortante de cálculo	$V_{y,d}$: <u>9.70</u> kN
A : Área de la sección transversal	A : <u>480.00</u> cm ²
k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	k_{cr} : <u>0.67</u>
$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$f_{v,d}$: <u>2.77</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	k_{mod} : <u>0.90</u>
$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante	$f_{v,k}$: <u>4.00</u> MPa

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.30}$

Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.007}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

Donde:

τ_{d} : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d} : \underline{0.02}$ MPa

Donde:

V_d : Cortante de cálculo

$V_{z,d} : \underline{0.42}$ kN

A : Área de la sección transversal

$A : \underline{480.00}$ cm²

k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr} : \underline{0.67}$

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d} : \underline{2.77}$ MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k} : \underline{4.00}$ MPa

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.30}$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$\eta : \underline{0.437}$ ✓

$$\eta : \underline{0.599} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.59} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{9.54} \text{ MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{1.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{15.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{1920.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1600.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{16.62} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{16.62} \text{ MPa}$$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

k_h : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.00}$$

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta : \underline{0.081} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.129} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.583 m del nudo N26, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d} : \underline{0.00}$ MPa

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d} : \underline{0.09}$ kN

A : Área de la sección transversal $A : \underline{480.00}$ cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d} : \underline{-0.30}$ MPa

$\sigma_{m,z,d} : \underline{2.35}$ MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo $M_{y,d} : \underline{-0.58}$ kN·m

$M_{z,d} : \underline{-3.77}$ kN·m

W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y} : \underline{1920.00}$ cm³

$W_{el,z} : \underline{1600.00}$ cm³

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d} : \underline{9.69}$ MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

k_h : Factor de altura, dado por:

$k_h : \underline{1.00}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k} : \underline{14.00}$ MPa

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_M : \underline{1.30}$

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d} : \underline{16.62}$ MPa

$f_{m,z,d} : \underline{16.62}$ MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa

$f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa

k_h : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y} : \underline{1.00}$

$k_{h,z} : \underline{1.00}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_M : \underline{1.30}$
 k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal $k_m : \underline{0.70}$

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$. Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$\eta : \underline{0.436}$ ✓

$\eta : \underline{0.598}$ ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$\eta : \underline{0.448}$ ✓

$\eta : \underline{0.610}$ ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados
 No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.16}$ MPa

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d} : \underline{7.71}$ kN

A : Área de la sección transversal $A : \underline{480.00}$ cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d} : \underline{0.56}$ MPa

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{9.54} \text{ MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$$M_{v,d} : \underline{1.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{15.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{1920.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1600.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{14.54} \text{ MPa}$$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{21.00} \text{ MPa}$$

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{16.62} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{16.62} \text{ MPa}$$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

k_h : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.00}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

χ_{c} : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.94}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.90}$$

Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta : \underline{0.041} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones PP+0.2·N(EI).

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.43}$ MPa

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d,fi} : \underline{5.09}$ kN

A_{fi} : Área de la sección transversal $A_{fi} : \underline{117.00}$ cm²

$f_{c,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d,fi} : \underline{26.25}$ MPa

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{21.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$: Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y,fi} : \underline{0.69}$$

$$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.40}$$

Donde:

$$k_{y,fi} : \underline{1.07}$$

$$k_{z,fi} : \underline{1.66}$$

Donde:

β_c : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

$\lambda_{rel,fi}$: Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y,fi} : \underline{1.00}$$

$$\lambda_{rel,z,fi} : \underline{1.45}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{7400.00} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{21.00} \text{ MPa}$$

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

λ_{fi} : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_{y,fi} : \underline{59.07}$$

$$\lambda_{z,fi} : \underline{85.32}$$

Donde:

L_k : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{2216.67} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{2216.67} \text{ mm}$$

i_{fi} : Radio de giro

$$i_{y,fi} : \underline{37.53} \text{ mm}$$

$$i_{z,fi} : \underline{25.98} \text{ mm}$$

Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta : \underline{0.057} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,y,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi}^+ : \frac{1.62}{\quad} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi}^- : \frac{1.76}{\quad} \text{ MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \frac{0.41}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \frac{0.45}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \frac{253.50}{\quad} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \frac{30.87}{\quad} \text{ MPa}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \frac{1.00}{\quad}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \frac{\text{Corta duración}}{\quad}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \frac{2}{\quad}$$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \frac{24.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$$k_{h,fi} : \frac{1.03}{\quad}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h_{fi} : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \frac{130.00}{\quad} \text{ mm}$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \frac{1.00}{\quad}$$

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \frac{1.25}{\quad}$$

Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

η : 0.872 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d,fi}^+$: 25.78 MPa
 $\sigma_{m,z,d,fi}^-$: 28.99 MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$: 4.52 kN·m
 $M_{z,d}^-$: 5.09 kN·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z,fi}$: 175.50 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d,fi}$: 33.23 MPa

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga
 Clase de servicio

Clase : Corta duración
Clase : 2

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 24.00 MPa

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$: 1.11

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h_{fi} : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h_{fi} : 90.00 mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.25

Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.124} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d,fi} : \underline{0.62} \text{ MPa}$$

Donde:

V_d : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{3.23} \text{ kN}$$

A_{fi} : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{117.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{5.00} \text{ MPa}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{4.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d,fi} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

Donde:

V_d : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.14} \text{ kN}$$

A_{fi} : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{117.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{5.00} \text{ MPa}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{4.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta : \underline{0.657} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.904} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{1.42} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{28.99} \text{ MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{5.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{253.50} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z,fi} : \underline{175.50} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{30.87} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{33.23} \text{ MPa}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$: <u>24.00</u> MPa
$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:	$k_{h,y,fi}$: <u>1.03</u>
	$k_{h,z,fi}$: <u>1.11</u>
$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,fi}$: <u>1.00</u>
k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	k_{fi} : <u>1.25</u>
k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal	k_m : <u>0.70</u>

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta : \underline{0.657} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.905} \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta : \underline{0.676} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.937} \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.35}$ MPa

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi} : \underline{4.09}$ kN

A_{fi} : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{117.00}$ cm²

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{1.42}$ MPa

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{28.99}$ MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$M_{v,d} : \underline{0.36}$ kN·m

$M_{z,d} : \underline{5.09}$ kN·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi} : \underline{253.50}$ cm³

$W_{el,z,fi} : \underline{175.50}$ cm³

$f_{c,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi} : \underline{26.25}$ MPa

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{21.00}$ MPa

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.25}$

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi} : \underline{30.87}$ MPa

$f_{m,z,d,fi} : \underline{33.23}$ MPa

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y,fi} : \underline{1.03}$

$k_{h,z,fi} : \underline{1.11}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h_{fi} : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_{fi} : \underline{130.00}$ mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h_{fi} : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	h_{fi} : <u>90.00</u> mm
$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,fi}$: <u>1.00</u>
k_{fi} : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	k_{fi} : <u>1.25</u>
k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal	k_m : <u>0.70</u>
$\chi_{c,fi}$: Factor de inestabilidad	$\chi_{c,y,fi}$: <u>0.69</u>
	$\chi_{c,z,fi}$: <u>0.40</u>

Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

3.3. PERFIL TUBULAR

Perfil: $\phi 50 \times 1.2$						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N12	N35	3.000	1.84	5.48	5.48	10.96
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	1.00	1.00	
L _k		3.000	3.000	3.000	3.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						
Situación de incendio						
Resistencia requerida: R 60 Factor de forma: 853.83 m ⁻¹ Temperatura máx. de la barra: 691.5 °C Pintura intumescente: 4.0 mm						

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} : \underline{2.00} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 1.84 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 12.62 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\mathbf{N_{cr,y}} : \underline{12.62} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{12.62} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{14901.70} \text{ kN}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{5.48} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{5.48} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{10.96} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{3.000} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{3.000} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{3.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{2.44} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{1.73} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.73} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.840} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{40.48} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{48.18} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{1.84} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.092} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.471} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{4.44} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{48.18} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{1.84} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{9.43} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{1.84} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.20}$$

$$\chi_z : \underline{0.20}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{2.95}$$

$$\phi_z : \underline{2.95}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{2.00}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{2.00}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.06}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{12.62} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{12.62} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{12.62} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{14901.70} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.042} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.929 m del nudo N12, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{0.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.04 kN

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 17.71 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 1.17 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 1.84 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$0.03 \text{ kN} \leq 8.85 \text{ kN}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N12, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.03 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 17.71 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.883} \checkmark$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.929 m del nudo N12, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\underline{N_{t,Ed} : 40.48 \text{ kN}}$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{M_{y,Ed} : 0.03 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{z,Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\underline{Clase : 1}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a tracción.

$$\underline{N_{pl,Rd} : 48.18 \text{ kN}}$$

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{M_{pl,Rd,y} : 0.75 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{pl,Rd,z} : 0.75 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

M_{ef,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\underline{M_{ef,Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\underline{\sigma_{com,Ed} : 0.00 \text{ MPa}}$$

W_{y,com}: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$\underline{W_{y,com} : 2.86 \text{ cm}^3}$$

A: Área de la sección bruta.

$$\underline{A : 1.84 \text{ cm}^2}$$

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo.

$$\underline{M_{b,Rd,y} : 0.75 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N12, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$0.03 \text{ kN} \leq 8.85 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.03}{1} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{17.71}{1} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.744} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.2·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed} : 9.43$ kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd} : 12.68$ kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra. $A : 1.84$ cm²
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 68.90$ MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\theta} : 68.90$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.00$ MPa

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta} : 0.25$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta} : 1.00$

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.065$ ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.286 m del nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.2·N(EI).

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : 0.01$ kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : 0.00$ kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{0.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{68.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{68.90} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{4.66} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{1.17} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{1.84} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{68.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{68.90} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$0.02 \text{ kN} \leq 2.33 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.2·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 4.66 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.808} \checkmark$$

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.286 m del nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.2·N(EI).

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{9.43} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed^+} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed^+} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{12.68} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{0.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{0.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{y,com} : \underline{2.86} \text{ cm}^3$
A : Área de la sección bruta.	$A : \underline{1.84} \text{ cm}^2$
$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y} : \underline{0.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.2·N(EI).

$$0.02 \text{ kN} \leq 2.33 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{0.02} \text{ kN}$
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{4.66} \text{ kN}$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.4. MONTANTE PANEL FACHADA

Perfil: 120x60 Material: Madera (C24)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N8	N6	1.250	72.00	864.00	216.00	593.57
<i>Notas:</i> (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		1.250	1.250	0.000	0.000	
C ₁		-		1.000		
<i>Notación:</i> β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$$\sigma_{t,0,d} : \text{Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

Donde:

$$N_{t,0,d} : \text{Tracción axial de cálculo paralela a la fibra} \quad N_{t,0,d} : \underline{0.17} \text{ kN}$$

$$A : \text{Área de la sección transversal} \quad A : \underline{72.00} \text{ cm}^2$$

$$f_{t,0,d} : \text{Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:} \quad f_{t,0,d} : \underline{6.76} \text{ MPa}$$

Donde:

$$k_{mod} : \text{Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)} \quad k_{mod} : \underline{0.60}$$

$$k_h : \text{Factor de altura, dado por:} \quad k_h : \underline{1.05}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción **h** : 120.00 mm
f_{t,0,k}: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra **f_{t,0,k}** : 14.00 MPa
γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : 1.30

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

η : 0.003 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

η : 0.003 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

η : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

σ_{c,0,d}: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: **σ_{c,0,d}** : 0.02 MPa

Donde:

N_{c,0,d}: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra **N_{c,0,d}** : 0.17 kN

A: Área de la sección transversal **A** : 72.00 cm²

f_{c,0,d}: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: **f_{c,0,d}** : 9.69 MPa

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : 0.60

f_{c,0,k}: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **f_{c,0,k}** : 21.00 MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : 1.30

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

χ_{c,y}: Factor de inestabilidad, dado por: **χ_{c,y}** : 0.91

χ_{c,z} : 0.53

Donde:

$$k_y : \underline{0.72}$$

$$k_z : \underline{1.34}$$

Donde:

β_c : Factor asociado a la rectitud de las piezas
 λ_{rel} : Esbeltez relativa, dada por:

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.61}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{1.22}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra
 $f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra
 λ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$E_{0,k} : \underline{7400.00} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{21.00} \text{ MPa}$$

$$\lambda_y : \underline{36.08}$$

$$\lambda_z : \underline{72.17}$$

Donde:

L_k : Longitud de pandeo de la barra
 i : Radio de giro

$$L_{k,y} : \underline{1250.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{1250.00} \text{ mm}$$

$$i_y : \underline{34.64} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{17.32} \text{ mm}$$

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta : \underline{0.637} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V2$.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d^+} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d^-} : \underline{11.06} \text{ MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo	M_{y,d^+} : <u>0.00</u> kN·m
	M_{y,d^-} : <u>1.59</u> kN·m
W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y}$: <u>144.00</u> cm ³
$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	f_{m,y,d^+} : <u>11.58</u> MPa
	f_{m,y,d^-} : <u>17.37</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	k_{mod^+} : <u>0.60</u>
	k_{mod^-} : <u>0.90</u>
Donde:	
Clase de duración de la carga	$Clase^+$: <u>Permanente</u>
	$Clase^-$: <u>Corta duración</u>
Clase de servicio	$Clase$: <u>2</u>
$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$: <u>24.00</u> MPa
k_h : Factor de altura, dado por:	k_h : <u>1.05</u>
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:	

Donde:

h : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	h : <u>120.00</u> mm
γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material	γ_M : <u>1.30</u>

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.077} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V2.

Donde:

τ_{d} : Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d} : \underline{0.21}$ MPa

Donde:

V_d : Cortante de cálculo $V_{z,d} : \underline{0.69}$ kN

A : Área de la sección transversal $A : \underline{72.00}$ cm²

k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas $k_{cr} : \underline{0.67}$

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d} : \underline{2.77}$ MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) $k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k} : \underline{4.00}$ MPa

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_M : \underline{1.30}$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.833 m del nudo N8, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d} : \underline{0.00}$ MPa

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d} : \underline{0.03}$ kN

A : Área de la sección transversal

$A : \underline{72.00}$ cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : \underline{-9.37}$ MPa

$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00}$ MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{-1.35}$ kN·m

$M_{z,d} : \underline{0.00}$ kN·m

W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y} : \underline{144.00}$ cm³

$W_{el,z} : \underline{72.00}$ cm³

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d} : \underline{10.13}$ MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

k_h : Factor de altura, dado por:

$k_h : \underline{1.05}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{120.00}$ mm

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k} : \underline{14.00}$ MPa

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.30}$

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d} : \underline{17.37}$ MPa

$f_{m,z,d} : \underline{19.96}$ MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa

k_h : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y} : \underline{1.05}$

$k_{h,z} : \underline{1.20}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{120.00}$ mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{60.00} \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·V2.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta : \underline{0.637} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.446} \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta : \underline{0.638} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.449} \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.02} \text{ MPa}$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{c,0,d}$: <u>0.17</u> kN
A : Área de la sección transversal	A : <u>72.00</u> cm ²
$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,y,d}$: <u>11.06</u> MPa
	$\sigma_{m,z,d}$: <u>0.00</u> MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo	$M_{y,d}$: <u>-1.59</u> kN·m
	$M_{z,d}$: <u>0.00</u> kN·m
W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y}$: <u>144.00</u> cm ³
	$W_{el,z}$: <u>72.00</u> cm ³
$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	$f_{c,0,d}$: <u>14.54</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	k_{mod} : <u>0.90</u>
$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$: <u>21.00</u> MPa
γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material	γ_M : <u>1.30</u>
$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d}$: <u>17.37</u> MPa
	$f_{m,z,d}$: <u>19.96</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	k_{mod} : <u>0.90</u>
$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$: <u>24.00</u> MPa
k_h : Factor de altura, dado por:	$k_{h,y}$: <u>1.05</u>
	$k_{h,z}$: <u>1.20</u>

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	h : <u>120.00</u> mm
---	-----------------------------

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	h : <u>60.00</u> mm
γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material	γ_M : <u>1.30</u>

k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

χ_c : Factor de inestabilidad

$$k_m : 0.70$$

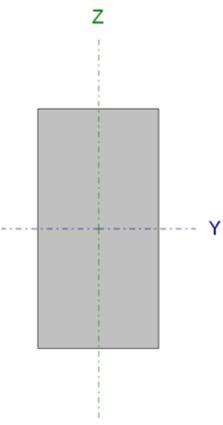
$$\chi_{c,y} : 0.91$$

$$\chi_{c,z} : 0.53$$

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

3.5. VIGUETA CUBIERTA

Perfil: 120x60							
Material: Madera (C24)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N4	N3	2.250	72.00	864.00	216.00	593.57
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K		2.250	2.250	0.000	0.000		
C ₁		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta : \underline{\quad 0.245 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.125 m del nudo N4, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1(\text{Pres.Trans.}) + 0.75 \cdot N1$.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\quad 4.26 \quad} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\quad 4.22 \quad} \text{ MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo	$M_{y,d}$: <u>0.61</u> kN·m
W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y}$: <u>144.00</u> cm ³
$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d}$: <u>17.37</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	k_{mod} : <u>0.90</u>
Donde:	
Clase de duración de la carga	Clase : <u>Corta duración</u>
Clase de servicio	Clase : <u>2</u>
$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$: <u>24.00</u> MPa
k_h : Factor de altura, dado por:	k_h : <u>1.05</u>
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:	

Donde:

h : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	h : <u>120.00</u> mm
γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material	γ_M : <u>1.30</u>

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta : \underline{0.103} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.125 m del nudo N4, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,z,d}^+$: <u>2.05</u> MPa
	$\sigma_{m,z,d}^-$: <u>0.00</u> MPa

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo	M_{z,d^+} : <u>0.15</u> kN·m
	M_{z,d^-} : <u>0.00</u> kN·m
W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,z}$: <u>72.00</u> cm ³
$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	f_{m,z,d^+} : <u>19.96</u> MPa
	f_{m,z,d^-} : <u>13.30</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	k_{mod^+} : <u>0.90</u>
	k_{mod^-} : <u>0.60</u>

Donde:

Clase de duración de la carga	$Clase^+$: <u>Corta duración</u>
	$Clase^-$: <u>Permanente</u>
Clase de servicio	$Clase$: <u>2</u>
$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$: <u>24.00</u> MPa
k_h : Factor de altura, dado por:	k_h : <u>1.20</u>

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

Donde:

h : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	h : <u>60.00</u> mm
γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material	γ_M : <u>1.30</u>

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.030} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

τ_d : Tensión de cálculo a cortante, dada por:	$\tau_{v,d}$: <u>0.08</u> MPa
---	--------------------------------

Donde:

V_d : Cortante de cálculo	$V_{y,d}$: <u>0.26</u> kN
A : Área de la sección transversal	A : <u>72.00</u> cm ²
k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	k_{cr} : <u>0.67</u>
$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$f_{v,d}$: <u>2.77</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : 0.90
 $f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante **$f_{v,k}$** : 4.00 MPa
 γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : 1.30

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.128} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V5$ (Succ.Long.2).

Donde:

τ_{d} : Tensión de cálculo a cortante, dada por: **$\tau_{z,d}$** : 0.35 MPa

Donde:

V_d : Cortante de cálculo **$V_{z,d}$** : 1.14 kN
 A : Área de la sección transversal **A** : 72.00 cm²
 k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas **k_{cr}** : 0.67
 $f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: **$f_{v,d}$** : 2.77 MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : 0.90
 $f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante **$f_{v,k}$** : 4.00 MPa
 γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : 1.30

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta : \underline{0.317} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.274} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.125 m del nudo N4, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1$ (Pres.Trans.) + $0.75 \cdot N1$.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{4.26} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{2.05} \text{ MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{144.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{72.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{17.37} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{19.96} \text{ MPa}$$

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

k_h : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.05}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.20}$$

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

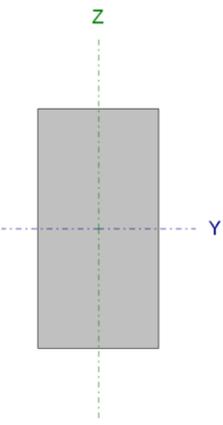
Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

3.6. VIGUETA FORJADO

Perfil: 120x60							
Material: Madera (C24)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N7	N8	2.500	72.00	864.00	216.00	593.57
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00			
L _K	2.500	2.500	0.000	0.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta : \underline{\underline{0.358}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

σ_{m,d}: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\underline{4.84}} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\underline{0.00}} \quad \text{MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo	$M_{y,d}^+$: <u>0.70</u> kN·m
	$M_{y,d}^-$: <u>0.00</u> kN·m
W_{ei} : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y}$: <u>144.00</u> cm ³
$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d}^+$: <u>13.51</u> MPa
	$f_{m,y,d}^-$: <u>11.58</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	k_{mod}^+ : <u>0.70</u>
	k_{mod}^- : <u>0.60</u>
Donde:	
Clase de duración de la carga	Clase⁺ : <u>Larga duración</u>
	Clase⁻ : <u>Permanente</u>
Clase de servicio	Clase : <u>2</u>
$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$: <u>24.00</u> MPa
k_h : Factor de altura, dado por:	k_h : <u>1.05</u>
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:	

Donde:

h : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	h : <u>120.00</u> mm
γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material	γ_M : <u>1.30</u>

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.161} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1$.

Donde:

τ_{d} : Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d} : \underline{0.35}$ MPa

Donde:

V_d : Cortante de cálculo $V_{z,d} : \underline{1.11}$ kN

A : Área de la sección transversal $A : \underline{72.00}$ cm²

k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas $k_{cr} : \underline{0.67}$

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d} : \underline{2.15}$ MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) $k_{mod} : \underline{0.70}$

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k} : \underline{4.00}$ MPa

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_M : \underline{1.30}$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

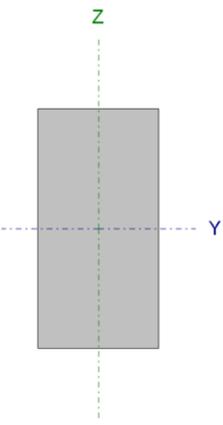
Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

3.7. VIGA FORJADO

Perfil: V-160x80							
Material: Madera (C24)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N5	N13	2.000	128.00	2730.67	682.67	1875.97
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	1.00	1.00	0.00	0.00			
L _K	2.000	2.000	0.000	0.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta : \underline{\underline{0.769}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

σ_{m,d}: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{\underline{0.00}} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{\underline{9.94}} \quad \text{MPa}$$

Donde:

M_d : Momento flector de cálculo	$M_{y,d}^+$: <u>0.00</u> kN·m
	$M_{y,d}^-$: <u>3.39</u> kN·m
W_{ei} : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y}$: <u>341.33</u> cm ³
$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d}^+$: <u>11.08</u> MPa
	$f_{m,y,d}^-$: <u>12.92</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	k_{mod}^+ : <u>0.60</u>
	k_{mod}^- : <u>0.70</u>

Donde:

Clase de duración de la carga	$Clase^+$: <u>Permanente</u>
	$Clase^-$: <u>Larga duración</u>
Clase de servicio	$Clase$: <u>2</u>
$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$: <u>24.00</u> MPa
k_h : Factor de altura, dado por:	k_h : <u>1.00</u>

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material	γ_M : <u>1.30</u>
--	--------------------------

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.835} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1.

Donde:

τ_d : Tensión de cálculo a cortante, dada por:	$\tau_{z,d}$: <u>1.80</u> MPa
---	--------------------------------

Donde:

V_d : Cortante de cálculo	$V_{z,d}$: <u>10.28</u> kN
A : Área de la sección transversal	A : <u>128.00</u> cm ²
k_{cr} : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	k_{cr} : <u>0.67</u>
$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$f_{v,d}$: <u>2.15</u> MPa

Donde:

k_{mod} : Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	k_{mod} : <u>0.70</u>
$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante	$f_{v,k}$: <u>4.00</u> MPa
γ_M : Coeficiente parcial para las propiedades del material	γ_M : <u>1.30</u>

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

ANEXO II.
CÁLCULOS TÉRMICOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. TRANSMITANCIA.....	2
3. HIGROMETRÍA.....	5

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales razones por las que se plantea este proyecto es la mejora de las condiciones de confort de los usuarios en este tipo de estructuras temporales. Dentro de esas mejoras, aumentar el aislamiento del sistema se entiende como punto clave.

Mediante este anexo se pretende realizar un pequeño análisis de las condiciones térmicas de los cerramientos, esto es, calcular la transmitancia que pueden ofrecer y asegurar la no formación de humedades en los mismos.

Para realizar estos análisis, se ha hecho uso de los programas CE3X y DX PIME.

2. TRANSMITANCIA

Tal y como se ha explicado en el apartado 6.3. *Envolvente* de la *Memoria*, el CTE, en su documento DB HE 1, exige unos valores de transmitancia para los cerramientos en función del tipo de cerramiento (fachada, cubierta, hueco...) y la zona climática.

Es necesario recordar que en construcciones como la del presente proyecto, estas condiciones no son de obligado cumplimiento. Sin embargo, se toman como referencia a la hora de establecer la composición de los distintos paneles.

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s , U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la <i>envolvente térmica</i> (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

Tabla 2.1. Valores límite de transmitancia térmica. Fuente: CTE DB HE-1

Como se puede observar en la tabla del CTE, los valores exigidos para fachadas y suelos en contacto con el exterior varían desde 0,8 hasta 0,37 W/m²K y desde 0,55 hasta 0,33 W/m²K en cubiertas.

A continuación, se presenta la composición de cada tipo de panel (cubierta, fachada y forjado) y la transmitancia máxima que se puede conseguir en cada uno de ellos. Los datos de resistencia térmica han sido tomados de los valores proporcionados por el programa CE3X.

Capa (de interior a exterior)	Material	Espesor [mm]	Resistencia térmica [m ² K/W]
Acabado interior	Tablero madera-cemento	10	0,043
Lámina de vapor	LPDE / PVC	0	0
Viguetas	Madera C24	120	3,871
Aislante	Lana mineral		
Panel exterior	Tablero OSB	10	0,077
Transmitancia total [W/m²K]			0,25

Tabla 2.2. Composición y transmitancia del panel de forjado

Capa (de interior a exterior)	Material	Espesor [mm]	Resistencia térmica [m ² K/W]
Acabado interior	Tablero OSB	10	0,077
Lámina de vapor	LPDE / PVC	0	0
Montantes	Madera C24	120	3,871
Aislante	Lana mineral		
Panel exterior	Tablero OSB	10	0,077
Lámina impermeabilizante	EPDM	0	0
Cámara de aire	Madera	20	0,085
Revestimiento exterior	Tablero contrachapado	20	0,154
Transmitancia total [W/m²K]			0,234

Tabla 2.3. Composición y transmitancia del panel de fachada

Capa (de interior a exterior)	Material	Espesor [mm]	Resistencia térmica [m ² K/W]
Acabado interior	Tablero OSB	10	0,077
Lámina de vapor	LPDE / PVC	0	0
Viguetas	Madera C24	120	3,871
Aislante	Lana mineral		
Panel exterior	Tablero OSB	10	0,077
Lámina impermeabilizante	EPDM	0	0
Cámara de aire	Madera	20	0,085
Revestimiento exterior	Teja de plástico	20	0,077
Transmitancia total [W/m²K]			0,24

Tabla 2.4. Composición y transmitancia del panel de cubierta

Como se puede observar en las tablas, la transmitancia obtenida con el máximo espesor de aislante posible (12 cm) es mucho menor a los valores límite establecidos por el CTE, por lo que el sistema puede cumplir con las exigencias en cualquier zona climática. Sin embargo, en función de la zona o simplemente del nivel de aislamiento que el cliente requiera o el fabricante desee ofrecer, este espesor se podría reducir.

Por ejemplo, para cumplir con los valores de Bilbao (zona climática C), sería suficiente con disponer 7 cm de aislante en la cubierta y 6 cm en fachada y forjado.

También sería posible utilizar otro tipo de aislante más económico, aunque no ofrezca una resistencia térmica tan alta, y aún seguiría existiendo margen para cumplir con la normativa.

Aunque se recuerda, de nuevo, que no es necesario llegar a esos valores del DB HE1 en este tipo de estructuras.

Respecto a los huecos, ocurriría lo mismo, se podrían instalar puertas y ventanas (en el caso de que se monte un sistema con paneles que incluyan ventanas) con las condiciones necesarias para cumplir los valores marcados en la tabla 2.1 o se podría optar una solución más económica, en detrimento de un mayor aislamiento.

Tanto elementos ciegos como huecos deberán mantener un equilibrio, esto es, si se decide disponer 12 cm de aislamiento, las ventanas tendrán que proporcionar un aislamiento acorde ya que ambas partes trabajan en conjunto a la hora de conseguir la transmitancia global deseada.

En cualquier caso, el aislamiento logrado con este sistema es mucho mayor al de las alternativas actuales, que en su mayoría instalan un cerramiento que solo actúa como elemento de cubrición y no aporta prácticamente ningún nivel de aislamiento.

3. HIGROMETRÍA

Por último, se realiza un pequeño análisis con el objetivo de determinar si se pueden formar condensaciones en los paneles.

Para realizar el análisis se ha utilizado el programa DX PIME, el cual proporciona unas gráficas con los valores de presión de vapor y saturación. El programa permite establecer la localización y su altura, con los datos correspondientes predeterminados, y proporciona unas gráficas con las presiones mencionadas.

Dichas gráficas se pueden consultar para cualquier época del año. En las siguientes figuras se presentan las gráficas para el mes de enero (el más desfavorable en cuanto a posibles condensaciones) y en el entorno de Bilbao.

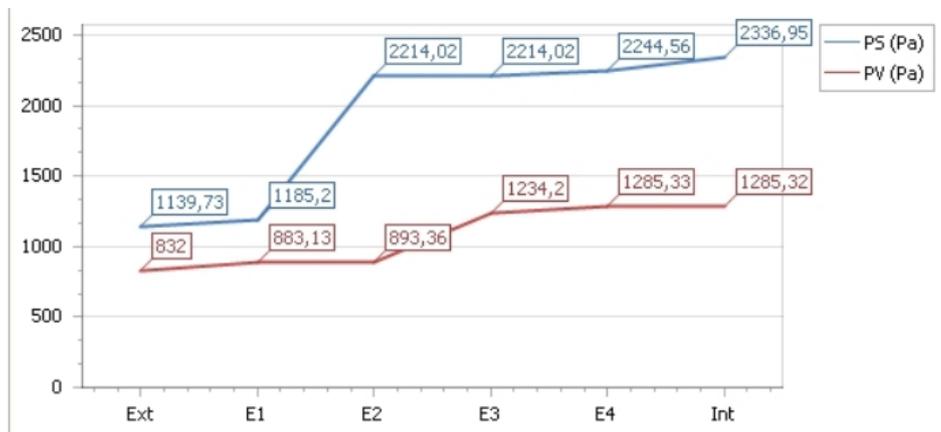


Figura 3.1. Distribución de presiones del panel de forjado en el mes de enero (Bilbao)

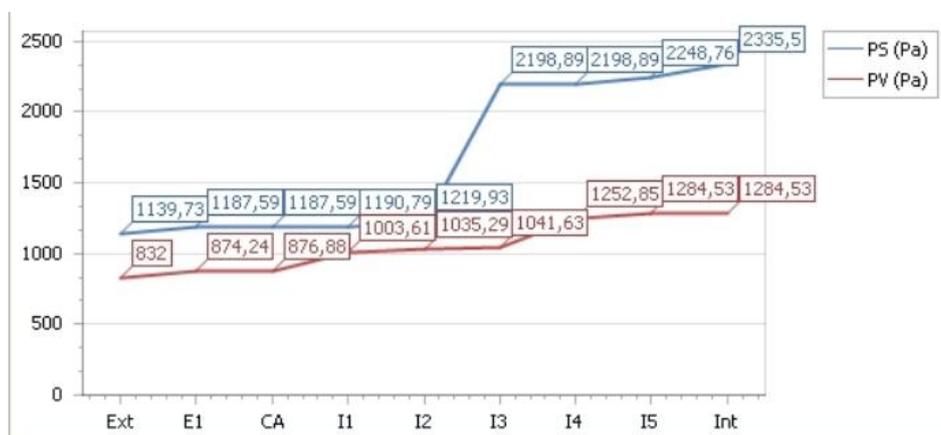


Figura 3.2. Distribución de presiones del panel de fachada en el mes de enero (Bilbao)



Figura 3.3. Distribución de presiones del panel de cubierta en el mes de enero (Bilbao)

Las condensaciones se pueden dar cuando la presión de vapor supera a la de saturación. Como se puede observar en la gráfica para panel de cubierta, ocurre esto mismo debido a que la capa exterior es de PVC. Sin embargo, existe cámara de aire y además, el fabricante consultado (*Roof Eco System*), asegura que existe una ventilación más que suficiente entre sus piezas para que no puedan darse humedades.

Como ya se ha comentado, los cálculos presentados son para los datos de Bilbao, pero también se ha realizado la comprobación en climas más fríos y los resultados son algo más ajustados, pero similares.

**ANEXO III.
ACCESIBILIDAD**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ACCESOS	2
2.1. RAMPA.....	2
2.1.1. NORMATIVA.....	2
2.1.1.1. PENDIENTE	2
2.1.1.2. TRAMOS	2
2.1.1.3. PASAMANOS	3
2.1.2. RAMPA DISEÑADA	3
2.2. ESCALONES	5
2.2.1. NORMATIVA.....	5
2.2.2. ESCALONES DISEÑADOS.....	6
2.3. PUERTAS	6
3. INTERIOR	9

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se detallan los elementos de accesibilidad diseñados dentro del conjunto del sistema y otros aspectos a destacar relacionados con la accesibilidad.

Para definir estos elementos se ha tomado como referencia el Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad del Código Técnico de la Edificación (DB SUA) y también se han tenido en cuenta los posibles usos que se puedan dar.

2. ACCESOS

Para poder acceder al interior, cuyo suelo está 26 cm elevado respecto al nivel del terreno, se diseña una rampa accesible y una alternativa mediante unos escalones.

2.1. RAMPA

2.1.1. NORMATIVA

Dentro del DB SUA, en su apartado *SUA 1 Seguridad frente al riesgo de caídas – 4.3. Rampas*, el CTE marca los requerimientos para rampas accesibles.

En los siguientes apartados se presentan únicamente las limitaciones que afectan a la rampa diseñada, ya que existen otros puntos a cumplir que, debido a la naturaleza de la rampa ideada, no son de aplicación. Por ejemplo, existen dimensiones a cumplir para mesetas, pero la rampa diseñada solo posee un tramo.

2.1.1.1. PENDIENTE

Tal y como marca la norma en el apartado *SUA 1 Seguridad frente al riesgo de caídas – 4.3. Rampas*, todo itinerario que supere el 4% de pendiente se considerará rampa. Esta rampa, si pertenece a un itinerario accesible, que en este caso será así ya que es el único itinerario existente en la construcción, la pendiente no debe superar el 10% si la longitud de la rampa es menor a 3 metros.

La pendiente transversal en itinerarios accesibles se limita a un 2%.

2.1.1.2. TRAMOS

Los tramos de la rampa, siendo solo uno en este caso, no podrán superar una longitud de 9 metros en itinerarios accesibles y deben tener una anchura mínima útil mayor a la especificada en la siguiente tabla.

Uso del edificio o zona	Anchura útil mínima (m) en escaleras previstas para un número de personas:			
	≤ 25	≤ 50	≤ 100	> 100
<i>Residencial Vivienda</i> , incluso escalera de comunicación con aparcamiento	1,00 ⁽¹⁾			
<i>Docente</i> con escolarización infantil o de enseñanza primaria <i>Pública concurrencia y Comercial</i>	0,80 ⁽²⁾	0,90 ⁽²⁾	1,00	1,10
<i>Sanitario</i> Zonas destinadas a pacientes internos o externos con recorridos que obligan a giros de 90° o mayores	1,40			
Otras zonas	1,20			
Casos restantes	0,80 ⁽²⁾	0,90 ⁽²⁾	1,00	

Tabla 2.1. Anchura útil mínima en tramo en función del uso. Fuente: CTE DB-SUA

La tabla, a pesar de ser para escaleras, es extrapolable a rampas. Como ya se ha explicado a lo largo del proyecto, el uso del sistema es variable, aunque en este caso, como se verá en el apartado [2.1.2. Rampa diseñada](#), es irrelevante ya que se cumple con la anchura mínima de cualquiera de los casos.

Respecto a los tramos, el DB SUA también especifica radios de curvatura mínimos y otras limitaciones en rampas curvadas, pero la rampa diseñada es recta.

2.1.1.3. PASAMANOS

En lo referente a pasamanos, en itinerarios accesibles con pendiente mayor al 6% y que salven una altura de 18,5 cm o más, se deben disponer pasamanos a ambos lados de la rampa, siendo estos continuos. Asimismo, deben existir zócalos de 10 cm de altura como mínimo.

Los pasamanos se situarán a una altura comprendida entre 90 y 110 cm, separados 4 cm de los paramentos (no existen paramentos en esta rampa) y se asegurará el paso continuo de la mano.

2.1.2. RAMPA DISEÑADA

En función de las limitaciones presentadas se diseña una rampa, de nuevo basada en la madera, con la posibilidad de que sea desmontable.

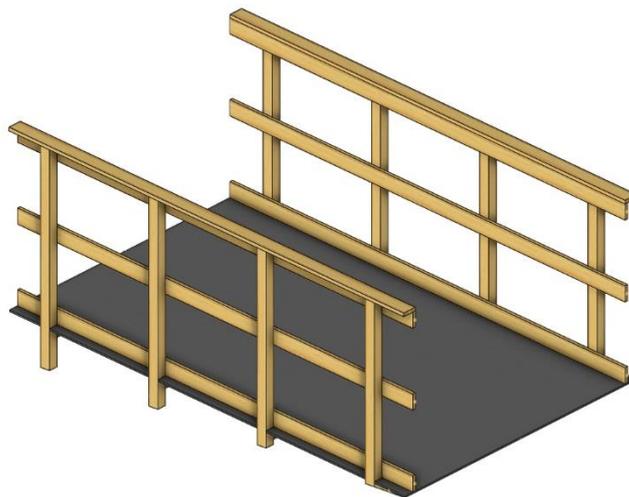


Figura 2.1. Modelo de la rampa diseñada

La estructura de la rampa se compone de 4 postes a cada lado de 60x60 mm², entre los que se disponen unas vigas para sustentar la rampa. Estas vigas tienen un apoyo intermedio.

En la zona más baja de la rampa se instala una cuña de madera para soportar el inicio de la subida, donde es imposible introducir otra viga.

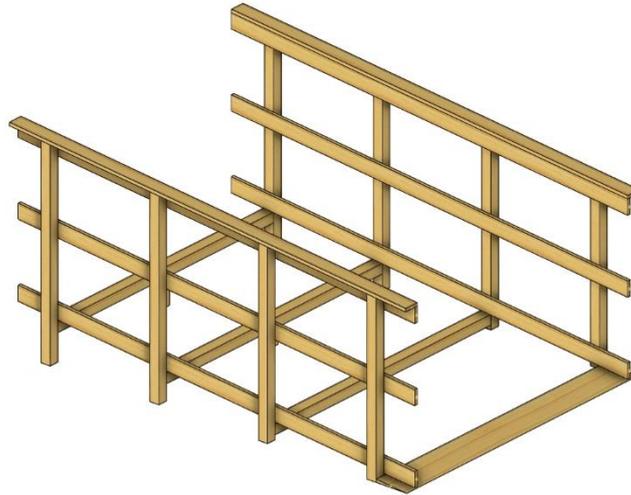


Figura 2.2. Estructura de la rampa

Las vigas también tendrán unas dimensiones de $60 \times 60 \text{ mm}^2$. Los cálculos de estas vigas también han sido realizados con CYPE, estableciendo una carga igual a la que existirá en el interior.

En cuanto a los elementos no estructurales, se encuentran los pasamanos (intermedio y superior), el zócalo y el tablero, que será de madera cemento, al igual que el acabado interior de los paneles de forjado.

La rampa se puede dividir en 3 partes; el tablero y las vigas y los postes y pasamanos/zócalos de cada lado. Para dividir los elementos, se proponen elementos de conexión UV-T de Rothoblaas (cola de milano metálica), como en otras uniones del sistema explicadas en la memoria y planos. Se instala un conector a cada lado de la viga y en cada poste para montar y desmontar la rampa con facilidad.



Figura 2.3. Conector UV-T. Fuente: Rothoblaas

Para consultar la geometría de los elementos de la rampa, la cual se ha establecido en base a lo expuesto en el apartado [2.1. Normativa](#), consultar los *Planos*.

2.2. ESCALONES

Como alternativa a la rampa, en el caso de que se dispongan accesos alternativos, ya que siempre debe existir un acceso que garantice el paso a cualquier persona, se diseñan unos escalones.

Con estos escalones, la intención es la de proporcionar otro acceso que no necesite de un espacio tan grande como el de la rampa, si no se dispone del mismo.



Figura 2.4. Escalones diseñados

Se han ideado unos escalones en base a las limitaciones del DB SUA en su apartado *SUA 1 Seguridad frente al riesgo de caídas – 4.2. Escaleras de uso general.*

2.2.1. NORMATIVA

En unos escalones que salvan una altura tan pequeña, las limitaciones a tener en cuenta únicamente serán las dimensiones de la huella y contrahuella y la altura.

La huella debe ser de 28 cm mínimo y la contrahuella debe estar entre los 13 y 18,5 cm. Además, se debe cumplir la relación $54 \text{ cm} \leq 2 \times \text{contrahuella} + \text{huella} \leq 70 \text{ cm}$.

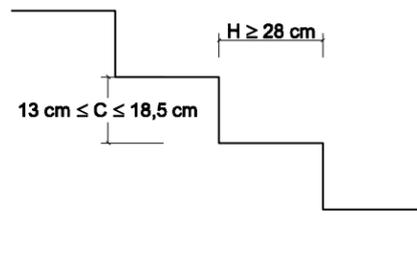


Figura 2.5. Dimensiones límite de huella y contrahuella. Fuente: CTE DB SUA

Por otro lado, la anchura debe cumplir lo especificado en la tabla 2.1.

No es necesario disponer pasamanos ya que la altura total a salvar es menor a 55 cm.

2.2.2. ESCALONES DISEÑADOS

Dado que estos escalones se proponen como alternativa, debiendo siempre existir una rampa como la anteriormente planteada o que cumpla con los requisitos de la normativa, no se crean unos planos específicos y únicamente se proporcionan las características propuestas, para tomarlas como referencia.

La altura entre escalones será de 13 cm, con una huella de 30 cm, estando el segundo escalón a la altura del interior. Se propone una anchura de los escalones de 1,4 metros o mayor, para cumplir en todo caso la norma, con tres apoyos como los de la *figura 2.4*.

Para anclar estos apoyos al suelo se pueden utilizar angulares como los de la figura (WBR de Rothoblaas), viniendo preinstalados en los escalones para luego anclarlos al terreno directamente.



Figura 2.6. Angular WBR. Fuente: Rothoblaas

Por los mismos motivos que no se crean unos planos específicos, no se ha realizado ningún cálculo de resistencia de los escalones.

2.3. PUERTAS

Por último, se instalan unas puertas en los paneles centrales de las fachadas frontales para el acceso al interior.

En el caso de las puertas, se acude al DB de Seguridad en caso de Incendio (DB SI), más en concreto al apartado *DB SI 3 Evacuación de ocupantes – 6. Puertas situadas en recorridos de evacuación*.

Respecto a las puertas, el DB SI expone lo siguiente como norma general:

Las puertas previstas como salida de planta o de edificio y las previstas para la evacuación de más de 50 personas serán abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre, o bien no

actuará mientras haya actividad en las zonas a evacuar, o bien consistirá en un dispositivo de fácil y rápida apertura desde el lado del cual provenga dicha evacuación, sin tener que utilizar una llave y sin tener que actuar sobre más de un mecanismo. Las anteriores condiciones no son aplicables cuando se trate de puertas automáticas.

Se considera que satisfacen el anterior requisito funcional los dispositivos de apertura mediante manilla o pulsador conforme a la norma UNE-EN 179:2009, cuando se trate de la evacuación de zonas ocupadas por personas que en su mayoría estén familiarizados con la puerta considerada, así como en caso contrario, cuando se trate de puertas con apertura en el sentido de la evacuación conforme al punto 3 siguiente, los de barra horizontal de empuje o de deslizamiento conforme a la norma UNE EN 1125:2009.

La puerta instalada debería cumplir con estas especificaciones generales. En el modelo de Cadwork se ha escogido una estándar del catálogo del programa.

Sin embargo, sí se han establecido las dimensiones en función del DB SI, que indica que las puertas de evacuación (lo serán ya que no existen más salidas) deben tener una anchura mayor o igual a 0,8 m y a la ocupación entre 200.

Para calcular la ocupación el DB SI proporciona unos valores que se toman de referencia.

<i>Residencial Vivienda</i>	Plantas de vivienda	20
<i>Residencial Público</i>	Zonas de alojamiento	20
	Salones de uso múltiple	1
	Vestíbulos generales y zonas generales de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
<i>Aparcamiento</i> ⁽²⁾	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc.	15
	En otros casos	40
<i>Administrativo</i>	Plantas o zonas de oficinas	10
	Vestíbulos generales y zonas de uso público	2
<i>Docente</i>	Conjunto de la planta o del edificio	10
	Locales diferentes de aulas, como laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo, etc.	5
	Aulas (excepto de escuelas infantiles)	1,5
	Aulas de escuelas infantiles y salas de lectura de bibliotecas	2
<i>Hospitalario</i>	Salas de espera	2
	Zonas de hospitalización	15
	Servicios ambulatorios y de diagnóstico	10
	Zonas destinadas a tratamiento a pacientes internados	20

Tabla 2.2. Densidad de ocupación (m²/personas). Fuente: CTE DB-SI

En base a los valores de la tabla y los usos que se prevén para el sistema, se decide que la densidad de ocupación sea de 2 m²/persona. Suponiendo una longitud máxima de 50 metros (a

priori no se prevé alcanzar este valor en cada construcción, sino que sería más lógico repartir el espacio en varios sistemas), se obtienen 300 m² de superficie y 150 personas máximo, por lo que la ocupación entre 200 dará un resultado de 0,75 metros mínimo para la puerta. Siendo más restrictivo el mínimo de 0,8 m, se establece una anchura de 80 cm para la puerta.

3. INTERIOR

Una vez en el interior, la accesibilidad dependerá mayormente del uso y los equipamientos que se instalen en cada ocasión, sobre todo en lo que respecta a dimensiones.

En lo referente a la estructura y cerramientos, Todo el pavimento quedará al mismo nivel y se debe asegurar que no tenga discontinuidades e irregularidades (menores a 4 mm según el DB SUA), especialmente en la zona central, en la que se prevé se encuentre un pasillo de circulación y evacuación. Tampoco deberán existir huecos de más de 1,5 cm en zonas de circulación.

Respecto a la resbaladidad de los suelos, el fabricante de tableros de madera-cemento consultado (Viroc), asegura que los tableros cumplen todos los requisitos de seguridad exigidos para pavimentos interiores.

**ANEXO IV.
SOSTENIBILIDAD**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD	2
2.1. ESTRUCTURA	2
2.1.1.1. ANÁLISIS	2
2.2. CERRAMIENTO.....	4

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales razones por las que se plantea el sistema, como alternativa a las actuales opciones de mercado, es la sostenibilidad.

Como ya se ha explicado en el apartado 4. *Análisis de alternativas* de la *Memoria*, se escoge la madera como material principal del sistema para conseguir ese objetivo de una mayor sostenibilidad.

En este anexo, se realiza un pequeño análisis de sostenibilidad cuantificando esa mejora buscada.

2. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

2.1. ESTRUCTURA

El análisis a realizar consiste en calcular la huella de carbono de los materiales utilizados para crear la estructura y hacer una comparación con los materiales utilizados hoy en día.

No se considera que sea un método adecuado para analizar el cerramiento ya que las prestaciones ofrecidas y el objetivo del cerramiento del proyecto y el de las alternativas actuales son distintos. En el proyecto actual se busca mejorar los cerramientos actuales en cuanto a aislamiento y confort, sin embargo, la mayoría de cerramientos actuales trabajan más bien como elemento de cubrición, sin ofrecer un aislamiento real.

2.1.1.1. ANÁLISIS

La comparación de la huella de carbono se realiza entre la estructura del presente proyecto y las de aluminio de los sistemas de aluminio y PVC. Se descartan el resto de alternativas por ser menos utilizadas y resultar más difícil su comparación, debido a que las dimensiones y formas difieren más en comparación con el sistema propuesto y la obtención de datos específicos resulta más complicada.

Dado que las uniones no han sido calculadas, se realiza una estimación de su peso, que se considerará similar a las de los perfiles tubulares por cada pórtico. Por otro lado, en los sistemas de aluminio también se utilizan uniones de acero en cumbrera, unión viga-pilar y placas de anclaje, por lo que la estimación calculada se añade como margen ya que se espera que las uniones sean más pesadas que las de los sistemas de aluminio.

Los datos de t/m^3 de material y tCO_2/t de material han sido tomados del TFM *Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción*, realizado por Alberto Pedreño Manresa en la *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad de Cartagena*.

El perfil de aluminio a analizar tendrá unas dimensiones de $166 \times 68 \text{ mm}^2$ y 3 mm de espesor, tomadas del perfil más ligero ofrecido por la empresa Shelter y que es válido para las dimensiones del sistema.

Categoría	Material	Densidad aproximada del material (toneladas/m3)	tCO ₂ e/t material	Límites del sistema	referencia
-----------	----------	---	-------------------------------	---------------------	------------

Metales	Cobre en tubería o lámina (EU)	8,9	2,71	cradle to gate	1
	Cobre reutilizado	8,9	0,27	cradle to gate	1
	Hierro	7,9	2,03	cradle to gate	1
	Plomo	11,3	1,67	cradle to gate	1
	Acero: General - UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,46	cradle to gate	1
	Acero: Barra - UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,4	cradle to gate	1
	Acero: Lámina - UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,38	cradle to gate	1
	Acero: Lámina, Galvanizado - UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,54	cradle to gate	1
	Acero: Tubería- UK (EU) Contenido reciclado medio	7,8	1,45	cradle to gate	1
	Acero: Cable - Virgen	7,8	3,02	cradle to gate	1
	Acero: Inoxidable	8,0	6,519	cradle to gate	1
	Acero reutilizado	7,8	0,146	cradle to gate	1
	Aluminio: General	2,7	9,16	cradle to gate	1
	Aluminio: productos fundidos	2,7	9,22	cradle to gate	1
	Aluminio: Extrusión	2,7	9,08	cradle to gate	1
Aluminio: Lámina	2,7	9,18	cradle to gate	1	

Tabla 7. Metales

Plásticos	Plástico (general)	1,38	3,31	cradle to gate	1
	Polietileno (general)	0,92	2,54	cradle to gate	1
	Resina de polietileno de alta densidad	0,96	1,93	cradle to gate	1
	Polietileno de alta densidad tubería	1,05	2,52	cradle to gate	1
	Poliestireno expandido	1,05	3,29	cradle to gate	1
	Poliestireno (general)	1,05	3,43	cradle to gate	1
	Poliestireno de alto impacto	1,05	3,42	cradle to gate	1
	PVC (general)	1,38	3,1	cradle to gate	1
	PVC tubería	1,41	3,23	cradle to gate	1

Tabla 8. Plásticos

Madera	Madera en general	0,5	0,31	cradle to gate	1
	Madera laminada encolada	0,5	0,42	cradle to gate	1
	Aglomerado	26	0,58	cradle to gate	1
	Fibra vulcanizada de densidad media (MDF)	14	0,39	cradle to gate	1
	Tablero de tiras orientadas	0,6	0,45	cradle to gate	1
	Tablero de partículas	6	0,54	cradle to gate	1
	Contrachapado	11	0,45	cradle to gate	1
	Madera reciclada	0,7	0,03	cradle to gate	1

Tabla 9. Madera

Tabla 2.1. Densidad del material y tCO₂/t de material. Fuente: TFM Desarrollo de una aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción

Se calculan las toneladas de CO₂ para pórtico hastial y central, suponiendo que en el hastial de aluminio también se colocan 2 pilares de refuerzo, que sería lo habitual.

Para el cálculo del volumen, se consideran unos pilares de 2,5 m de altura y unas vigas de 3,2 m de longitud. En los tubos una longitud total de 7 m y en los pilares de refuerzo 3 m cada uno.

Material	Área [m ²]	Volumen [m ³]	Peso [t]	tCO ₂
Madera	0,04	0,456	0,228	0,07068
Acero	3,725x10 ⁻⁴	2,607x10 ⁻³	0,02034	0,02847
Suplemento uniones				0,02847
Aluminio	1,560x10 ⁻³	0,01778	0,04802	0,43599

Tabla 2.2. Huella de carbono de pórtico central

Material	Área [m ²]	Volumen [m ³]	Peso [t]	tCO ₂
Madera	0,04	0,696	0,348	0,10788
Suplemento uniones				0,02847
Aluminio	1,560x10 ⁻³	0,02714	0,07328	0,66546

Tabla 2.3. Huella de carbono de pórtico hastial

Se realiza una comparación entre un sistema de 10 m de longitud (2 pórticos hastiales y 3 centrales) y uno de 30 m (2 pórticos hastiales y 11 centrales). Hay que tener en cuenta que en el sistema de aluminio se disponen los pórticos cada 3m, por lo que el número de pórticos se reduce a 2 hastiales y 2 centrales en 10 m y 2 hastiales y 8 centrales en 30 m.

Sistema	tCO ₂ (10 m)	tCO ₂ (30 m)	kgCO ₂ (10 m)	kgCO ₂ (30 m)
Madera	0,65556	1,67652	655,56	1676,52
Aluminio	2,2029	4,81884	2202,9	4818,84

Tabla 2.4. Comparativa huella de carbono

Como se puede observar en la tabla de resultados, el ahorro en kg de CO₂ es muy significativo. Suponiendo un ahorro del 70% en un sistema de 10 m y del 65% en uno de 30 m.

2.2. CERRAMIENTO

Para el cerramiento no se realiza un análisis específico, aunque cabe destacar la reutilización. El hecho de que los paneles sean desmontables e intercambiables permite que, si un panel queda dañado, se pueda sustituir por uno nuevo y no tener que retirar todo el cerramiento.

Actualmente, en los sistemas expuestos en el apartado 3. *Estado del arte* de la *Memoria*, prácticamente todos los cerramientos de los sistemas van en conjunto, por lo que, si sufren algún daño irreparable en una zona, se debe sustituir todo el cerramiento por completo. Este caso se agrava en las estructuras inflables, en las que el cerramiento es la propia estructura.

En los sistemas de estructura de aluminio y cerramiento de PVC, la lona de PVC tiene una vida útil de aproximadamente 10 años. En el sistema propuesto esta vida útil, además de que se prevé que sea mayor, se puede alargar reutilizando no el panel por completo, sino sus componentes.

Se ha intentado estandarizar la composición de los paneles y las dimensiones de sus piezas para que, aparte de simplificar su diseño y fabricación, se puedan reutilizar con más facilidad. Por ejemplo, si un panel de cubierta sufre un daño en sus capas exteriores y el resto no es afectado, las viguetas se pueden utilizar para fabricar otro panel, tanto de cubierta, como de forjado o, incluso, como montante en panel de fachada. Lo mismo ocurre con los OSB, el aislamiento, los elementos de conexión y prácticamente todos los elementos.

Por último, también se puede plantear la reutilización de paneles con desperfectos simplemente estéticos, ya sea de fábrica o por el paso del tiempo, para ofrecer sistemas más baratos y no desechar esos materiales o tener que desmontar los paneles para reutilizarlos en la fabricación de otros.

**ANEXO V.
INSTRUCCIONES DE
TRANSPORTE Y
MONTAJE**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. INSTRUCCIONES DE TRANSPORTE	2
2.1. DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS	2
2.2. ENCAJE EN EL TRÁILER	2
3. INSTRUCCIONES DE MONTAJE	4
3.1. PROCESO	4
3.1.1. REPLANTEO	4
3.1.2. ACOPIO DE MATERIALES	4
3.1.3. PILARES	4
3.1.4. VIGAS FORJADO	5
3.1.5. SUELO.....	5
3.1.6. FACHADA	6
3.1.7. VIGAS Y PERFILES TUBULARES.....	7
3.1.8. CUBIERTA	7
3.1.9. OTRO MÓDULO	8
3.1.10. EQUIPAMIENTOS.....	9
3.1.11. ACCESOS	9
3.1.12. DESMONTAJE	10

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se establecen unas indicaciones a la hora de transportar el sistema y se presentan las instrucciones de montaje del mismo.

2. INSTRUCCIONES DE TRANSPORTE

Las medidas de seguridad en el transporte correrán a cargo de la empresa que lo lleve a cabo, asegurando el buen estado de la carga en todo el recorrido. En este apartado se definen los volúmenes de las distintas partes del sistema y se realiza una estimación de los camiones que se pueden necesitar para transportar los elementos.

2.1. DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS

Elemento	Dimensiones [mxmxm]	Volumen [m ³]
Pilar	2,5x0,2x0,2	0,1
Pilar hastial	3x0,24x0,2	0,144
Viga	3,2x0,2x0,2	0,12
Viga forjado	6x0,16x0,08	0,0768
Panel fachada lateral	2,5x2,5x0,18	1,125
Panel fachada frontal (lateral)	3x2x0,18	1,08
Panel fachada frontal (central)	3,5x2x0,18	1,26
Panel cubierta	3,2x2,5x0,3	2,4
Panel forjado	2x2,5x0,14	0,7

Tabla 2.1. Dimensiones y volumen de los elementos

Tomando como referencia los valores de la tabla, se realiza un pequeño modelado de esos volúmenes, con los que se hace un encaje en el espacio disponible de un tráiler. Este encaje simplemente se plantea para comprobar el espacio que se ocuparía dentro del remolque, ya que la colocación de las piezas dentro del camión se debería determinar conjuntamente con una empresa de transportes especializada.

2.2. ENCAJE EN EL TRÁILER

Se recomienda utilizar un tráiler tauliner o de cortina, en el que sus cerramientos laterales son de lona plegable para facilitar la descarga de la mercancía.



Figura 2.1. Dimensiones tráiler tauliner. Fuente: DSV

Se plantea el encaje para un sistema de 10 m de longitud (4 módulos), representando en el modelo las piezas de la *tabla 2.1* (10 pilares, 4 pilares hastiales, 10 vigas, 5 vigas forjado, 8 paneles fachada lateral, 4 paneles fachada frontal (lateral), 2 paneles fachada frontal (central), 8 paneles cubierta y 12 paneles forjado).

Se dejan márgenes de 5 cm entre piezas.

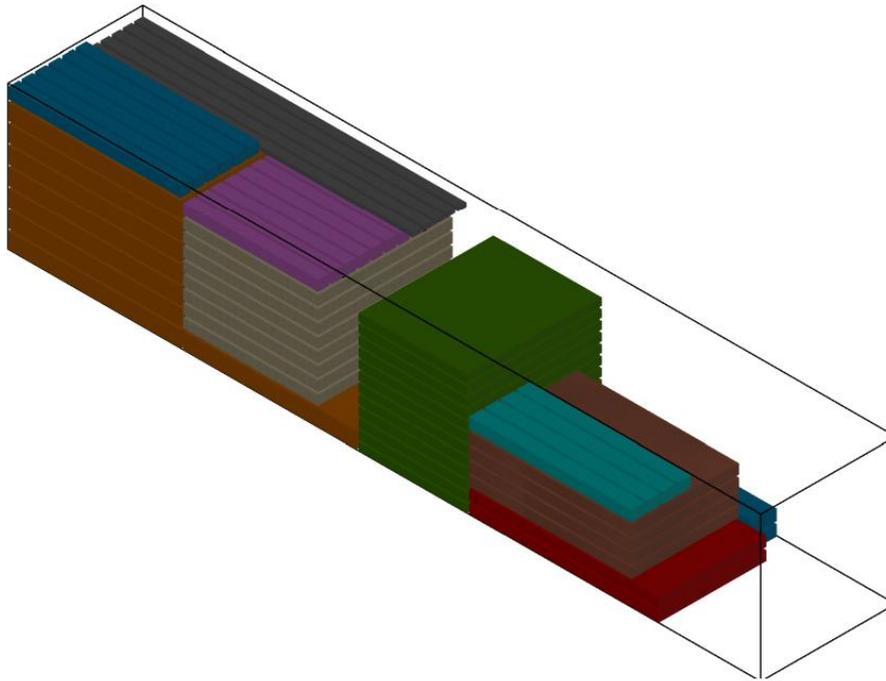


Figura 2.2. Encaje de las piezas en el remolque de tráiler

Como se puede observar en la figura, con los tipos de piezas diferenciadas por colores, una vez introducidas las piezas más voluminosas del sistema (las de la *tabla 2.1*), queda espacio sobrante para introducir otros elementos no representados en la figura (perfiles tubulares, herrajes, rampa, otros elementos no contemplados en el presente proyecto (luminarias, instalaciones de distinto tipo...)) e incluso podría existir la posibilidad de introducir uno o dos módulos más.

También se podría estudiar la posibilidad de utilizar un camión más pequeño, aunque dependerá de cada caso, influyendo principalmente el número de módulos a instalar.

3. INSTRUCCIONES DE MONTAJE

En lo referente al montaje, los pasos a seguir se han elaborado en base al proceso de montaje utilizado actualmente en los sistemas de estructura de aluminio, adaptándolo a las características del presente proyecto.

A continuación, se detallan los pasos para el montaje completo de la estructura. Para determinar los medios auxiliares a utilizar se deberá consultar a una empresa especializada en montajes de este tipo de estructuras, aunque se prevé que sea necesario una carretilla elevadora o traspaleta para sacar las piezas del camión y una pequeña grúa para el montaje (camión grúa o similar).

3.1. PROCESO

3.1.1. REPLANTEO

Es un paso clave en el proceso de montaje. Se debe realizar un replanteo previo en el lugar de montaje para definir los desniveles existentes, establecer la posición de los pilares y el espacio disponible para realizar el montaje.

Si el replanteo no es adecuado, se pueden presentar problemas a la hora de encajar piezas.

3.1.2. ACOPIO DE MATERIALES

Se hace un acopio de todas las piezas y materiales a instalar en las inmediaciones del lugar de montaje. Este acopio se puede hacer por partes y dependerá del espacio disponible en los alrededores.

3.1.3. PILARES

Una vez realizado el replanteo se colocan los pilares para una de las fachadas frontales y un módulo (módulo = tramo de pórtico a pórtico).

También se pueden colocar primero los de fachada hastial, instalar sus vigas de forjado y posteriormente los de pórtico central y su viga de forjado. De esta forma la colocación puede ser más precisa, pero también más laboriosa.

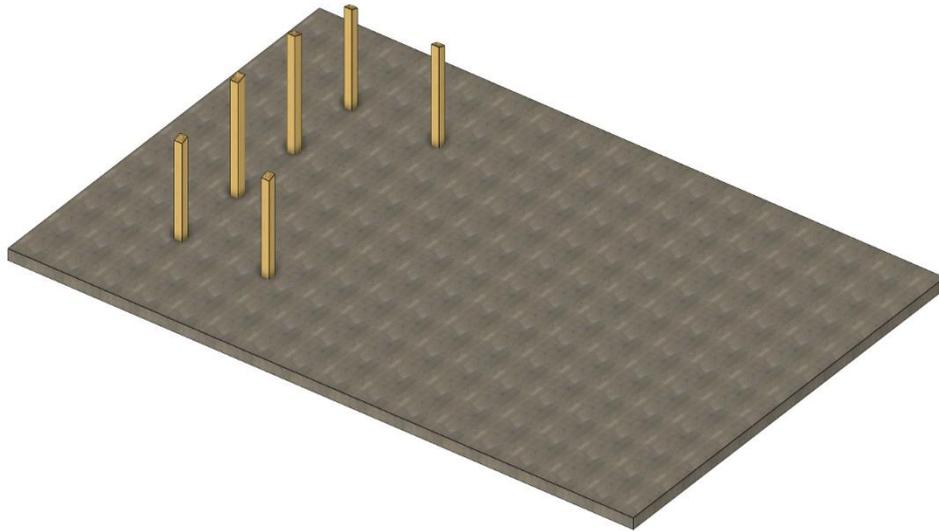


Figura 3.1. Proceso de montaje (Pilares)

3.1.4. VIGAS FORJADO

Se instalan las vigas de forjado con sus apoyos correspondientes.

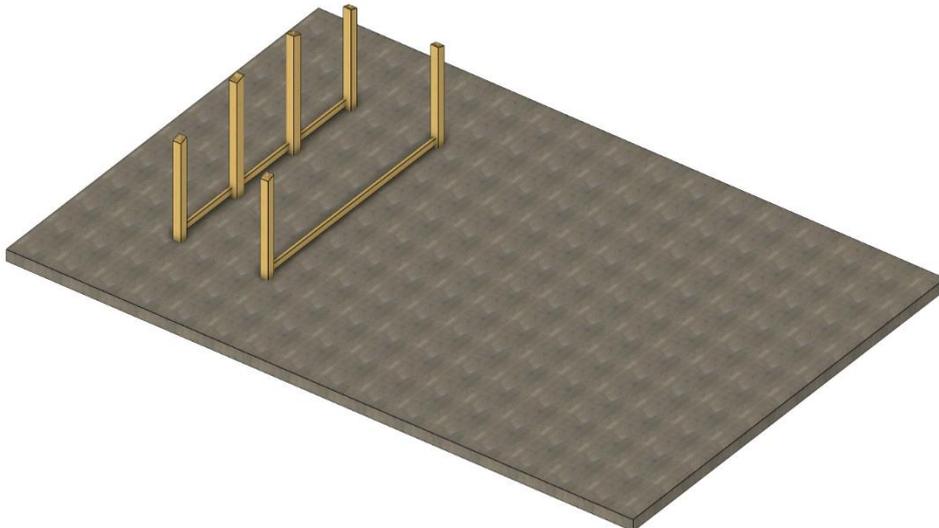


Figura 3.2. Proceso de montaje (Vigas de forjado)

3.1.5. SUELO

Se colocan los paneles de suelo anclados a las vigas de forjado mediante conectores de cola de milano metálica. Este paso es clave ya que, si el suelo encaja, el resto de los cerramientos es muy probable que también lo hagan. Si no se consiguiese encajar el suelo, se deberían reubicar

3.1.7. VIGAS Y PERFILES TUBULARES

Las vigas se encajan también con los conectores de cola de milano en los pilares. Ambas vigas se deben unir previamente a su izado y en el pórtico central también se deben unir los perfiles tubulares en cumbrera.

Posteriormente a la colocación de las vigas de pórtico central, se unen los tubos a los pilares mediante el herraje preinstalado en los mismos.

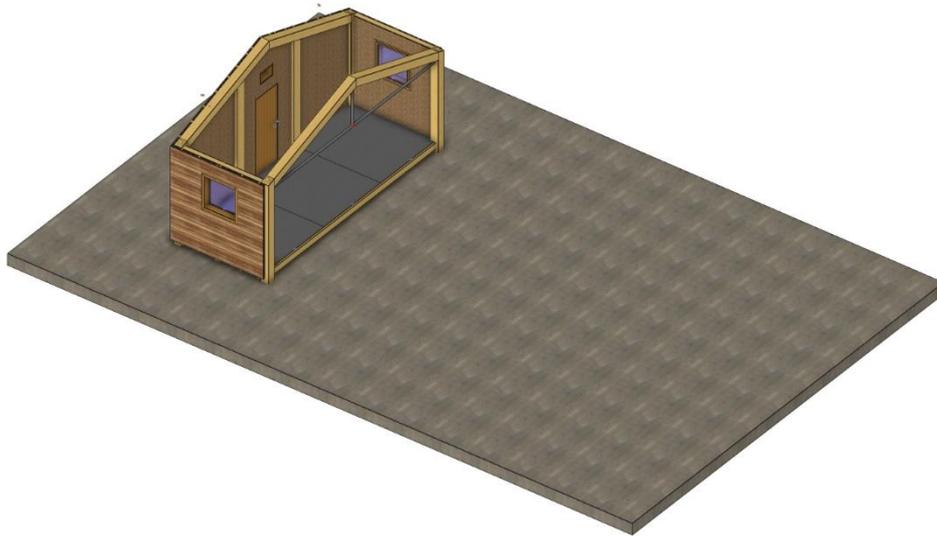


Figura 3.5. Proceso de montaje (Perfiles tubulares)

3.1.8. CUBIERTA

Se encajan los dos paneles de cubierta a las vigas mediante los conectores metálicos de cola de milano. En estos conectores, a diferencia de los anteriores, se debe colocar un tornillo extra de resistencia frente a la succión.

Se remata con la instalación de las tejas de cumbrera.

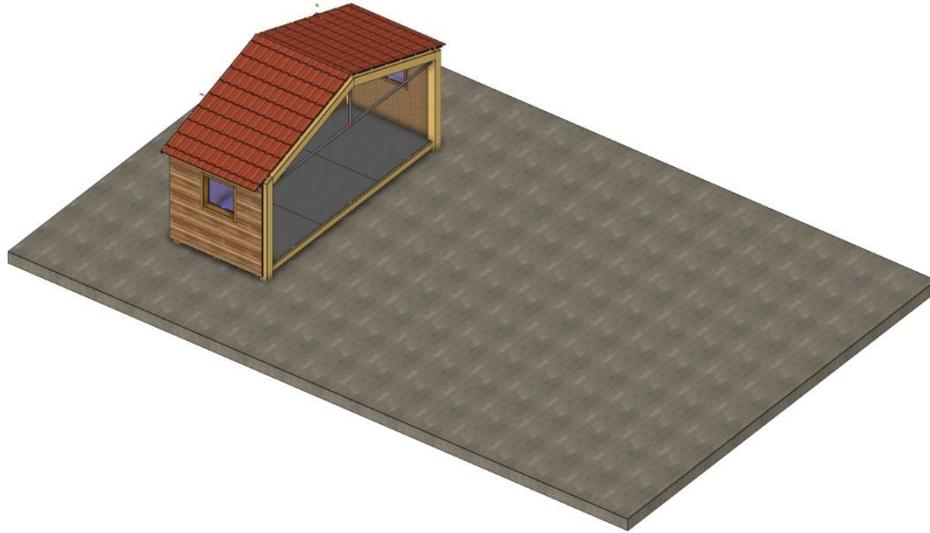


Figura 3.6. Proceso de montaje (Cubierta)

3.1.9. OTRO MÓDULO

Se realiza el mismo proceso que en la instalación del primer módulo (en esta ocasión sin fachada frontal) una y otra vez, hasta colocar todos los módulos previstos.

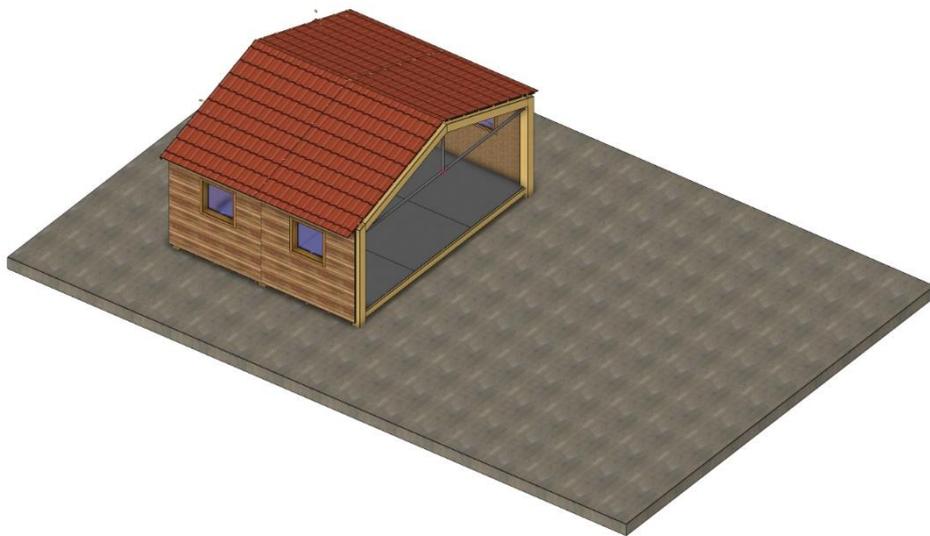


Figura 3.7. Proceso de montaje (Otro módulo)

3.1.10. EQUIPAMIENTOS

Antes de cerrar por completo el sistema, se deberían introducir los equipamientos que vayan en su interior.

Este paso dependerá del tipo de uso que se le dé, pudiendo introducir los equipamientos a medida que se van instalando módulos o todos de una vez al final como se propone en este apartado.

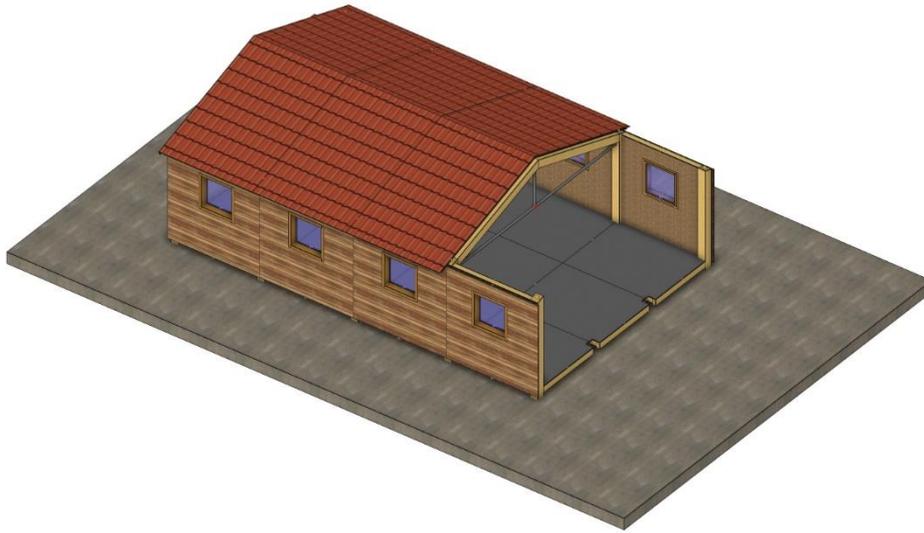


Figura 3.8. Proceso de montaje (Equipamientos)

Para cerrar por completo el sistema, se deben colocar primero los pilares y paneles de fachada frontal, posteriormente la viga de pórtico hastial y por último los paneles de cubierta.

3.1.11. ACCESOS

Para terminar el montaje, se colocan los elementos de acceso al interior, bien sea la rampa diseñada explicada en el *Anexo III. Accesibilidad* u otro tipo de elemento accesible.

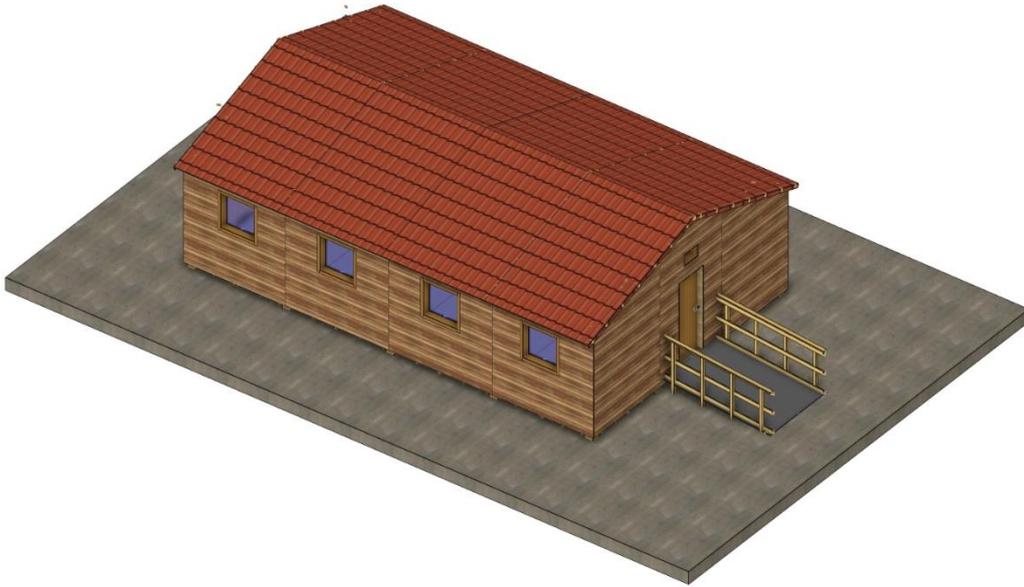


Figura 3.9. Proceso de montaje (Accesos)

3.1.12. DESMONTAJE

El proceso de desmontaje será el inverso al de montaje.