



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

---

## PROYECTO ESTRUCTURAL DE TORRE MULTIAVENTURA EN EL CENTRO COMERCIAL LAGOH EN SEVILLA

---

*Presentado por*

Vila García, José Ignacio

---


*Para la obtención del*

Master Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso: 2019/2020*

*Fecha: Septiembre, 2020*

*Tutor: Juan José Moragues Terrades*





## AGRADECIMIENTOS

La realización de este Trabajo Final de Máster representa el fin de una etapa maravillosa que ha durado seis años. Agradezco de forma sincera a todas las personas que me han ayudado a conseguir mis objetivos y a mejorar en mis aptitudes personales; he podido desarrollar mis capacidades técnicas, intelectuales y, sobre todo, personales en este periodo difícil, pero satisfactorio. Doy las gracias a todos los profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia y a los profesores que me ayudaron a llegar a ella, por poner a mi disposición las herramientas y la motivación para ser un buen profesional.

Quiero agradecer de forma especial a Juan José Moragues su orientación y especial disposición como tutor. Su trato ha sido excelente en todo momento y sus conocimientos sobre madera laminada no solo me han ayudado, sino que han conseguido despertar en mí interés por este maravilloso material. También me gustaría agradecer a Carlos Castelló su ayuda en la obtención de información sobre el proyecto original y agradecer su apoyo y labor formativa en los catorce meses de prácticas que he podido trabajar con él, ha sido un placer.

Un agradecimiento especial lo guardo para todas las personas que me han acompañado durante este camino. En estos seis años no he podido tener mejores compañeros y amigos, con los que he compartido risas, tardes de estudio interminables y viajes inolvidables. Me llevo conmigo a personas excepcionales.

Sin embargo, mi mayor agradecimiento es para mis más cercanos. Habéis sido el mejor soporte que uno pudiera tener, incluso en momentos de tensión, frustración y dificultad. Me habéis distraído cuando necesitaba distracción, me habéis ayudado cuando necesitaba ayuda y me habéis escuchado cuando necesitaba que me escucharan. De todo corazón, os doy las gracias.





# RESUMEN

## Castellano

Este documento conforma el Trabajo Final de Máster titulado “Proyecto estructural de torre multiaventura en el centro comercial LAGOH en Sevilla”. Este consiste en el estudio y la modificación de un proyecto existente de dos estructuras de acero situadas en el nuevo centro comercial LAGOH, en Sevilla. Ambas estructuras conforman un parque recreativo de puentes colgantes, rocódromos y tirolinas.

La modificación del proyecto original se centra en la utilización de la madera laminada encolada como material sustitutivo del acero, sin que se altere la funcionalidad o el concepto arquitectónico actual. El uso de madera laminada encolada presenta ciertas ventajas en estructuras singulares de este tipo. Además, es un material que encaja con las nuevas corrientes de construcción, que están ligadas al desarrollo sostenible.

En definitiva, se plantea la situación de partida y se define el proyecto existente. A continuación, se desarrolla la alternativa propuesta, incidiendo en aspectos como: el cálculo y dimensionamiento de los elementos, ventajas que ofrece la madera laminada encolada como material de construcción, proceso constructivo y la valoración económica de la propuesta.

## Inglés

This paper conforms the Final Master’s Project entitled as “Structural design of a multi-adventure tower in the LAGOH shopping center in Sevilla”. This consists of the study and modification of an existing project of two steel structures located in the new LAGOH shopping center, in Sevilla. Both structures form a recreational park, which has suspension bridges, climbing walls and zip lines.

The modification of the original project focuses on the use of glued laminated timber as a substitute for steel, without altering the functionality or the current architectural concept. The use of glued laminated timber has several advantages in singular structures of this type. In addition, it is a material that fits with the new construction trends, which are linked to sustainable development.

In conclusion, the starting situation is proposed and the existing project is defined. Then the proposed alternative is developed, focusing on aspects such as: the calculation and sizing of the elements, advantages offered by glued laminated timber as a structural material, the constructive process and the economic evaluation of the proposal.

## Valenciano

Aquest document conforma el Treball Final de Màster titulat "Projecte estructural de torre multiaventura al centre comercial LAGOH en Sevilla". Aquest consisteix en l'estudi i la modificació d'un projecte existent de dos estructures d'acer situades al nou centre comercial LAGOH, a Sevilla. Les dues estructures conformen un parc recreatiu de ponts penjants, rocòdroms i tirolines.

La modificació del projecte original se centra en la utilització de la fusta laminada encolada com a material substitutiu de l'acer, sense que s'alteri la funcionalitat o el concepte arquitectònic actual. L'ús de fusta laminada encolada presenta diverses avantatges en estructures singulars d'aquest tipus. A més, és un material que encaixa amb els noves corrents de construcció, que estan lligades al desenvolupament sostenible.

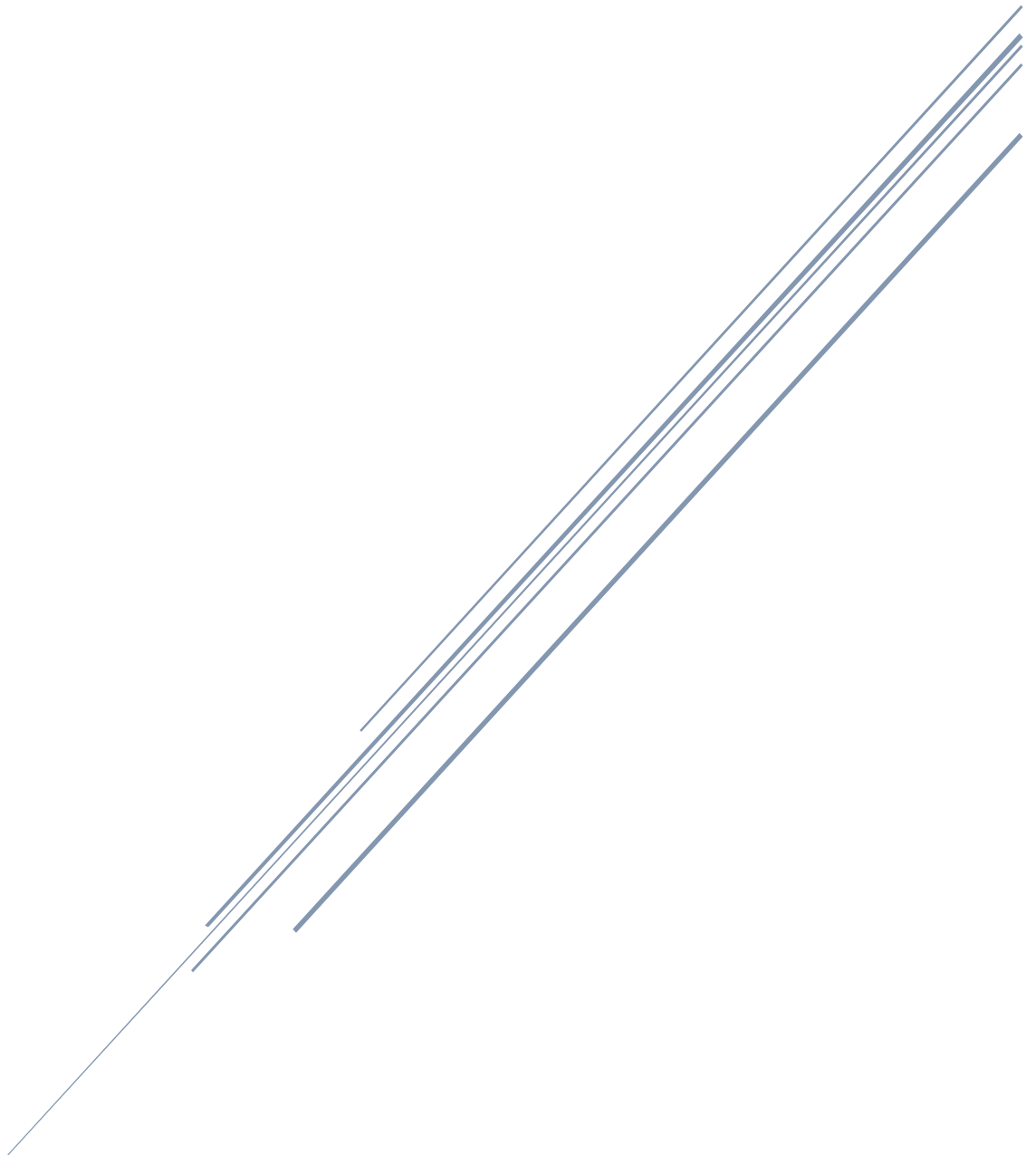
En definitiva, es planteja la situació de partida i es defineix el projecte existent. A continuació, es desenvolupa l'alternativa proposada, incidint en aspectes com: el càlcul i dimensionament dels elements, avantatges que ofereix la fusta laminada encolada com a material de construcció, procés constructiu i la valoració econòmica de la proposta.





# I. MEMORIA Y ANEJOS

*Proyecto estructural de torre multiaventura en el centro comercial LAGOH en Sevilla*



José Ignacio Vila García  
Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos



## ÍNDICE

---

0. INTRODUCCIÓN .....	8
1. OBJETIVO .....	10
2. DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	12
2.1. LOCALIZACIÓN .....	12
2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL .....	14
2.3. ESTRUCTURAS.....	15
2.4. CIMENTACIÓN .....	17
2.4.1. Torre principal .....	17
2.4.2. Torre de llegada.....	21
2.5. EQUIPAMIENTOS .....	22
2.5.1. Plataformas.....	22
2.5.2. Escaleras de acceso .....	23
2.5.3. Velas de sombreado .....	24
2.5.4. Juegos radiales.....	25
2.5.5. Juegos exteriores.....	28
2.5.6. Vías de escalada.....	29
2.5.7. Boulder .....	30
2.5.8. Tirolinas .....	31
2.5.9. Cuarto de almacén.....	31
2.5.10. Línea de vida, barandillas y toma de tierra. ....	32
3. EL MATERIAL.....	34
3.1. LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	34
3.1.1. Versatilidad.....	34
3.1.2. Resistencia y ligereza.....	35
3.1.3. Resistencia al fuego .....	35
3.1.4. Durabilidad .....	36
3.1.5. Aislación térmica y acústica.....	36
3.1.6. Construcción rápida y limpia .....	37
3.1.7. Estética .....	38
3.1.8. Sostenibilidad .....	38
3.2. MADERA LAMINADA ENCOLADA.....	39
3.3. CONDICIONANTES A TENER EN CUENTA CON EL EMPLEO DE MLE .....	41
4. ACCIONES DE CÁLCULO .....	42
4.1. TORRE PRINCIPAL .....	42

4.1.1. Peso propio - PP.....	43
4.1.2. Cargas muertas - G1 .....	43
4.1.3. Cargas muertas – G2.....	44
4.1.4. Cargas muertas – G3.....	44
4.1.5. Sobrecarga de uso – Q1.....	45
4.1.6. Sobrecarga de uso – Q2.....	45
4.1.7. Sobrecarga de uso – Q3.....	46
4.1.8. Sobrecarga de uso – Q4.....	47
4.1.9. Sobrecarga de uso – Q5.....	47
4.1.10. Sobrecarga de uso de tirolinas – Q6.....	48
4.1.11. Temperatura – T1 .....	48
4.1.12. Temperatura – T2 .....	49
4.1.13. Sobrecargas de viento – V1+X, V2+Y, V3-X y V4-Y .....	50
4.2. TORRE DE LLEGADA .....	53
4.2.1. Peso propio.....	53
4.2.2. Sobrecarga de uso – Q1.....	53
4.2.3. Sobrecarga de uso – Q2.....	54
4.2.4. Temperatura – T1 .....	55
4.2.5. Temperatura – T2 .....	55
4.2.7. Sobrecargas de viento – V1+X, V2+Y, V3-X y V4-Y .....	56
4.3. CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS ACCIONES DE CÁLCULO .....	57
5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS.....	60
5.1. PROCEDIMIENTO Y HERRAMIENTAS .....	60
5.2. BASES DE CÁLCULO.....	63
5.2.1. COMPROBACIONES REALIZADAS.....	63
5.2.2. INFLUENCIA DE LA CONCOMITANCIA DE ESFUERZOS.....	64
6. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	66
6.1. TORRE PRINCIPAL .....	66
6.2. TORRE DE LLEGADA .....	70
6.3. INFOGRAFÍA.....	72
7. PROCESO CONSTRUCTIVO .....	74
7.1. HERRAMIENTAS DE MODELAJE Y PROCEDIMIENTO .....	74
7.2. FASES DE MONTAJE .....	75
7.3. PROGRAMACIÓN DE OBRA Y MEDIOS NECESARIOS.....	77
8. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	80



---

9. CONCLUSIONES.....	86
10. REFERENCIAS .....	88
11. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO ESTRUCTURAL .....	90



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Situación del Nuevo Centro comercial LAGOH. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	12
Figura 2. Esquema del centro comercial LAGOH y ubicación de la torre. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	12
Figura 3. Situación del Nuevo Centro comercial LAGOH. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	13
Figura 4. Estructura construida. Fuente: elcorreoweb.es .....	13
Figura 5. Vista 3D de la torre y la estructura de recepción. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	15
Figura 6. Planta general, situación de pilares. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	16
Figura 7. Estructura 3D. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	16
Figura 8. Detalle conexión forjado existente con zapatas. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla.....	17
Figura 9. Datos de la losa maciza. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla .....	18
Figura 10. Modelo de losa de 35 cm en CYPECAD. Fuente: Memoria de cálculo para la instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla.....	18
Figura 11. Pilares existentes (DZ3 y DZ3b). Fuente: Memoria de cálculo para la instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla.....	19
Figura 12. Detalle conexión losa de 35 cm con muro existente. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla.....	19
Figura 13. Losa de 35 cm, posición de pilares y muros. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla.....	20
Figura 14. Planta general de la cimentación de la torre principal. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla.....	20
Figura 15. Vista 3D de la placa base de los pilares de la torre principal. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura.....	21
Figura 16. Replanteo de la cimentación de la torre de llegada. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla.....	21
Figura 17. Vista 3D de la placa base de los pilares de la torre de llegada. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura.....	22
Figura 18. Vista 3D de la plataforma. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	22
Figura 19. Escalera de acceso (Urban Planet Sagunto). Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura.....	23
Figura 20. Escalera interior (Urban Planet Sagunto). Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	24
Figura 21. Velas de sombreado. Fuente: CATVELA .....	24
Figura 22. Puente de troncos de entrada. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	26
Figura 23. Puente doble tronco de regreso. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	26
Figura 24. Puente de cuerdas de entrada. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	27
Figura 25. Puente de cuerdas y U's de regreso. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	27
Figura 26. Elementos de sujeción de los juegos. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura.....	28
Figura 27. Juego de los champiñones. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	29
Figura 28. Tablero fenólico. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura. ....	30
Figura 29. Presas. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura.....	30
Figura 30. Boulder infantil. Fuente: Google imágenes.....	30
Figura 31. Almacén en planta baja. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura .....	31
Figura 32. Elementos de la línea de vida. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura.....	32
Figura 33. Diferentes acabados de madera .....	34
Figura 34. Capa carbonizada en una viga de madera .....	35
Figura 35. Estructuras de madera en ambientes agresivos.....	36
Figura 36. Conductividad térmica de distintos materiales empleados en la construcción .....	37
Figura 37. Limpieza en obra y fácil manipulación en construcciones de madera .....	37
Figura 38. Bodegas Protos, Valladolid, España .....	38
Figura 39. Pabellón Chile, expo de Milán.....	38
Figura 40. Ciclo de vida útil de la madera. Fuente: Finsa .....	39
Figura 41. Madera laminada encolada.....	40
Figura 42. Valores característicos de la MLE homogénea, según su clase resistente. Fuente: CTE DBSE-M.....	41
Figura 43. Sobrecarga de uso G1.....	43

Figura 44. Sobrecarga de uso G2.....	44
Figura 45. Sobrecarga de uso G3.....	44
Figura 46. Sobrecarga de uso Q1.....	45
Figura 47. Sobrecarga de uso Q2.....	46
Figura 48. Sobrecarga de uso Q3.....	46
Figura 49. Sobrecarga de uso Q4.....	47
Figura 50. Sobrecarga de uso Q5.....	47
Figura 51. Sobrecarga de uso Q6.....	48
Figura 52. Temperatura T1.....	49
Figura 53. Temperatura T2.....	49
Figura 54. Viento 1+X: Presión al 25%.....	51
Figura 55. Viento 2+Y: Presión al 100%.....	51
Figura 56. Viento 3-X: Succión al 25%.....	52
Figura 57. Viento 4-Y: Succión al 100%.....	52
Figura 58. Sobrecarga de uso Q1.....	54
Figura 59. Sobrecarga de uso Q2.....	54
Figura 60. Temperatura T1.....	55
Figura 61. Temperatura T2.....	55
Figura 62. Viento 1+X: Presión al 25%.....	56
Figura 63. Viento 2+Y: Presión al 100%.....	56
Figura 64. Viento 3-X: Succión al 100%.....	57
Figura 65. Viento 4-Y: Succión al 25%.....	57
Figura 66. Modelo en SAP 2000 de la torre principal.....	60
Figura 67. Modelo en SAP 2000 de la torre de llegada.....	61
Figura 68. Hoja de cálculo. Identificación de esfuerzos en el Pilar Central. Elaboración propia.....	61
Figura 69. Hoja de cálculo. Determinación de las acciones de cálculo en el Pilar Central. Elaboración propia.....	62
Figura 70. Hoja de cálculo. Determinación de las acciones de cálculo en el Pilar Central. Elaboración propia.....	63
Figura 71. Plataformas de madera en parque de puentes colgantes.....	67
Figura 72. Vías de escalada con acabado en madera.....	67
Figura 73. Lona de poliéster con recubrimiento de PVC en blanco.....	69
Figura 74. Estructura con cubierta de poliéster con recubrimiento de PVC. Fabricante: Gíofex.....	69
Figura 75. Tabla de predimensionamiento de paneles CLT. Fabricante: SOLID CLT.....	70
Figura 76. Elementos de conexión de los cables. Tensores abiertos.....	71
Figura 77. Modelo 3D de la torre principal y de la torre de llegada.....	72
Figura 78. Vista 3D de las dos torres.....	72
Figura 79. Vista 3D de la torre principal desde la torre de llegada.....	73
Figura 80. Vista 3D de la torre de llegada desde la torre principal.....	73
Figura 81. Montaje de estructura de madera.....	74
Figura 82. Plataforma elevadora auxiliar.....	77
Figura 83. Grúa móvil para izado de grandes piezas.....	77
Figura 84. Comparación estética entre las dos soluciones.....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de las plataformas.....	23
Tabla 2. Juegos radiales.....	25
Tabla 3. Juegos exteriores.....	29
Tabla 4. Ubicación de tirolinas.....	31
Tabla 5. Patrones de carga sobre la torre de llegada.....	42
Tabla 6. Patrones de carga en la torre de llegada.....	53
Tabla 7. Barras de la torre principal.....	68
Tabla 8. Barras de la torre de llegada.....	71

## 0. INTRODUCCIÓN

---

Desde los inicios de la civilización la madera ha sido el material de construcción más utilizado debido a su versatilidad, su aptitud para ser tratada y, sobre todo, a su disponibilidad como recurso natural. Esta situación comienza a variar con los avances tecnológicos aplicados a los nuevos materiales confeccionados por el hombre: hormigón y acero, fundamentalmente.

En la primera mitad del siglo XX ya es evidente que la madera sufrió un abandono casi total como material estructural en favor de los llamados “materiales convencionales”. Estos, creados por el hombre, presentaban ventajas importantes en cuanto a condiciones de resistencia, durabilidad y, sobre todo, al conocimiento de su comportamiento, que no se podía saber con el mismo grado de certeza. Pese a esto, en países con abundancia de madera no se ha perdido la tradición en su uso estructural, no sucediendo igual en los demás.

Sin embargo, esta situación comienza a variar de forma progresiva desde finales del siglo XX hasta nuestros días por dos motivos, fundamentalmente. Por un lado, la creación de un marco normativo a nivel nacional: el Código Técnico de la Edificación, que está basado en el Eurocódigo-5. En España disponemos de un marco normativo que sitúa a la madera estructural en igualdad de condiciones frente a otros materiales. Por otro lado, los avances en investigación y desarrollo en la utilización de la madera como material estructural han favorecido que se revierta esa situación. Mombiedro de la Torre (1969) afirma: “En los últimos años, el estudio más científico de la misma y el desarrollo de sus diferentes tecnologías, han permitido disponer de una madera en la que el hombre ha tenido más intervención; lo que podríamos decir, más “hecha por él, y como tal, mayor grado de certeza respecto a su comportamiento”.

La tecnología aplicada por el hombre en cuanto a productos de madera se refiere, ha propiciado la creación del tablero contrachapado, la madera laminada encolada, el tablero de partículas o el panel de madera contralaminada, por citar algunos. Todos estos productos nos permiten proyectar soluciones en mejores condiciones de seguridad y de resistencia.

A día de hoy, la innovación en el desarrollo de las tecnologías es fundamental en la consolidación de la madera como material estructural en proyectos más complejos y ambiciosos, pero no es el único factor importante. La divulgación científica, la creación de normativa de referencia sobre su uso (Eurocódigo-5 y Código Técnico de la Edificación) y la labor de los docentes en la transmisión de los conocimientos técnicos necesarios, son igual de importantes. Un claro ejemplo de ello es la publicación del libro “Cálculo de estructuras de Madera” de Ramón Argüelles, 1969. El primer libro en este género en nuestro país.

El sector de la construcción es uno de los más contaminantes, tanto de forma directa en la misma obra (maquinaria, generación de residuos, etc.), como de forma indirecta en los numerosos procesos industriales que han de tener lugar para fabricar perfiles metálicos o piezas de hormigón prefabricado, entre otros productos. La emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera es muy elevada. Por este motivo se está promocionando la utilización de madera en la construcción. Hay que mencionar que desde que nace un árbol hasta que es talado y confeccionado como piezas útiles en construcción, el balance de emisiones de CO<sub>2</sub> resulta negativo, es decir, se absorbe más cantidad de la que se emite en su proceso de fabricación. Esta absorción resulta mayor en las fases iniciales de crecimiento.

La utilización de la madera debe realizarse de forma racional y sostenible; la reforestación y el aprovechamiento de los bosques de forma controlada son aspectos fundamentales en la buena práctica de construcción con madera.

## 1. OBJETIVO

---

El presente trabajo académico tiene como base un proyecto existente llevado a cabo en el año 2019 en el centro comercial LAGOH, en Sevilla. El objeto del mencionado proyecto es la implantación de dos estructuras de acero de carácter recreativo en el centro comercial. Por un lado, se tiene una estructura principal de planta poligonal cilíndrica, en la que se disponen los juegos recreativos. Por el otro, una estructura secundaria de planta rectangular cuya única misión es la recepción de tirolinas que salen de la primera.

Como se ha mencionado, ambas estructuras son de acero, un material típico en la confección de estructuras singulares del estilo de las del proyecto. Las nuevas corrientes de construcción están ligadas al desarrollo sostenible, a la búsqueda de la eficiencia energética, a generar menos residuos y a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, tanto de forma directa, como de las actividades derivadas en todo el proceso de construcción. Por todo ello, surge la idea de modificar el proyecto existente en consonancia con estas cuestiones.

El objetivo del presente trabajo académico es, por tanto, proponer una modificación del proyecto actual. Esta modificación, o propuesta alternativa, no se centra en diseñar un nuevo concepto arquitectónico o funcional, sino más bien de hacerlo en un material de construcción diferente, partiendo de una tipología dada. El material alternativo es la madera laminada encolada, que además de ofrecer ciertas ventajas respecto al acero, permite obtener soluciones sencillas, ligeras y resistentes, sin olvidar el alto valor estético que ofrecen.

En definitiva, a lo largo del presente documento se expondrá en primer lugar, la situación de partida y se definirá el proyecto existente en la actualidad. Seguidamente se desarrollará la alternativa propuesta, incidiendo en las ventajas que ofrece la madera laminada, en aspectos de cálculo y dimensionamiento de los elementos. Por último, se definirá el proceso constructivo (plazos aproximados y fases de montaje) y se finalizará con una valoración económica de la solución.





## 2. DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este apartado se define la situación existente en el centro comercial LAGOH, en Sevilla y se explica el proyecto original. En este proyecto se contemplan dos torres de carácter recreativo de la empresa URBAN PLANET: una torre principal (denominada Torre Multiaventura en el proyecto original) en la que se localizan los rocódromos y los juegos de puentes colgantes, y una torre secundaria que de ahora en adelante se identificará como “torre de llegada”, cuya misión es recibir las tirolinas que parten de la primera.

### 2.1. LOCALIZACIÓN

La Torre Multiaventura se localiza en el nuevo centro comercial LAGOH en Sevilla, próximo a la autovía SE-30 y la Autovía del Sur A-4, y junto al río Guadalquivir.



Figura 1. Situación del Nuevo Centro comercial LAGOH. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

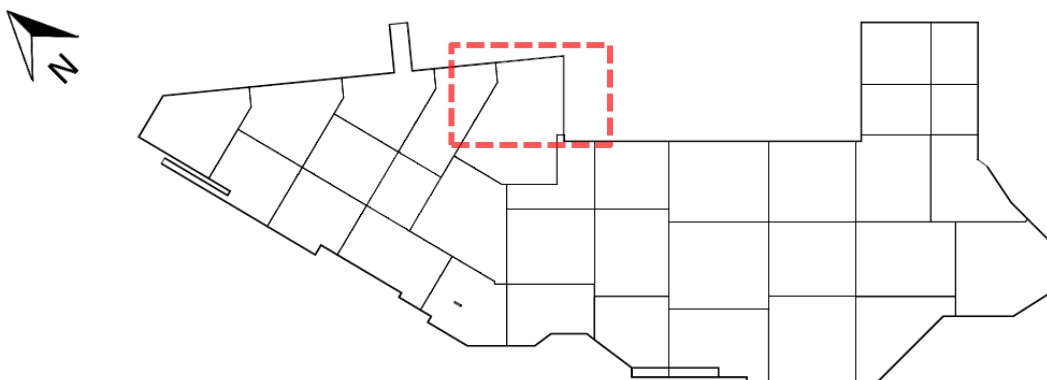


Figura 2. Esquema del centro comercial LAGOH y ubicación de la torre. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura



Figura 3. Situación del Nuevo Centro comercial LAGOH. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura



Figura 4. Estructura construida. Fuente: elcorreoweb.es

## 2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL

Como se ha mencionado, las instalaciones conforman un parque recreativo de puentes, formado por una estructura poligonal construida en acero y con una cubierta formada por carpas de sombreado. La estructura tiene tres alturas con tirolinas en cada una de ellas, que tienen un recorrido de 25 metros aproximadamente hasta una estructura receptora, construida también en acero.

Las alturas de las distintas plantas son:

- **Nivel 0 o planta baja**, situado a la cota +0,00 y +0,50
- **Nivel 1 o planta 1ª**, situado a la cota +3,50
- **Nivel 2 o planta 2ª**, situado a la cota +7,00

Por otro lado, los juegos de los que se compone son:

- 2 vías de escalada “Boulder”
- 1 vía de escalada “Boulder” doble
- 1 vías de escalada “Boulder” para infantil con presas a baja altura y suelo de caucho
- 13 puentes radiales, 4 de ellos en planta baja, 4 en planta 1ª y 5 en planta 2ª
- 21 puentes exteriores, 5 de ellos en planta baja, 8 en planta 1ª y 8 en planta 2ª
- 6 tirolinas, 2 de ellos en planta baja, 2 en planta 1ª y 2 en planta 2ª

Los puentes colgantes, elementos singulares del espacio recreativo, se distribuirán de la siguiente forma:

- Planta 2: 5 juegos radiales y 8 juegos perimetrales
- Planta 1: 4 juegos radiales y 8 juegos perimetrales
- Planta 0: 4 juegos radiales y 5 juegos perimetrales

Los accesos a la torre se llevan a cabo a través de una escalera de subida y bajada entre la planta baja y la planta primera, y mediante una escalera de subida y bajada entre la planta primera y la planta segunda.

Por otro lado, la torre de llegada o de recepción, que recibe las tirolinas, es una estructura de planta rectangular con tres alturas sobre la cual se dispone de unas escaleras auxiliares para acceder a cada una de ellas.

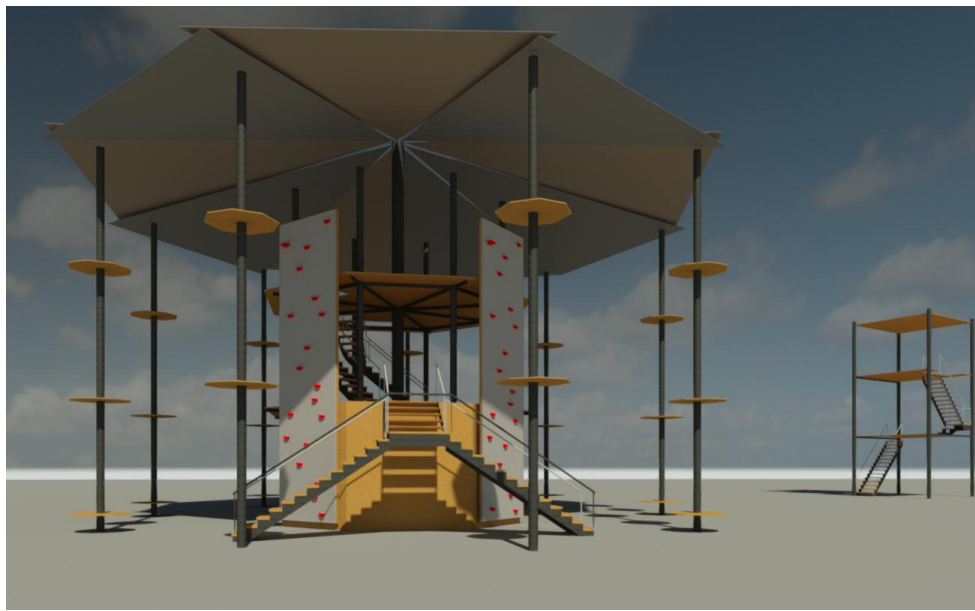


Figura 5. Vista 3D de la torre y la estructura de recepción. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

## 2.3. ESTRUCTURAS

Como ya se ha avanzado antes, la torre principal es una estructura de acero pintado con uniones atornilladas y soldadas. La estructura está formada por la siguiente perfilaría:

- 1 pilar central del tipo  $\varnothing 323,7 \times 6,3$  mm
- 8 pilares interiores del tipo  $\varnothing 193,7 \times 6,3$  mm
- 9 pilares exteriores del tipo  $\varnothing 244,5 \times 6,3$
- Entramado de perfiles de sección rectangular  $\#120 \times 60 \times 4$  mm y  $\#70 \times 50 \times 4$  mm
- Las cruces de San Andrés serán de sección rectangular  $\#100 \times 500 \times 4$
- Las vigas radiales de cubierta serán de sección rectangular  $\#200 \times 150 \times 8$
- La viga perimetral de cubierta será de sección rectangular  $\#150 \times 100 \times 4$
- Las vigas de cubierta se arriostrarán con barras  $\varnothing 20$

La notación utilizada en el proyecto original para identificar las columnas es:

- **C0** para el pilar central
- **I1 a I8** para los pilares interiores
- **E1 a E9** para los pilares exteriores

Por otro lado, la estructura de recepción de las tirolinas o torre de llegada, es también de acero con uniones atornilladas y soldadas. Está formada por la siguiente perfilaría:

- 4 pilares de sección  $\varnothing 193,7 \times 6,3$  mm
- Entramado de perfiles de sección rectangular  $140 \times 80 \times 4$  mm
- Cruces de san Andrés de sección cuadrada  $60 \times 60 \times 4$

Es conveniente definir la escalera contigua a la torre de llegada, esta es de acero con uniones atornilladas y soldadas, que está formada por:

- 4 pilares  $\varnothing 121 \times 5$  mm
- Perfiles de sección rectangular #100x50x4

En las siguientes imágenes (extraídas de la memoria de cálculo del proyecto original) se pueden apreciar las estructuras modeladas en el programa METAL3D de CYPE.

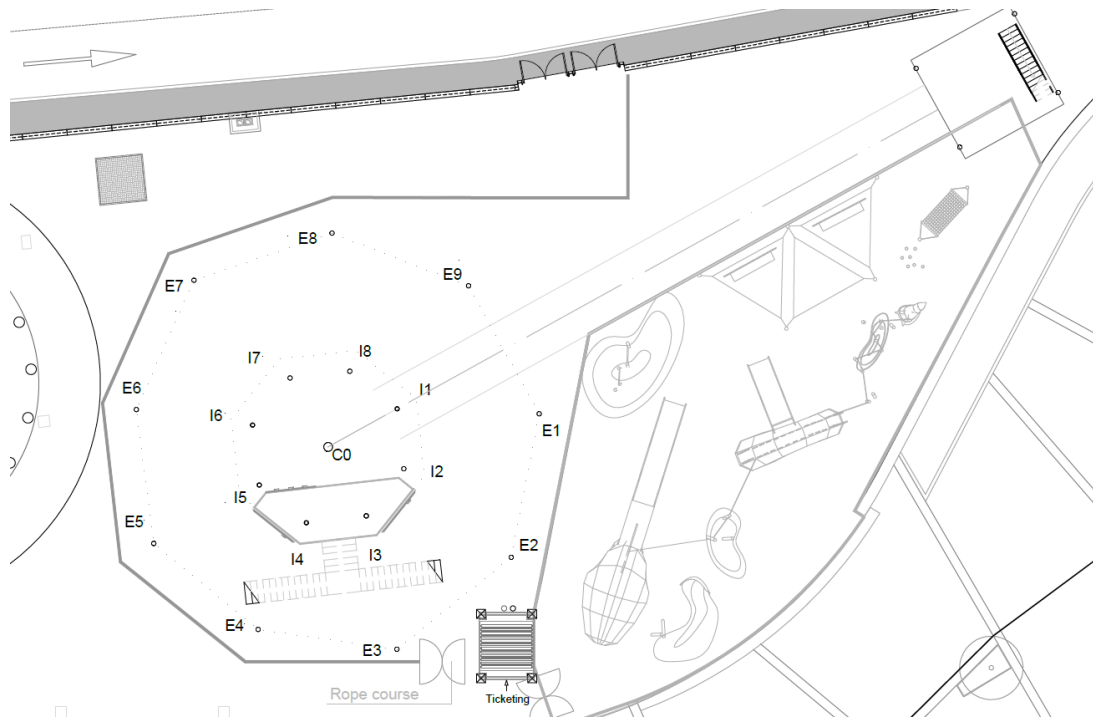


Figura 6. Planta general, situación de pilares. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

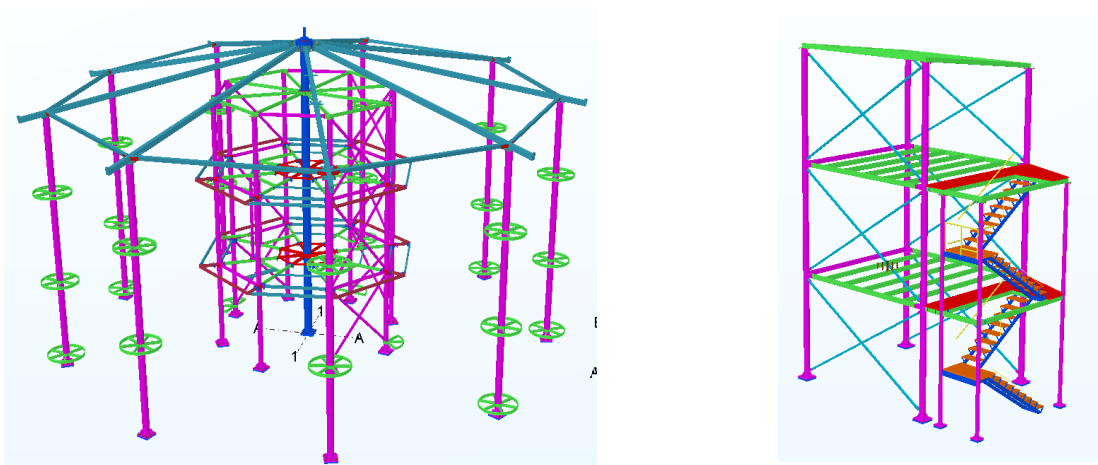


Figura 7. Estructura 3D. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura



## 2.4. CIMENTACIÓN

### 2.4.1. Torre principal

La torre principal está anclada sobre el forjado existente; este es de tipo reticular con casetón recuperable, de canto 40+10 cm. El armado base de los nervios es de  $2\varnothing 12$  en la cara inferior más los refuerzos necesarios en ambas caras, en las zonas macizadas (ábacos) se ha dispuesto un armado base entre nervios de  $2\varnothing 20$  en cara superior y  $2\varnothing 8$  en cara inferior.

El forjado está diseñado para una sobrecarga de uso de  $10 \text{ kN/m}^2$ . Sobre el forjado existente descansa un pavimento de 40 cm. Este pavimento ha sido levantado en ciertas zonas para poder conformar la cimentación. Las zonas levantadas se encuentran en los pilares exteriores de la torre principal. Véase el plano "04.01. PB +0.00. Cimentación".

**No se especifica la composición del pavimento existente** de 40 cm sobre el forjado reticular. No obstante, los datos utilizados en el modelo estructural, y la información extraída de la memoria de cálculo de la cimentación, hablan de una carga muerta (según proyecto) de  $6.00 \text{ kN/m}^2$ . Por lo que no parece ser totalmente de hormigón.

En esta línea, también es necesario mencionar que el forjado reticular está dimensionado (según proyecto) para una SCU de  $10.00 \text{ kN/m}^2$ . Sin embargo, en la zona del parque, la SCU considerada es de  $3.00 \text{ kN/m}^2$ .

La cimentación de la torre principal está compuesta por dos elementos:

- 1) Zapatas aisladas de 37.5 cm de espesor, conectadas al forjado existente (levantando los 40 cm de pavimento), estando ancladas al mismo, como se puede apreciar en la siguiente figura. Los pilares sobre los que se han dispuesto zapatas son: E3, E4, E5, E6, E7, E8 y E9.

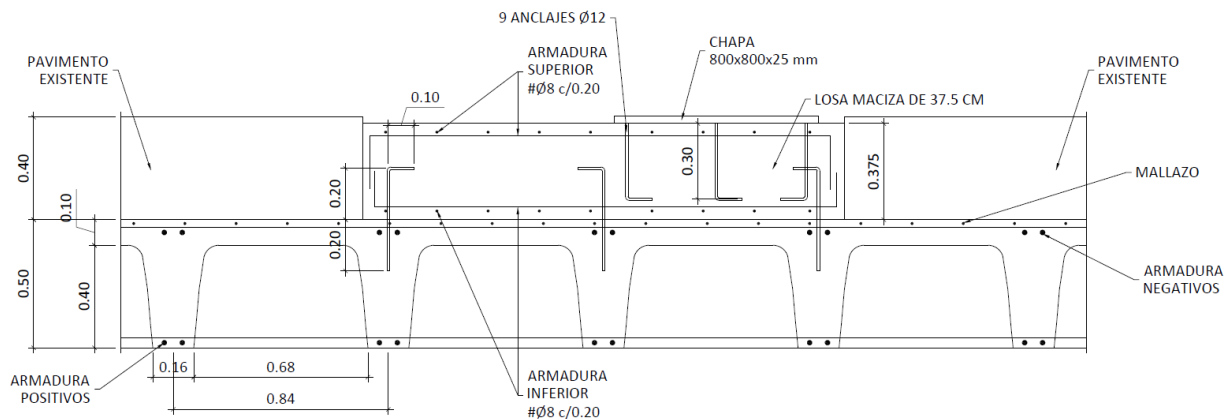


Figura 8. Detalle conexión forjado existente con zapatas. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla

- 2) Una losa de cimentación poligonal de 35 cm de espesor, conectada tanto a dos muros existentes como a dos pilares existentes. La losa y el forjado reticular están separados por una capa de poliespán de unos 25 mm. Esta losa recoge a los pilares interiores (I1 a I8), al pilar C0 y a los pilares E1 (que queda fuera del forjado existente) y E2 (que cae sobre el muro). La parte de la losa que recoge a los pilares E1 y E2 (fuera del forjado reticular) descansa sobre el terreno.

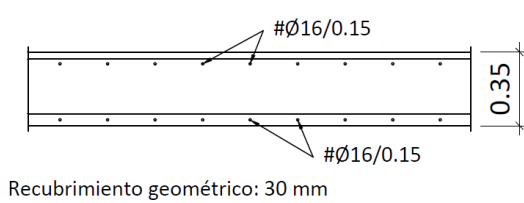
DATOS DE LA LOSA MACIZA	
CARGAS	SECCION TIPO LOSA (ARM. BASE)
PESO PROPIO:	8.75 kN/m <sup>2</sup>
SOBRECARGA DE USO:	3.00 kN/m <sup>2</sup>
CARGAS MUERTAS:	2.00 kN/m <sup>2</sup>
CARGA TOTAL:	13.75 kN/m <sup>2</sup>
	

Figura 9. Datos de la losa maciza. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla

El PP de la losa de 35 cm es de 8.75 kN/m<sup>2</sup>, y la CM del pavimento existente es de 6.00 kN/m<sup>2</sup> (según proyecto), lo que podría inducir a un aumento de 2.75 kN/m<sup>2</sup> sobre el reticular. No obstante, esta no supone un incremento de carga en el forjado reticular, pues para evitar que el parque multiaventura transmita las cargas directamente al forjado existente, se ha dispuesto la capa de poliespán de 25 mm, mencionada antes, y se realizará la conexión con los pilares y muros existentes. En la siguiente imagen se puede apreciar el modelo utilizado.

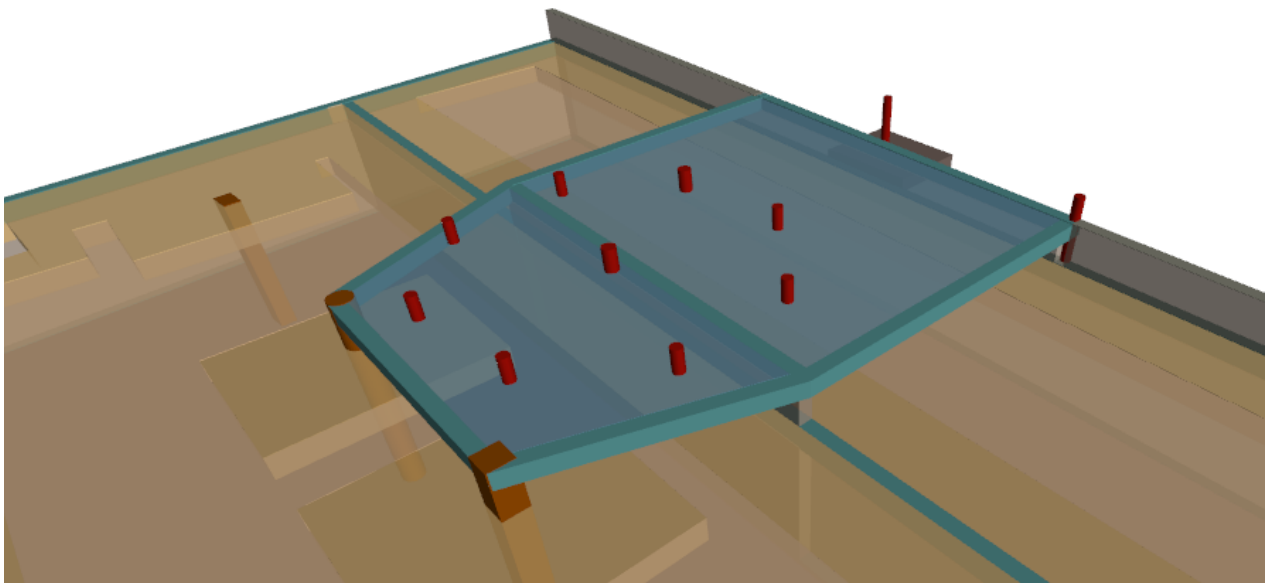


Figura 10. Modelo de losa de 35 cm en CYPECAD. Fuente: Memoria de cálculo para la instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla

La conexión de la losa de la base de apoyo es con los pilares DZ3 y DZ3b (pilares existentes desde la planta inferior) y con los muros, en especial en la proximidad de la zona del pilar C0, I8 e I3-I4.

En el modelo y en la memoria de cálculo también se ha tenido en cuenta las acciones transmitidas por los pilares, a la losa de cimentación, y como consecuencia de su conexión, a los elementos existentes (pilares

DZ3 y DZ3b, y los dos muros). Además del efecto de los pilares exteriores sobre el forjado y sobre las propias placas de anclaje.

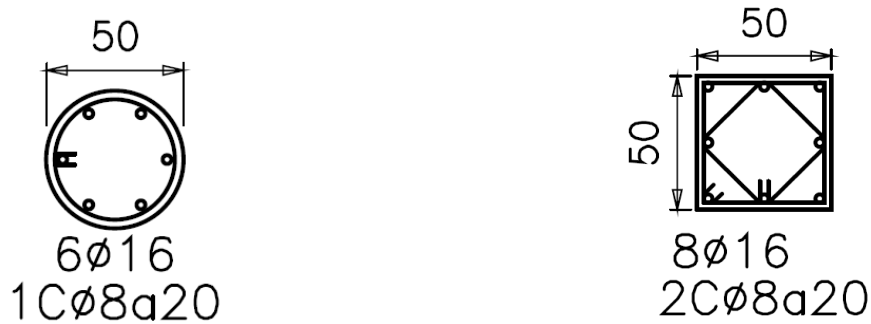


Figura 11. Pilares existentes (DZ3 y DZ3b). Fuente: Memoria de cálculo para la instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla

En la siguiente imagen se muestra el detalle de conexión de la losa con el muro existente, la geometría de la losa y la planta general de la cimentación de la torre principal.

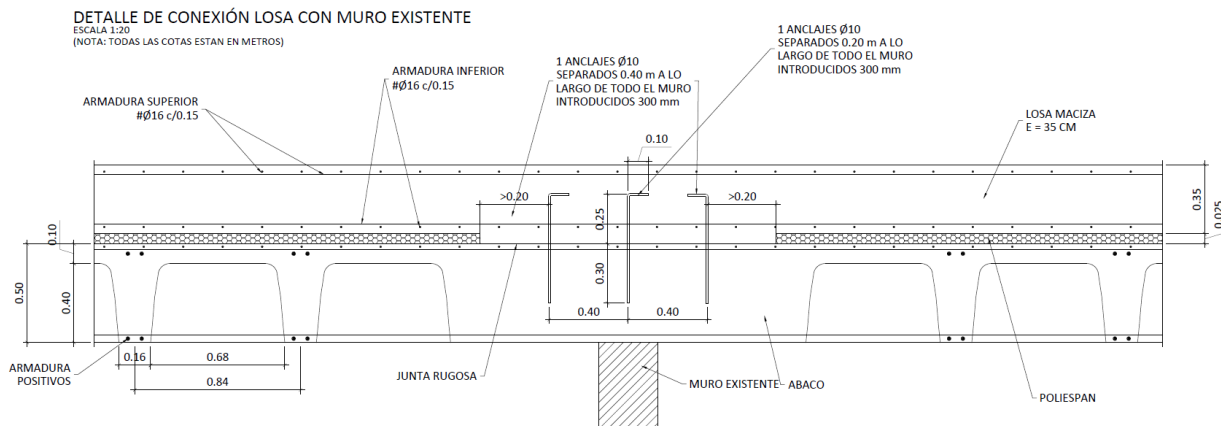


Figura 12. Detalle conexión losa de 35 cm con muro existente. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla



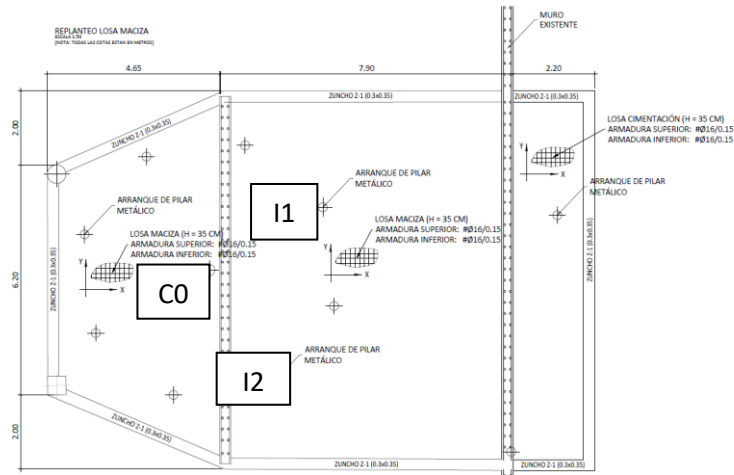


Figura 13. Losa de 35 cm, posición de pilares y muros. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla

La losa presenta un refuerzo superior ( $\varnothing 10/15\text{cm}$ ) en todo el ancho de la zona del muro que recibe al pilar CO, y un refuerzo inferior ( $\varnothing 16/15\text{ cm}$ ) en todo el ancho de la línea que une los pilares I1 e I2.

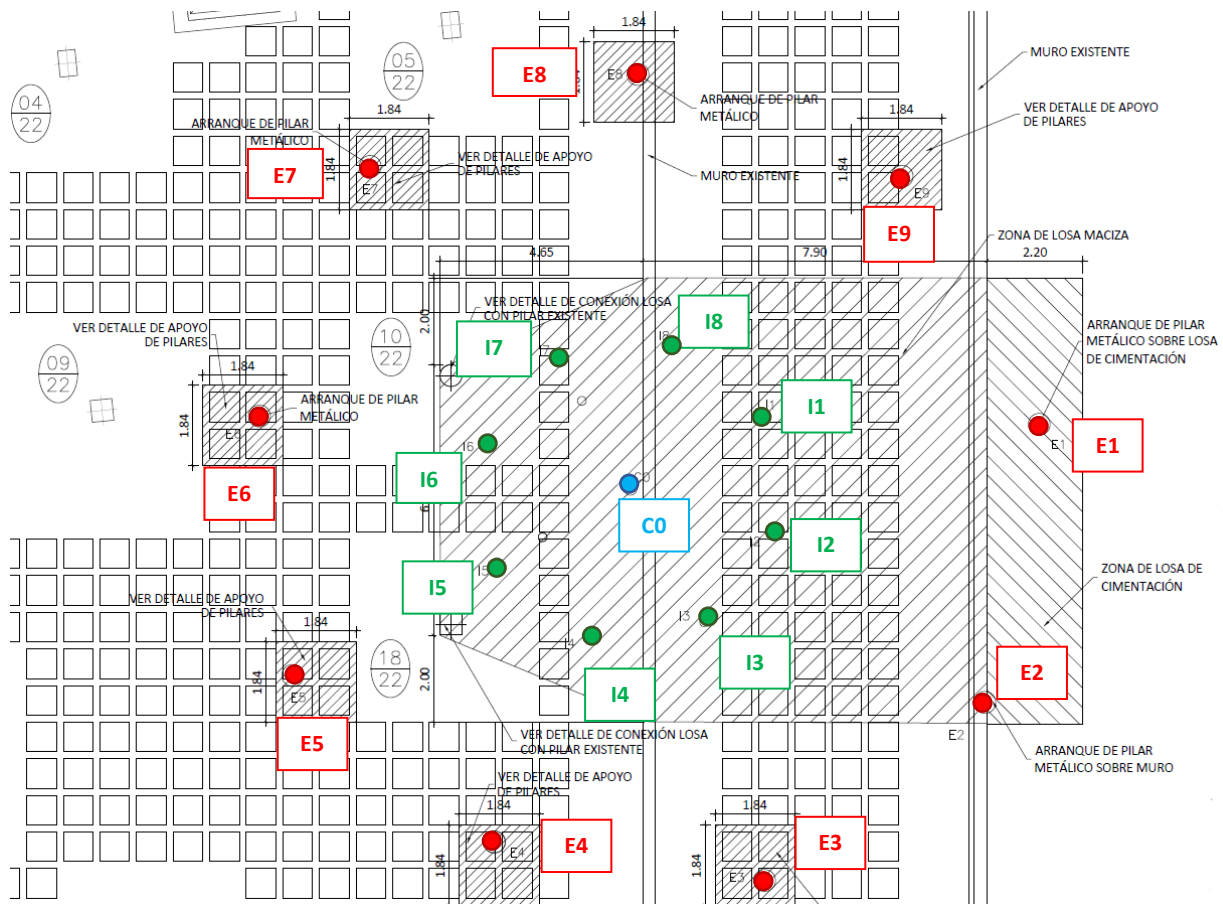


Figura 14. Planta general de la cimentación de la torre principal. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla

La base de los pilares de la torre son placas de 800x800 mm y 25 mm de espesor conectadas a la cimentación con 9 anclajes  $\varnothing 12$  para los pilares exteriores. Para los interiores, placas de 800x800 mm y 35 mm de espesor con 16 anclajes  $\varnothing 20$ .

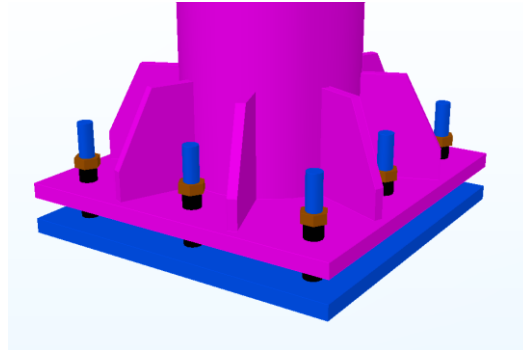


Figura 15. Vista 3D de la placa base de los pilares de la torre principal. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

#### 2.4.2. Torre de llegada

En cuanto a la torre de llegada, la cimentación está resuelta con una losa de 35 cm que descansa sobre el terreno. La armadura base de la losa es de  $\varnothing 12$  cada 15 cm en ambas direcciones, tanto en la capa superior como en la capa inferior.

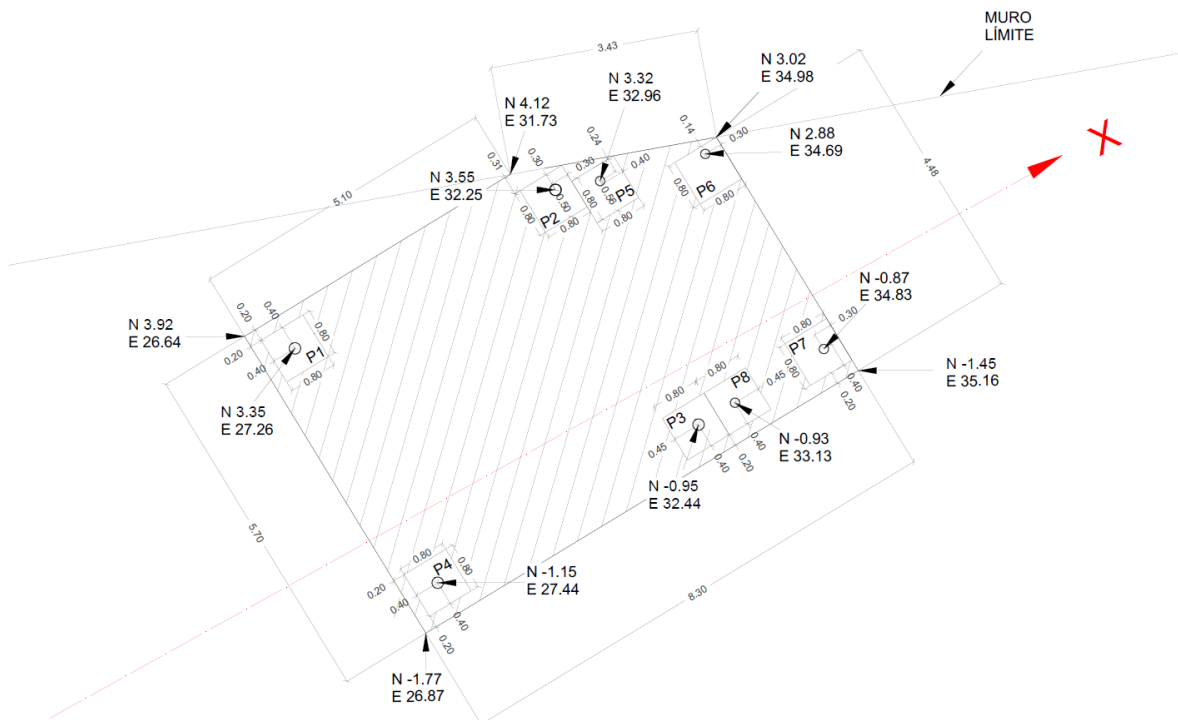


Figura 16. Replanteo de la cimentación de la torre de llegada. Fuente: Proyecto instalación de parque Multiaventura sobre forjado del centro comercial LAGOH en Sevilla

La base de los pilares de la estructura de la torre de llegada son placas de 800x800 mm y 25 mm de espesor con pernos  $\varnothing 12$ .

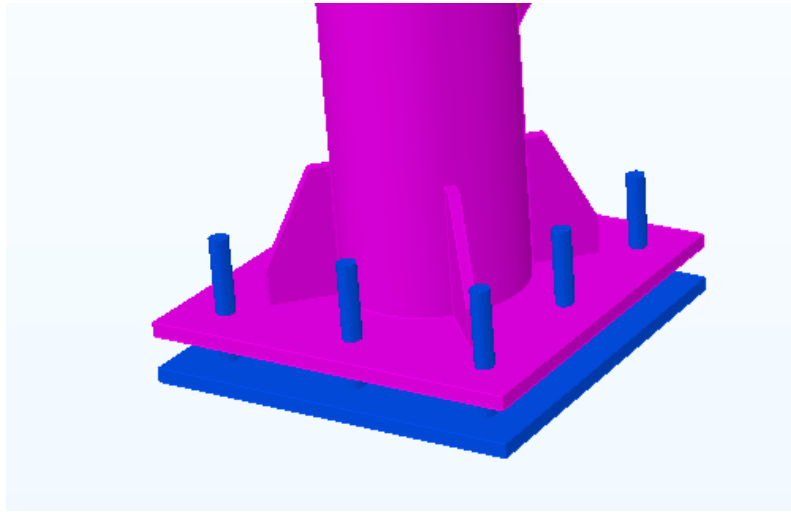


Figura 17. Vista 3D de la placa base de los pilares de la torre de llegada. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

## 2.5. EQUIPAMIENTOS

En este apartado se va a enumerar y explicar los elementos singulares y los equipamientos que forman parte de la estructura. Estos son de gran importancia para la concepción completa de la obra y también son condicionantes para desarrollar la configuración geométrica del parque y para considerar ciertas acciones en el cálculo.

### 2.5.1. Plataformas

Son los elementos encargados de recibir los puentes colgantes radiales y perimetrales. Estas plataformas son circunferencias de 800 mm de radio (700 mm de la estructura), y están formadas por radios constituidos con perfiles tubulares de 100x50x3 mm y una platabanda exterior de 10 mm de espesor con taladros  $\varnothing 17$  mm, separados 275 mm para la instalación de los cáncamos que sujetan los cables inferiores de los juegos.



Figura 18. Vista 3D de la plataforma. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

La superficie de estas plataformas, así como la de las plantas están formadas por un tablero contrachapado okume fenólico marino de 20 mm de espesor, de color oscuro, con una cara lisa y otra cara rugosa antideslizante.

En la siguiente tabla se resume la ubicación de las plataformas.

COLUMNAS	PLANTA BAJA	PLANTA 1ª	PLANTA 2ª
	NIVEL +0.50	NIVEL +3.50	NIVEL +7.00
	10 UD	9 UD	9 UD
I2, I5, I8	3 ud	---	---
E3, E4	---	2 ud	2 ud
E1, E2, E5, E6, E7, E8, E9	7 ud	7 ud	7 ud

Tabla 1. Ubicación de las plataformas

### 2.5.2. Escaleras de acceso

El acceso a la torre se sitúa entre los pilares E2 y E3 por necesidades operativas, ver plano "03.01. PB+0.50". Debido a ello, la ubicación de escalera de acceso es entre los pilares I3 e I4. Esta escalera tiene 14 peldaños, un rellano y 6 peldaños más con una huella de 25 cm y una contrahuella de 17.50 cm, y alcanza la cota +3.50 desde la cota +0.00.



Figura 19. Escalera de acceso (Urban Planet Sagunto). Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

Por otro lado, la escalera interior está construida con tramos rectos para poder instalar la línea de vida en la parte superior de la barandilla.

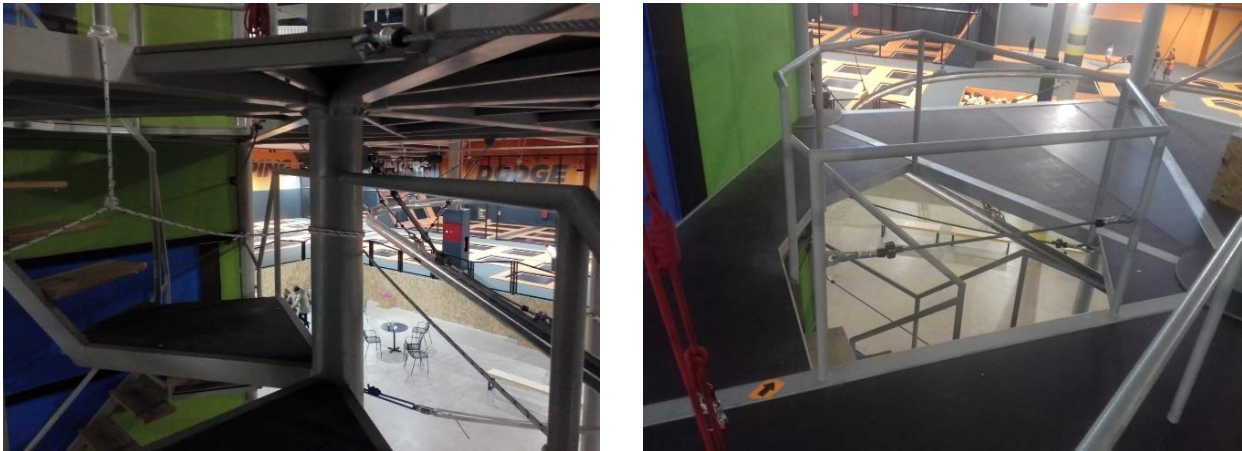


Figura 20. Escalera interior (Urban Planet Sagunto). Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

### 2.5.3. Velas de sombreado

Como se ha avanzado antes, la cubierta de la torre está resuelta mediante velas de sombreado. Estas velas son de poliéster de alta tenacidad (AT) con recubrimiento de PVC por ambas caras. Son velas de forma triangular, cada una de ellas se ancla al pilar central CO y dos pilares exteriores.

La torre de llegada también dispone de una vela de sombreado de forma rectangular, anclada a la cabeza de los cuatro pilares de la torre.



Figura 21. Velas de sombreado. Fuente: CATVELA

### 2.5.4. Juegos radiales

Los juegos instalados son un total de 13 juegos radiales, diferenciando cinco tipos diferentes:

- Puente de tronco de entrada
- Puente doble tronco de regreso
- Puente de cuerdas de entrada
- Puente de cuerdas de regreso
- Puente escalera entre planta 1ª y planta 2ª

En la siguiente tabla se puede apreciar la situación de los mismos, identificando la conexión entre pilares y la altura a la que se encuentran.

PILARES	PLANTA BAJA	PLANTA 1ª	PLANTA 2ª
	NIVEL +0.50	NIVEL +3.50	NIVEL +7.00
	4 JUEGOS RADIALES	5 JUEGOS RADIALES	4 JUEGOS RADIALES
I2 a E1	Pendiente de definir	Puente de troncos de entrada	Puente de cuerdas de entrada
I2 a E2	Pendiente de definir	---	---
I5 a E5	Pendiente de definir	Puente de troncos de entrada	Puente de cuerdas de entrada
I6 a E6	---	Puente escalera	(llega de P 1ª)
I7 a E7	---	Puente de troncos de entrada	Puente de cuerdas de entrada
E9 a I8	Pendiente de definir	Puente doble tronco de regreso	Puente de cuerdas y U's de regreso

*Tabla 2. Juegos radiales*

Los puentes radiales están conectados entre la torre central y las plataformas exteriores en planta 1ª y 2ª y entre plataformas en planta baja, a la cota +0.50 m.

El Nivel de Piso Terminado de cada planta está 10 cm por encima de los cables que unen las plataformas (dos o tres, dependiendo del juego) y están separados 275 mm. También se menciona que existe un cable de línea de vida 1.86 metros por encima de la planta, a la cota NPT +1.86 m, y un cable situado 0.20 metros por encima de la línea de vida, a la NPT+2.06 m.



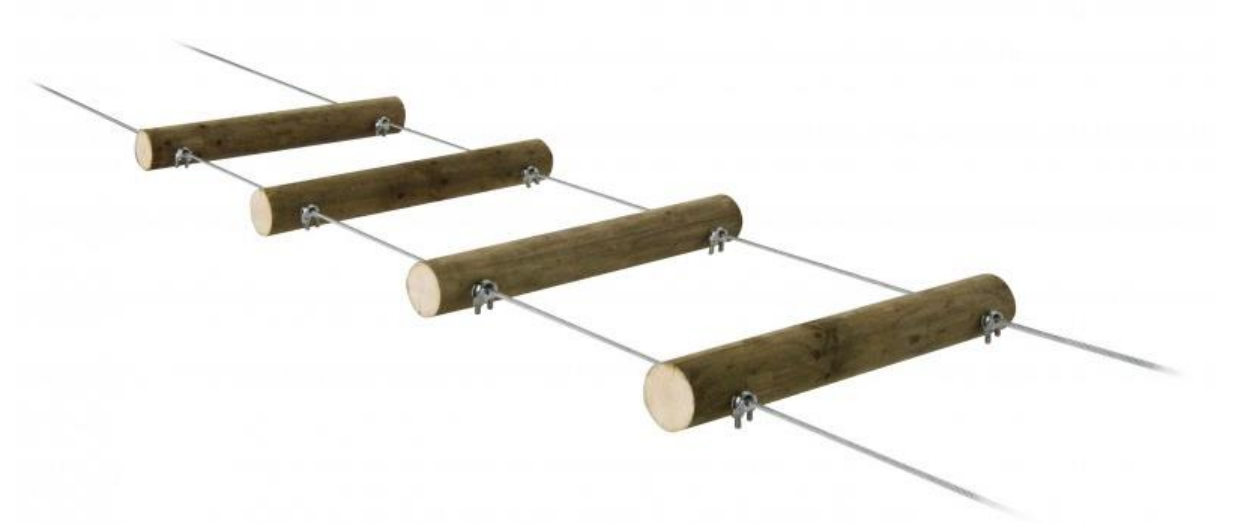


Figura 22. Puente de troncos de entrada. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

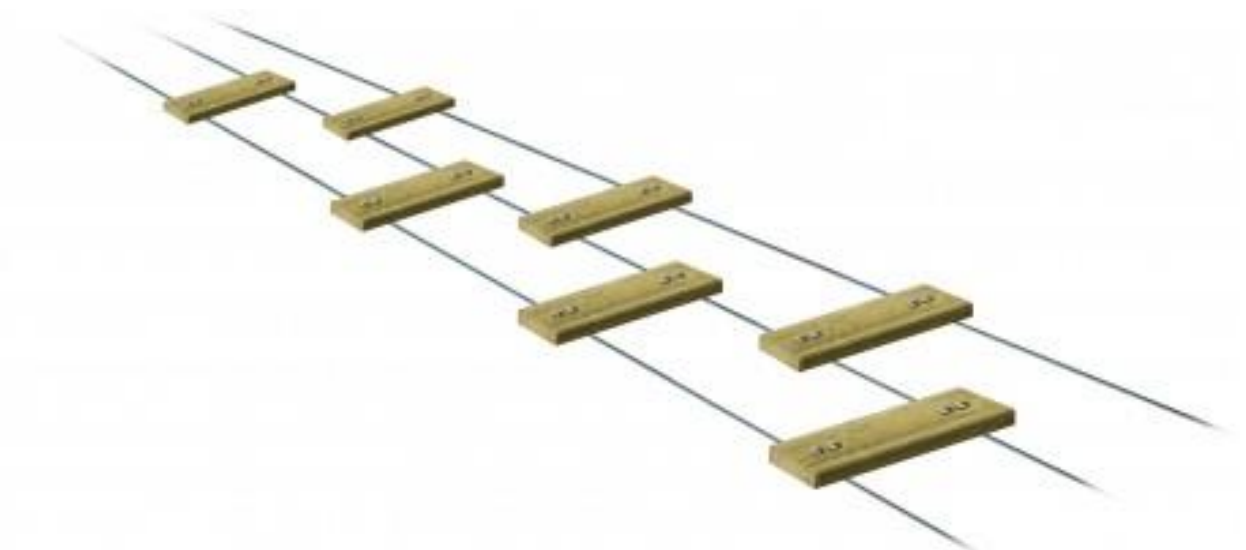


Figura 23. Puente doble tronco de regreso. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura



Figura 24. Puento de cuerdas de entrada. Fuente:  
Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura



Figura 25. Puento de cuerdas y U's de regreso. Fuente:  
Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

Los elementos de sujeción de los juegos contemplados son:

- 1) Abrazaderas de sujeción al pilar (4 ud/juego, compartidas con otros juegos), 2 para la línea de vida y 2 para los cables superiores
- 2) Barra espaciadora (2 ud/juego)
- 3) Tensores horquilla-horquilla con tuerca autoblocante (4 ud/juego)
- 4) Cáncamos de ojal con  $\varnothing 35$  y varilla de  $\varnothing 16$  mm de 300 mm de longitud para atornillar a la plataforma con tuerca y contratuerca (4 o 6 ud /juego)
- 5) Peldaños a la cota NPT+390 mm (2 ud/juego)
- 6) Agarres a la cota NPT+1.370 mm (2 ud/juego)

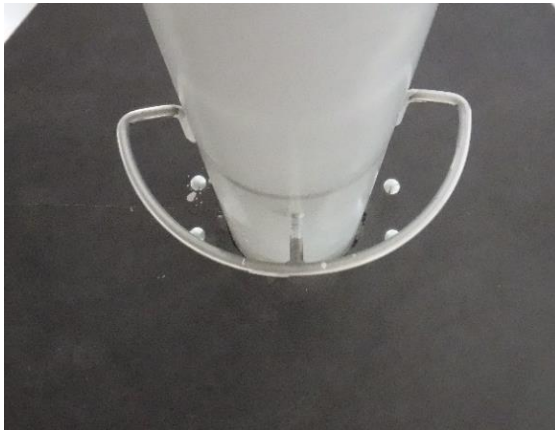


Abrazadera pilar para enganche par 2 línea de vida y los 2  
cables superiores



Barra espaciadora





Peldaños a cota NPT+390 mm



Agarre de manos a cota NPT+1.370 mm



Cáncamo de ojal



Tensor horquilla-horquilla

Figura 26. Elementos de sujeción de los juegos. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

### 2.5.5. Juegos exteriores

De forma similar a lo comentado sobre los juegos radiales, los juegos exteriores son un total de 21, especificados en la siguiente tabla:

ENTRE PILARES	PLANTA BAJA NIVEL +0.50 INFANTIL	PLANTA 1ª NIVEL +3.50 FÁCIL	PLANTA 2ª NIVEL +7.00 AVANZADO
	5 JUEGOS EXTERIORES	8 JUEGOS EXTERIORES	8 JUEGOS EXTERIORES
E1 a E2	Champiñones	Puente tibetano	Red vertical
E2 a E3	---	Nubes	Zetas móviles
E3 a E4	---	Piano	Troncos basculantes

E4 a E5	---	Zetas fijas	Puentes móviles con ayuda
E5 a E6	Plátanos	Pendiente de definir	Puentes + U móviles
E6 a E7	Nubes	Pendiente de definir	Cuerdas en U
E7 a E8	Pendiente de definir	Pendiente de definir	Discos móviles
E8 a E9	Pendiente de definir	Pendiente de definir	Tronco equilibrista
E9 a E1	---	---	-----

Tabla 3. Juegos exteriores

Del mismo modo, se mantiene lo comentado sobre a cable de línea de vida y cotas del apartado anterior.



Figura 27. Juego de los champiñones. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

Es necesario comentar que esta información está extraída de la memoria de cálculo de la estructura y no se tiene toda la información de los juegos finalmente dispuestos a pesar de estar ya en funcionamiento el parque recreativo. Dado el alcance del presente trabajo, no se considera relevante confirmar los juegos catalogados como: “Pendiente de definir”.

### 2.5.6. Vías de escalada

En la torre principal se han dispuesto 4 vías de escalada, desde la cota +0.20 m en planta baja hasta la cota +8.50 m en planta segunda. Dos de ellas se sitúan entre los pilares interiores I2 e I3, y las otras dos, entre los pilares I4 e I5.

El tablero dispuesto para conformar las vías de escalada es un tablero contrachapado okume fenólico marino de 20 mm de espesor, color oscuro, con una cara lisa y otra antideslizante, es en esta última donde se sujetan las presas de escalada.

El tablero es de 250x125 cm, por lo que las correas horizontales están dispuestas cada 125 cm. Estas son un perfil tubular de 40x40x3 mm con dos pletinas superior e inferior de 40x4 mm. El anclaje se efectúa a través de tornillos M8X40, tuercas blocantes y tuercas ciegas. Mientras que las presas se anclan al tablero con tornillos M10.



Figura 28. Tablero fenólico. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura.



Figura 29. Presas. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

### 2.5.7. Boulder

Se trata de un rocódromo Boulder para infantiles situado en planta baja, desde la cota +0.20 m hasta la cota +3.00, pero con presas hasta la cota +2.50 m.



Figura 30. Boulder infantil. Fuente: Google imágenes

### 2.5.8. Tirolinas

Uno de los elementos más importantes son las tirolinas. Como se ha comentado con anterioridad, estas van desde la torre principal hasta la torre de llegada, recorriendo una distancia aproximada de 25 metros.

Estas se encuentran entre los pilares I8 e I1 y los pilares I1 e I2, atravesando la alineación de pilares exteriores E9 y E1. En total son 6 lanzamientos de tirolinas, dos por planta. En la siguiente tabla se muestran las características relevantes:

TIROLINA	DESDE COTA	HASTA COTA	LONGITUD	DESNIVEL	PENDIENTE MEDIA
Planta baja	+2.80	+2.05	25 m	0.75 m	3%
Planta 1ª	+3.50+2.80	+3.50+1.55	25 m	1.25 m	5%
Planta 2ª	+7.00+2.80	+7.00+1.55	25 m	1.25 m	5%

Tabla 4. Ubicación de tirolinas

### 2.5.9. Cuarto de almacén

Existe un cuarto almacén en planta baja con una superficie de 13,50 m<sup>2</sup>. El cerramiento del cuarto almacén es un tablero contrachapado okume fenólico marino de 30 mm de espesor, color oscuro, con una cara lisa y otra cara rugosa antideslizante. Las caras I2 a I5, I2 a I3 e I4 a I5 del cerramiento, constituyen también vías de escalada. La puerta de acceso se situará bajo las escaleras de acceso a planta 1ª desde planta baja, entre los pilares I3 e I4, tal y como se aprecia en la siguiente imagen:

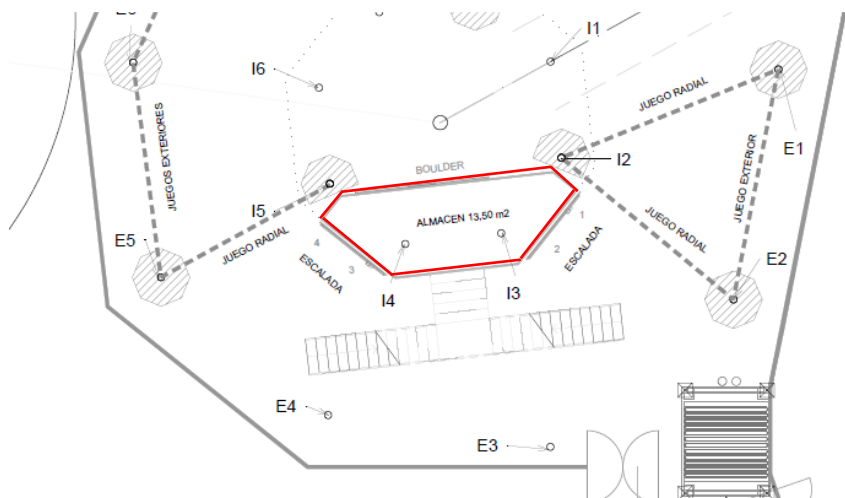


Figura 31. Almacén en planta baja. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

### 2.5.10. Línea de vida, barandillas y toma de tierra.

Como se ha avanzado antes, en todo el parque se han dispuesto líneas de vida a partir del primer piso y para el acceso al mismo formadas por cables trenzados de acero anclados a la estructura metálica. La línea de vida continua utiliza mosquetones inteligentes “SMART BELAY de Edelrid” de forma que, en ningún momento, el usuario quede desunido de ésta, salvo en presencia de un monitor.



Cable de acero de línea de vida



Crimpado de cables



“Conectores inteligentes” con polea incorporada



Cabos en “V” con sistema giratorio antitorsión

Figura 32. Elementos de la línea de vida. Fuente: Memoria de cálculo de la Torre Multiaventura

Las barandillas son postes verticales con una separación máxima de 1.50 metros.

Por tratarse de una estructura metálica, todos sus elementos independientes disponen de su correspondiente toma de tierra.





### 3. EL MATERIAL

---

Con la situación actual definida y un conocimiento básico sobre las dos torres existentes, se está en disposición de plantear una solución alternativa que cumpla las mismas funciones que las estructuras existentes y que, por supuesto, respete las condiciones de seguridad y estabilidad que ofrecen.

La propuesta no se centra en modificar la tipología estructural y la geometría de la misma, o el rediseño de la configuración de los elementos, sino en la utilización de un material alternativo: la madera laminada, que presenta una serie de ventajas para este tipo de estructuras, situadas a la intemperie e incluidas dentro de un amplio concepto de mobiliario urbano.

#### 3.1. LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

La utilización de la madera como material estructural y arquitectónico ha ido disminuyendo desde mediados del siglo XX como consecuencia del desarrollo de los nuevos materiales (acero y hormigón), haciendo de estos más durables o más resistentes. Sin embargo, hay países que nunca han perdido la tradición de utilizar la madera como material de construcción, tales como Alemania, Estados Unidos, Austria, Suecia o Finlandia, debido, principalmente, a la disponibilidad de material que tienen.

A día de hoy, la madera ofrece soluciones avanzadas tecnológicamente, tanto en la restauración como en el desarrollo de nuevas obras, siendo un aliciente la sensación de calidad, confort y sostenibilidad que ofrecen. La madera es un material natural y renovable, y su proceso de transformación para poder ser utilizado en construcciones es muy sencillo, de bajo consumo energético y nada contaminante en comparación con otros materiales. Las ventajas que ofrece la madera como material de construcción se exponen a continuación.

##### 3.1.1. Versatilidad

Se trata de un material versátil con mucha variedad de especies (con cualidades y aspectos diferentes), lo que es un aliciente a conseguir soluciones más singulares y exclusivas. Puede ser utilizada como: estructura principal, cerramiento, carpintería, aislamiento térmico, etc. Además, es un material flexible y moldeable, lo que permite diseñar infinitud de formas.



Figura 33. Diferentes acabados de madera

### 3.1.2. Resistencia y ligereza

La madera es un material muy ligero en comparación con el hormigón y el acero. Su relación resistencia/peso es algo superior a la del acero y mucho más que la del hormigón. Tiene una elevada resistencia a flexión, que permite realizar estructuras más ligeras y la hace ideal como material para vigas, pero además presenta un notable comportamiento a compresión, siendo válida para pilares. La ligereza también presenta ventajas en lo referente al proceso constructivo, al ser elementos más livianos, la maquinaria necesaria para izarlos o manipularlos es menor, incluso hay ocasiones en las que puede no ser necesaria.

### 3.1.3. Resistencia al fuego

A pesar de ser un material inflamable, es un material que presenta una resistencia al fuego muy elevada. Esto se debe a que, durante el proceso de combustión, en la capa externa se forma una corteza carbonizada que ralentiza el avance de la llama hacia el interior. La sección útil se reduce lentamente hasta que esta no es capaz de resistir los esfuerzos. Es decir, el fallo no se produce por una pérdida de las propiedades mecánicas, sino por falta de sección para soportar los esfuerzos. Sin embargo, es en las uniones (generalmente metálicas) donde hay que tener más cuidado, al ser los puntos más vulnerables.

En una pieza de madera carbonizada, se pueden diferenciar tres zonas básicas:

- Zona carbonizada: parte de la madera que ha perdido su capacidad resistente y actúa como aislante
- Zona de pirólisis: parte de la madera cuyas propiedades se ven afectadas por el efecto de la temperatura
- Zona intacta: parte de la madera que conserva intactas sus propiedades de resistencia



Figura 34. Capa carbonizada en una viga de madera

Este proceso no sucede con el acero, que no necesita que se produzca combustión para perder sus propiedades mecánicas y plastificar, llevando al colapso de la estructura.



En el caso del hormigón armado, la resistencia al fuego se determina por los recubrimientos de la pieza, y al ser el hormigón un buen conductor térmico, de alcanzarse altas temperaturas, sucedería lo mismo que en el caso anterior.

#### 3.1.4. Durabilidad

La madera es un material durable y capaz de resistir en climas adversos, siempre y cuando sea tratada de forma previa y con un buen mantenimiento. Las especies más empleadas son a su vez las más económicas (madera de pino o de abeto en el caso de Europa), y debido a su baja densidad son más débiles frente a agentes meteorológicos.



*Figura 35. Estructuras de madera en ambientes agresivos*

Por ello es conveniente aplicar tratamientos de impregnación en profundidad, de forma que se aumenta la resistencia a cambios meteorológicos y ataques de hongos e insectos. Las maderas tropicales son las más apropiadas para exteriores, llegando a no ser necesario ningún tratamiento o protección. Por último, la madera es un material que resiste bien a los compuestos químicos a diferencia de materiales metálicos.

#### 3.1.5. Aislación térmica y acústica

Es un material altamente aislante, tanto acústica como térmicamente. La conductividad térmica aumenta conforme lo hace la temperatura, esta es de 2 a 3 veces mayor en la dirección paralela a las fibras que en la dirección perpendicular.

Conductividad térmica ( Kcal / m h °C )	
Acero	39
Aluminio	172
Ladrillo cerámico macizo	0,75
Vidrio	0,60
Yeso	0,45
Hormigón	1,00
Madera de coníferas	0,11
Madera de frondosas	0,15
Tablero de fibras	0,06
Tablero de partículas	0,08

Figura 36. Conductividad térmica de distintos materiales empleados en la construcción

Estas condiciones no son de especial relevancia en el caso que nos ocupa, al tratarse de una estructura totalmente abierta.

### 3.1.6. Construcción rápida y limpia

La construcción de estructuras de madera es limpia, sencilla y rápida en comparación a otros materiales. Es una construcción en seco, al no tener necesidad de usar componentes húmedos o agua en obra, como sí que sucede con hormigón, morteros de cemento o yesos. El acero también es un material de construcción en seco, y por tanto (al igual que la madera) acelera el proceso constructivo. Sin embargo, es un material más pesado, y no tan fácil de tratar en lo que a manipulación de las uniones (atornillar, serrar, no necesidad de soldado...) se refiere. Los productos llegan a obra prefabricados, por lo que el proceso constructivo se basa normalmente en el encaje y ajuste de las uniones, sencillas de ejecutar.



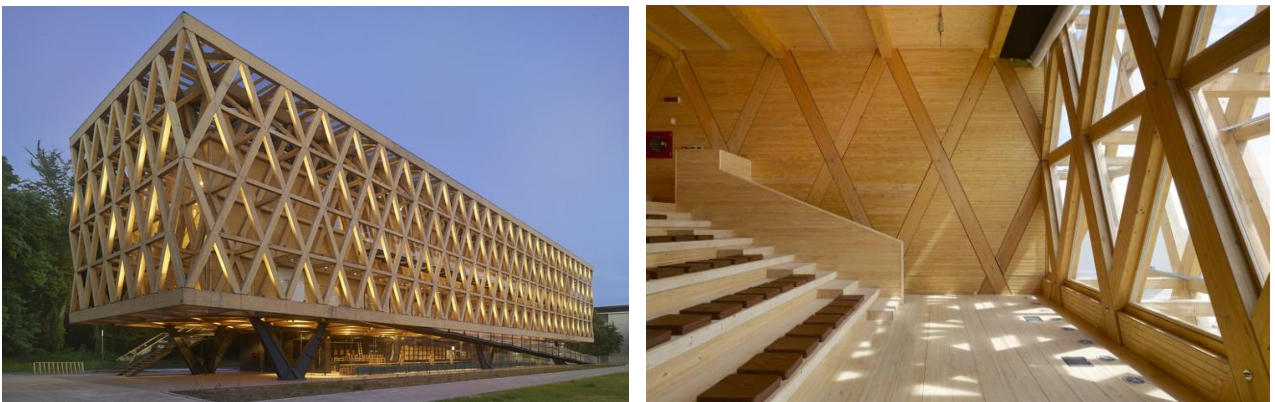
Figura 37. Limpieza en obra y fácil manipulación en construcciones de madera

### 3.1.7. Estética

Ofrece soluciones altamente estéticas, agradables al tacto y de calidad. Es un material capaz de adaptarse a numerosos estilos arquitectónicos y estructurales, con infinidad de acabados. Es considerado un material cálido y agradable, directamente relacionado con calidad de vida y bienestar. Es un material higroscópico (absorbe o libera humedad del ambiente) creando ambientes confortables.



*Figura 38. Bodegas Protos, Valladolid, España*



*Figura 39. Pabellón Chile, expo de Milán*

### 3.1.8. Sostenibilidad

Se trata de un producto totalmente natural y es considerado el material más sostenible actualmente. Es reciclable, reutilizable y biodegradable. Si aprovechamos los bosques racionalmente, conseguimos fomentar el aprovechamiento forestal sostenible.



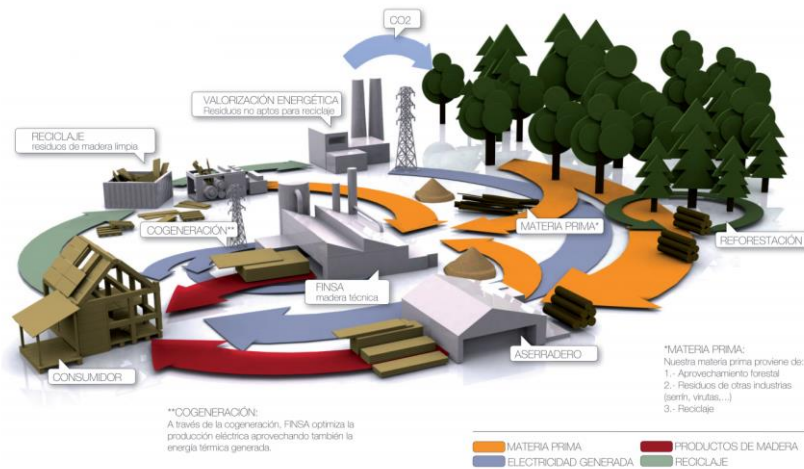


Figura 40. Ciclo de vida útil de la madera. Fuente: Finsa

La madera almacena CO<sub>2</sub> proveniente de la atmósfera a lo largo de su vida, que es uno de los gases más perjudiciales para el aumento del efecto invernadero. Por ello la utilización de bosques maduros para confeccionar las piezas que se utilizarán como material de construcción, que almacenan menos cantidad de este gas, y la posterior regeneración de estos con nuevas plantaciones es favorable desde un punto de vista sostenible. Por otro lado, los procesos de transformación de la madera conllevan un mínimo consumo energético en comparación con el acero y el hormigón.

### 3.2. MADERA LAMINADA ENCOLADA

Las torres del parque están sometidas a condiciones climáticas adversas (altas temperaturas, exposición al sol permanente y humedad), lo que hace conveniente un tratamiento final y de conservación para evitar el deterioro desmesurado de la estructura. Por otro lado, las luces y longitudes de los soportes verticales son del orden de 10-15 metros y han de tener un buen comportamiento a flexión. Todo ello hace conveniente el uso de piezas de madera laminada encolada para la confección de la torre principal y de la torre de llegada.

Las piezas de madera laminada encolada están formadas por piezas de madera con dimensiones más reducidas unidas entre sí mediante adhesivos sintéticos de alto rendimiento. Ello permite la confección de piezas de grandes dimensiones, algo que antiguamente era limitante en la confección de estructuras de madera. Su fabricación en taller permite conseguir cantos variables, curvaturas, cambios de directriz y, sobre todo, piezas de mayor tamaño que sus componentes. Las láminas pueden ser de la misma naturaleza y clase, o distinta. Esta opción es interesante para vigas, pues se disponen láminas extremas más resistentes que las interiores.

Por otro lado, estas piezas amplían y uniformizan las características del material, ya que es posible descartar las partes con nudos e imperfecciones que presenta la madera maciza original. En definitiva, se reduce la anisotropía característica de la madera como material de construcción.



Figura 41. Madera laminada encolada

Las propiedades mecánicas de estas piezas son muy altas en relación al peso propio y son fáciles de manipular a la hora de trabajar las uniones. Estas piezas están sometidas a un mayor control en el secado y por tanto en el control de la humedad. Las maderas más usuales para conformar este tipo de material en Europa son: el pino, el abeto rojo, el alerce y el roble.

La madera laminada encolada, que se designa con las letras GL (Glulam: glued laminated timber), se clasifica en diferentes clases resistentes, que se dividen en dos grupos: Madera laminada encolada homogénea y Madera laminada encolada combinada.

- Madera laminada encolada homogénea: Las láminas de madera aserrada que la componen son todas de la misma clase resistente. Se designa con la letra “h”.
- Madera laminada encolada combinada: Tiene listones de madera de dos clases resistentes. Las láminas de mejor clase resistente se colocan en los dos extremos del canto (mínimo dos láminas en cada extremo), y las de menor resistencia, en el centro. Se designa con la letra “c”.

La clase GL24h es la más utilizada.

Clase resistente	GL24h BS11h	GL28h BS14h	GL32h BS16h	GL36h BS18h
Valores característicos de resistencia [N/mm <sup>2</sup> ]				
Flexión $f_{m,k}$	24	28	32	36
Tracción paralela $f_{t0,k}$	16,5	19,5	22,5	26
Tracción perpendicular $f_{t90,k}$ <sup>1)</sup>	0,4	0,45	0,5	0,6
Compresión paralela $f_{c0,k}$	24	26,5	29	31
Compresión perpendicular $f_{c90,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
Cortante $f_{v,k}$ <sup>2)</sup>	2,7	3,2	3,8	4,3
Valores característicos de rigidez [N/mm <sup>2</sup> ]				
Módulo de elasticidad				
- paralelo medio $E_{0,mean}$	11.600	12.600	13.700	14.700
- perpendicular medio $E_{90,mean}$ <sup>3)</sup>	390	420	460	490
Módulo de cortante medio $G_{mean}$ <sup>3)4)</sup>	720	780	850	910
Valores característicos de densidad [kg/m <sup>3</sup> ]				
Densidad característica $\rho_k$	380 <sup>5)</sup>	410	430	450

Figura 42. Valores característicos de la MLE homogénea, según su clase resistente. Fuente: CTE DBSE-M

### 3.3. CONDICIONANTES A TENER EN CUENTA CON EL EMPLEO DE MLE

En los apartados anteriores se han citado las ventajas fundamentales que ofrece la madera como material de construcción, y en especial, la madera laminada, que permite conseguir piezas de mayores dimensiones y uniformizan las características resistentes. No obstante, existen inconvenientes o condicionantes a tener en cuenta cuando se diseñan estructuras con este material.

- Son necesarias instalaciones relativamente grandes para la fabricación, al tratarse de elementos prefabricados. En el caso que nos ocupa, no nos afecta, se da por hecho que las piezas son encargadas a un fabricante especializado en la confección de estos elementos.
- Son necesarias condiciones especiales de temperatura y humedad dadas las propiedades higroscópicas de la madera. También ligado con lo anterior, el fabricante garantiza que las piezas se han secado en las condiciones de temperatura y humedad que se requieren en el proyecto.
- Inconvenientes para el transporte de elementos grandes (sobre unos 30 metros) a obra, al igual que otros elementos prefabricados de otros materiales. En este caso, las piezas no superarán longitudes del orden de 12 metros. Por lo que no hay problema en su transporte.
- La naturaleza orgánica de la madera. Fuente de alimentación de mohos, hongos e insectos xilófagos. Afectan a su esqueleto resistente y propiedades. Las piezas deben presentar tratamiento resistente en este sentido.
- Por último, la humedad, los climas secos y la exposición al sol incrementan el riesgo de deterioro. Por lo que se considera imprescindible en mantenimiento regular.

Otros aspectos relevantes cuando se afronta el diseño de estructuras de madera son:

- La clase de servicio de la estructura, que depende del ambiente en el que se encuentra. Las propiedades mecánicas de la madera varían según el contenido de humedad. Si aumenta la humedad disminuyen las resistencias mecánicas y el módulo de elasticidad.
- La duración de las cargas. Esta influirá de forma directa en las resistencias de los elementos.

Estas cuestiones se tratarán más adelante.

## 4. ACCIONES DE CÁLCULO

En este apartado se va a exponer las acciones de cálculo que se han utilizado para dimensionar ambas torres. Es importante destacar que algunas de las acciones consideradas sobre las estructuras son idénticas a las utilizadas en el proyecto original, y esto se debe a tres motivos. En primer lugar, los patrones de carga referentes a caídas en los juegos están basados en la normativa europea para este tipo de estructuras. En segundo lugar, se considera acertada la consideración de las caídas en los distintos niveles y su posible alternancia. Por último, se queda del lado de la seguridad en varios patrones de carga en los que pudiera haber cierta incertidumbre.

El programa de cálculo utilizado para el dimensionamiento de las estructuras de acero (en el proyecto original) fue METAL3D de CYPE. Mientras que para el modelaje de las torres **en este proyecto estructural** los cálculos se han llevado a cabo con el programa **SAP 2000**.

### 4.1. TORRE PRINCIPAL

En la siguiente tabla se muestran los patrones de carga utilizados sobre la estructura de la torre principal.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
PP	Peso propio
G1	Plataformas pequeñas en las columnas
G2	Tensión en las velas
G3	Escaleras
Q1	Sobrecarga de uso por usuarios en los pisos
Q2	Sobrecarga de uso juegos radiales
Q3	Sobrecarga de uso en juegos perimetrales 1
Q4	Sobrecarga de uso en juegos perimetrales 2
Q5	Rocódromos. Peso de los elementos y caídas
Q6	Tirolinas
T1	Temperatura: Decremento
T2	Temperatura: Incremento
V1+X	Viento en X al 25% de la fuerza del viento + todas las cargas + presión en las velas
V2+Y	Viento en Y al 100% + cargas permanentes + presión en las velas
V3-X	Viento en X al 25% + todas las cargas + succión en las velas
V4-Y	Viento en Y al 100% + cargas permanentes + succión en las velas

Tabla 5. Patrones de carga sobre la torre de llegada

#### 4.1.1. Peso propio - PP

El peso propio de la estructura depende del material utilizado. En este caso, se ha utilizado madera laminada encolada del tipo GL24h con una densidad de  $380 \text{ kg/m}^3$ . Lo que da un peso específico de  $3.73 \text{ kN/m}^3$ .

#### 4.1.2. Cargas muertas - G1

Las plataformas de la torre principal están conformadas con un tablero de madera contralaminada (CLT) de 80 mm de espesor que pesa unos  $5 \text{ kg/m}^2$ . Se ha adoptado  **$0.20 \text{ kN/m}^2$**  de carga muerta en cada nivel transitable de la torre principal para tener en cuenta otros elementos como barandillas y pequeño material.

Por otro lado, en este patrón de carga también se contempla el peso de las pequeñas plataformas de los pilares exteriores (que no han sido modelizadas) y este se considera como una carga muerta. El peso de cada una es del orden de 65 kg.

Se toma  **$1.2 \text{ kN}$**  para quedar del lado de la seguridad. Además, se ha considerado  **$1.0 \text{ kN}$**  adicional para tener en cuenta el peso de los juegos radiales y exteriores.

En total, la carga muerta que se aplicará en los nudos donde se encuentran las plataformas será de  **$2,2 \text{ kN}$** .

El peso de las velas de sombreado es de aproximadamente  $500 \text{ gr/m}^2$  o  $0.005 \text{ kN/m}^2$ , por lo que se ha optado por **no tenerlo en cuenta**.

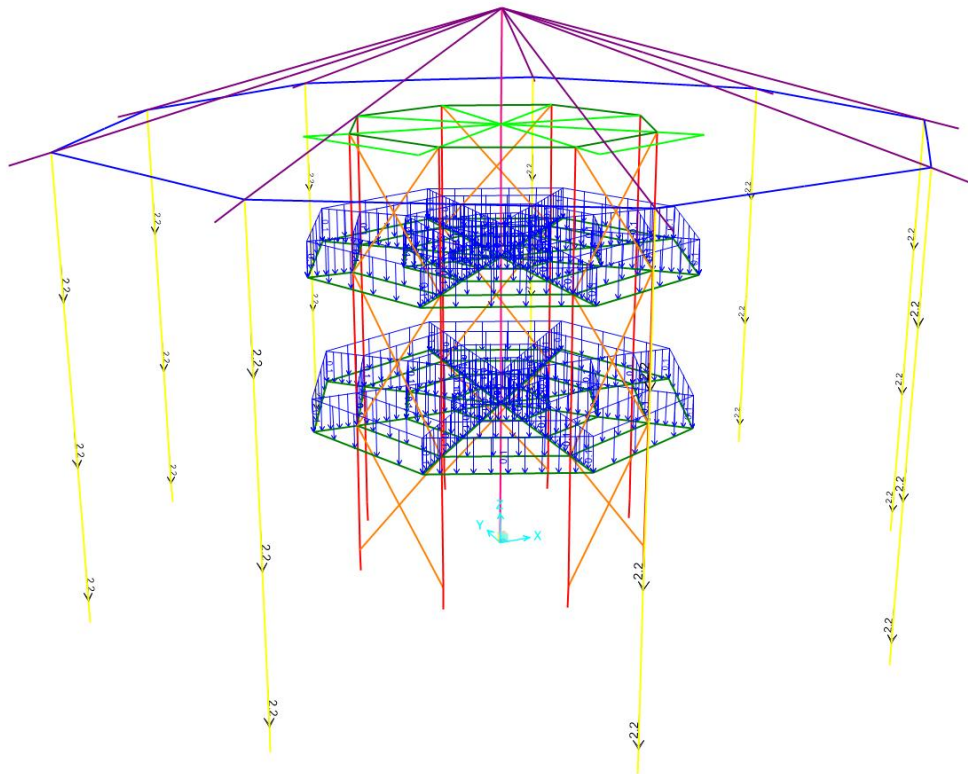


Figura 43. Sobrecarga de uso G1



#### 4.1.3. Cargas muertas – G2

Se considera que la tensión aplicada a las velas de sombreado será de **20 kN** para el tensado de las mismas.

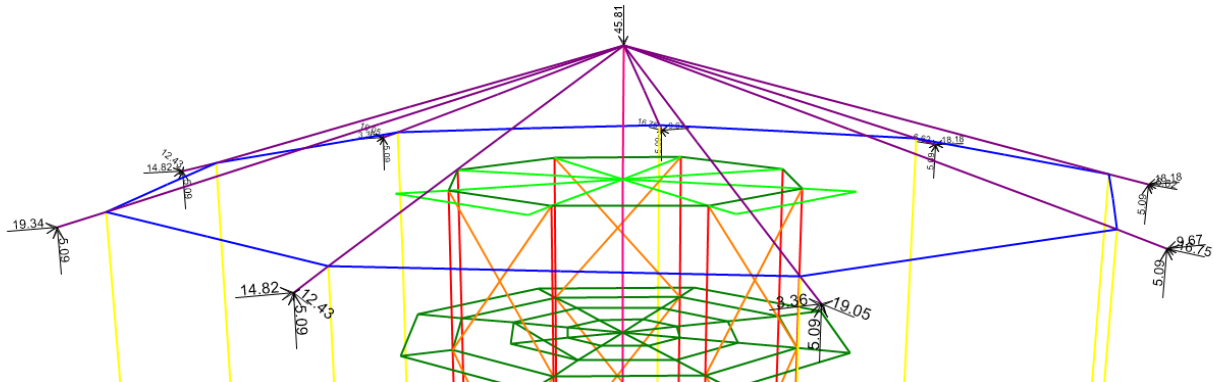


Figura 44. Sobrecarga de uso G2

#### 4.1.4. Cargas muertas – G3

Este patrón de carga contempla el peso de las escaleras de planta baja +0.00 a planta primera +3.50 y de la escalera interior de la planta primera +3.50 a la planta segunda +7.00.

Se considera cargas puntales de **10 kN** en los puntos de apoyo de la escalera interior, de planta primera a planta segunda; y **3 kN** aplicados en los puntos de apoyo en planta primera correspondiente a la escalera de planta baja a planta primera.

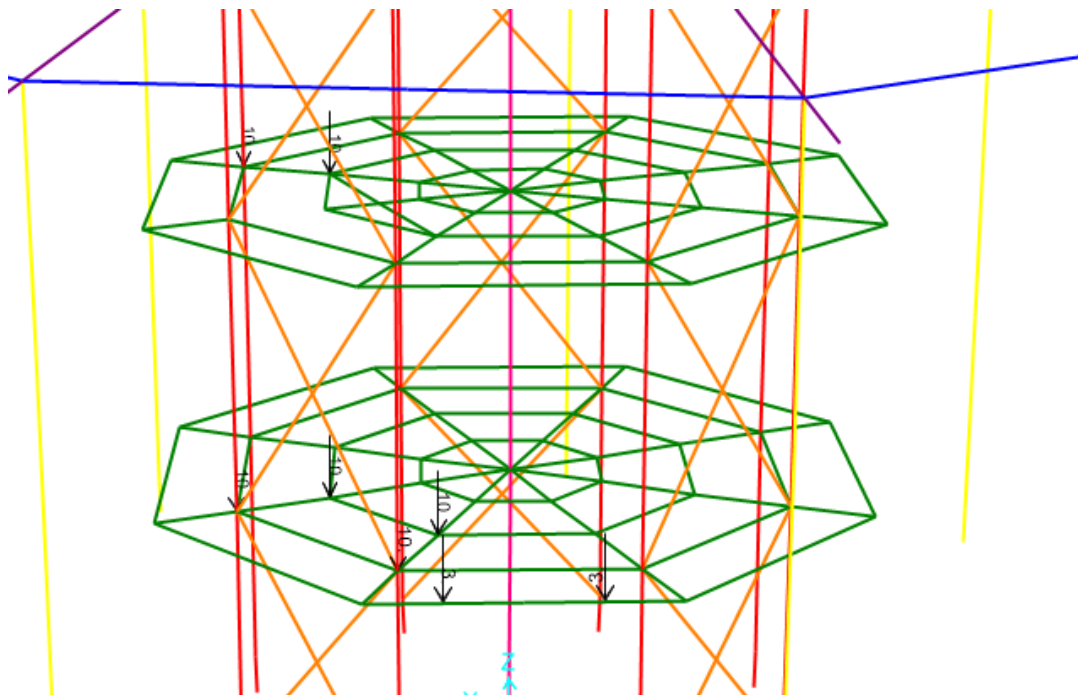


Figura 45. Sobrecarga de uso G3

#### 4.1.5. Sobrecarga de uso – Q1

Esta sobrecarga corresponde a la carga transmitida por los usuarios de la torre en cada plataforma, a nivel +3.50 y +7.00. Se considera la ocupación de cada planta de la torre por un máximo de 25 personas de 80 kg cada uno (0.80 kN).

Esto implica tener que considerar una sobrecarga de  $25 \times 0.80 = 20$  kN en cada planta, que representa para una superficie de  $\pi \times 4.20^2 = 55.42$  m<sup>2</sup> una carga uniformemente repartida de  $20 \text{ kN} / 55.42 \text{ m}^2 = 0,36 \text{ kN/m}^2$

Se adopta **1,0 kN/m<sup>2</sup>**, quedando del lado de la seguridad.

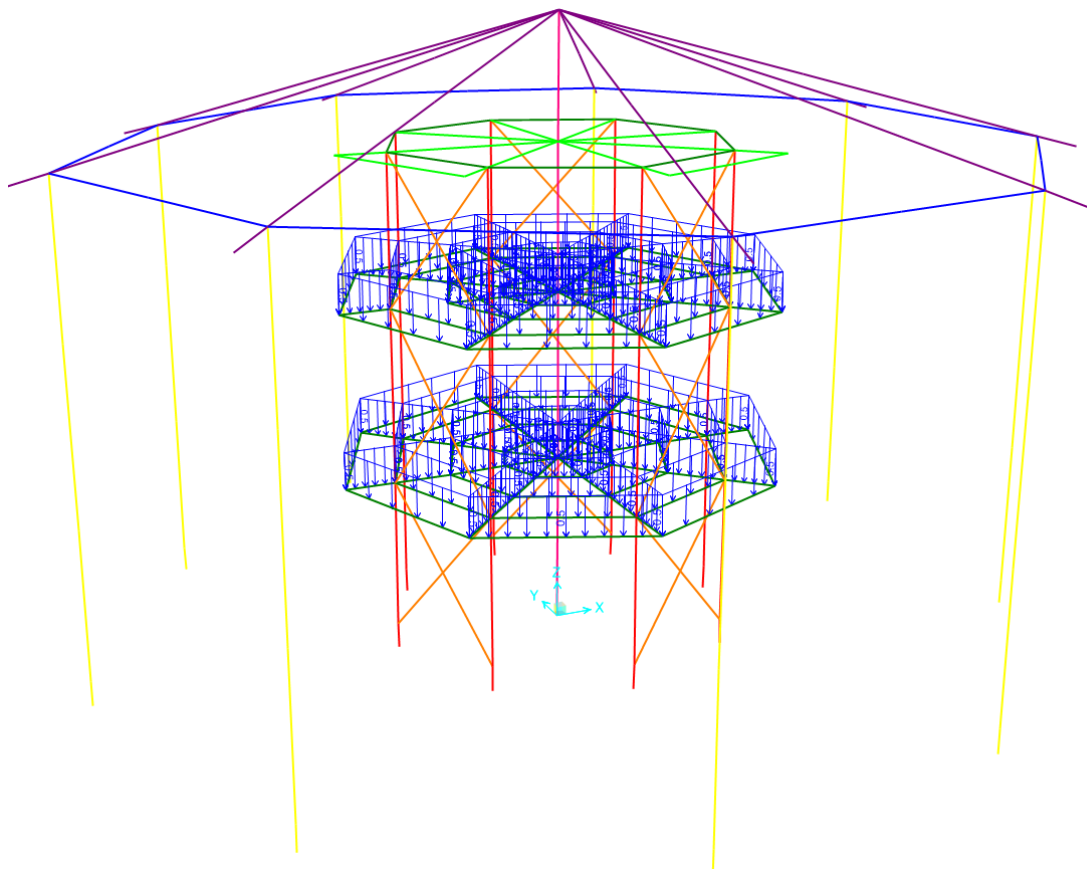


Figura 46. Sobrecarga de uso Q1

#### 4.1.6. Sobrecarga de uso – Q2

En este patrón de carga se ha contemplado una carga vertical en las plataformas pequeñas equivalente a tres personas de 80 kg de peso (aproximadamente 0.80 kN), bien por qué estén en la propia plataforma o en juegos exteriores o el radial que confluye a la plataforma pequeña. En total se aplican fuerzas puntuales de 2.40 kN en los nudos correspondientes.

En esta sobrecarga de uso también se incluye la tracción del cable transmitida por los **juegos radiales** que representa una fuerza horizontal de **5.70 kN** y la tracción transmitida por la línea de vida en caso de una caída con un peso equivalente de 3.00 kN, que representa una fuerza horizontal de **10 kN, en dos juegos por nivel**.

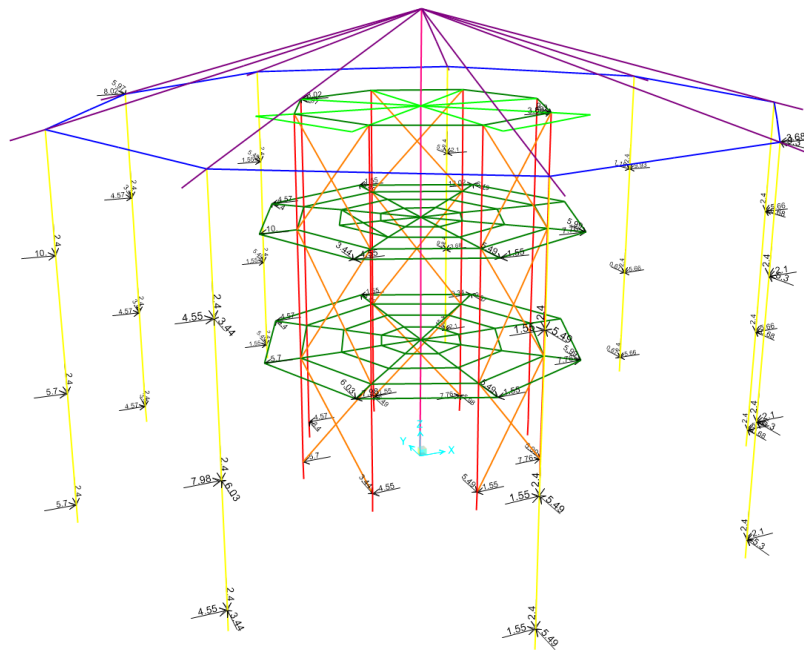


Figura 47. Sobrecarga de uso Q2

#### 4.1.7. Sobrecarga de uso – Q3

Este patrón de carga incluye la tracción del cable transmitida por **juegos exteriores no contiguos** que representa una fuerza horizontal de **5.70 kN** y la tracción transmitida por la línea de vida en caso de una caída con un peso equivalente de 3.00 kN, que representa una fuerza horizontal de **10 kN**, en un juego por nivel.

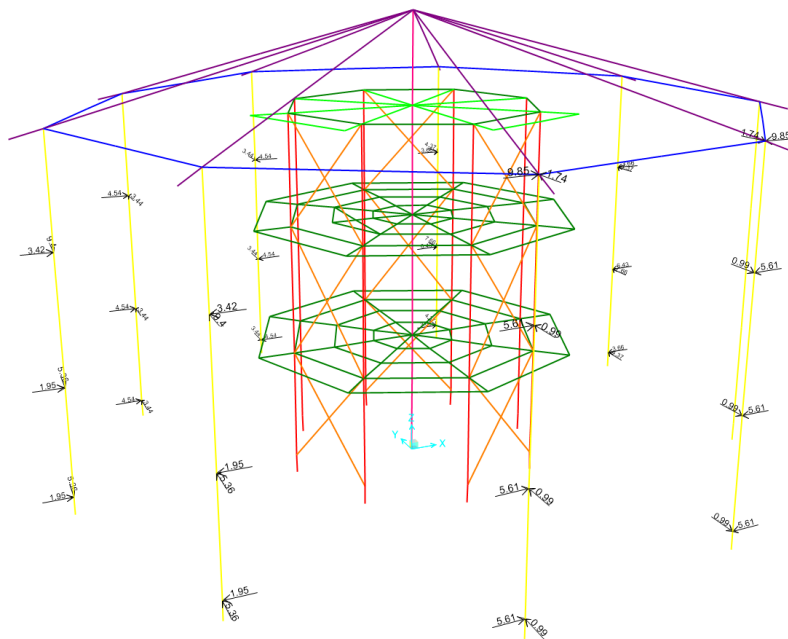


Figura 48. Sobrecarga de uso Q3

#### 4.1.8. Sobrecarga de uso – Q4

Este patrón de carga es complementario al anterior y se incluye la tracción del cable transmitida por **juegos exteriores no contiguos** (en otras posiciones) que representa una fuerza horizontal de **5.70 kN** y la tracción transmitida por la línea de vida en caso de una caída con un peso equivalente de 3.00 kN, que representa una fuerza horizontal de **10 kN, en un juego por nivel**.

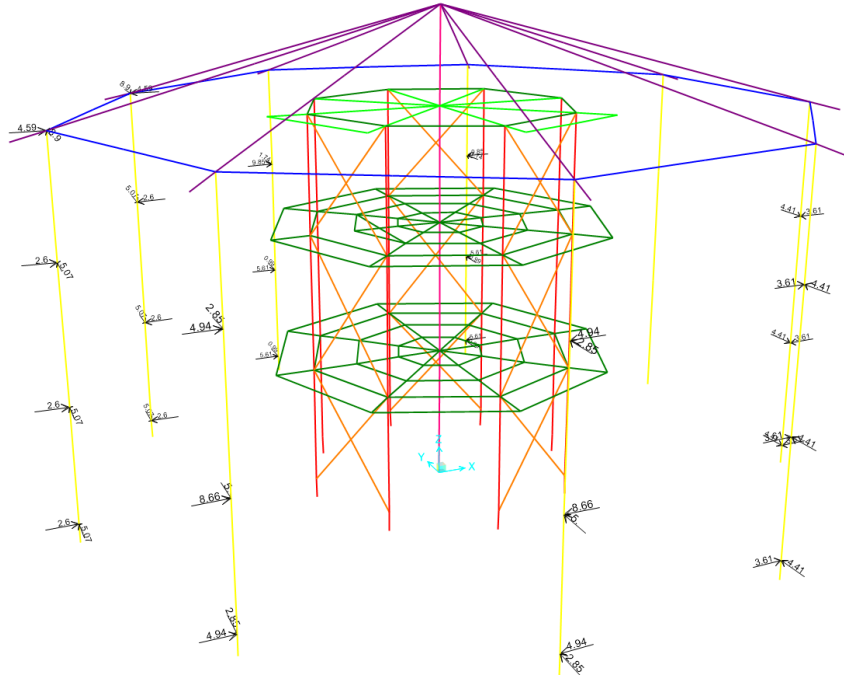


Figura 49. Sobrecarga de uso Q4

#### 4.1.9. Sobrecarga de uso – Q5

En este patrón de carga se ha contemplado la carga vertical aplicada en la parte más alta de las 4 vías de escalada, en el nivel a cota +10.00 m. La sobrecarga es de dos fuerzas puntuales por vía de escalada con un valor de **10 kN** en el que queda incluido el peso del elemento de sujeción del escalador y la fuerza vertical generada por la caída.

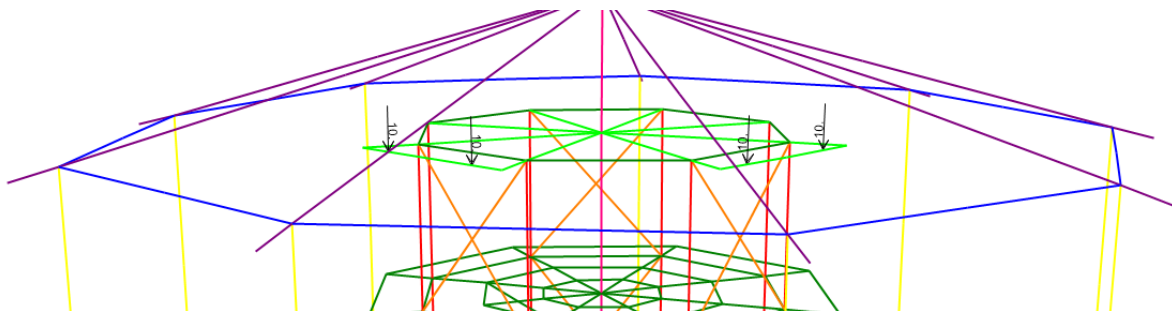


Figura 50. Sobrecarga de uso Q5

#### 4.1.10. Sobrecarga de uso de tirolinas – Q6

Los cables de las tirolinas tienen una carga de trabajo máxima admisible de **18 kN** por lo que se considera, quedando del lado de la seguridad, que esta será la fuerza horizontal que transmitirá una tirolina en servicio.

Puesto que se instalarán un total de 6 tirolinas y se anclarán a tres pilares, se ha considerado 2 fuerzas horizontales de **9 kN** en los pilares I8 e I2 (ver plano 02. Planta general) y una de **18 kN** en el pilar C0, en cada nivel, a 2.50 metros desde el nivel de piso terminado.

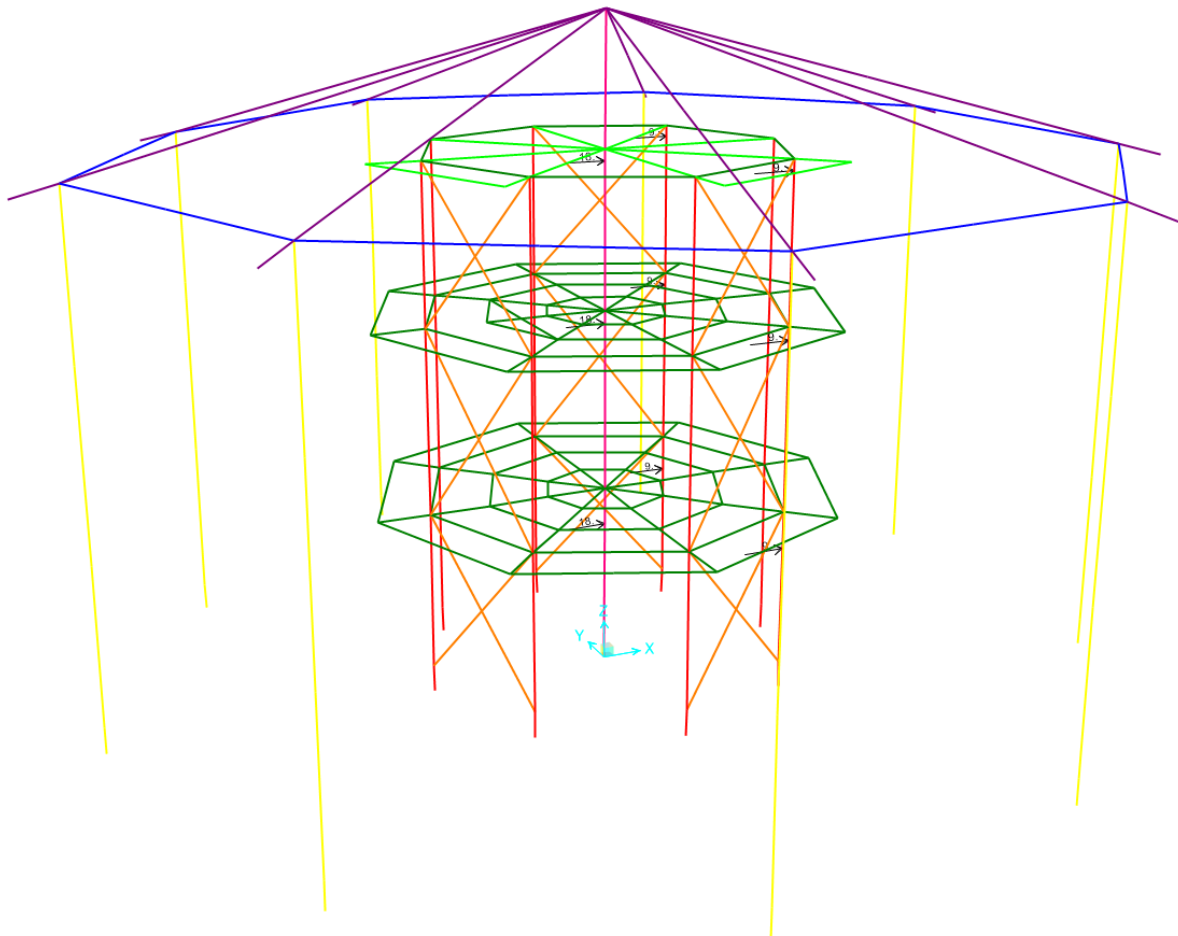


Figura 51. Sobrecarga de uso Q6

#### 4.1.11. Temperatura – T1

Este patrón de carga corresponde a un decremento de temperatura de **24.6 grados centígrados** en todos los elementos de la estructura.

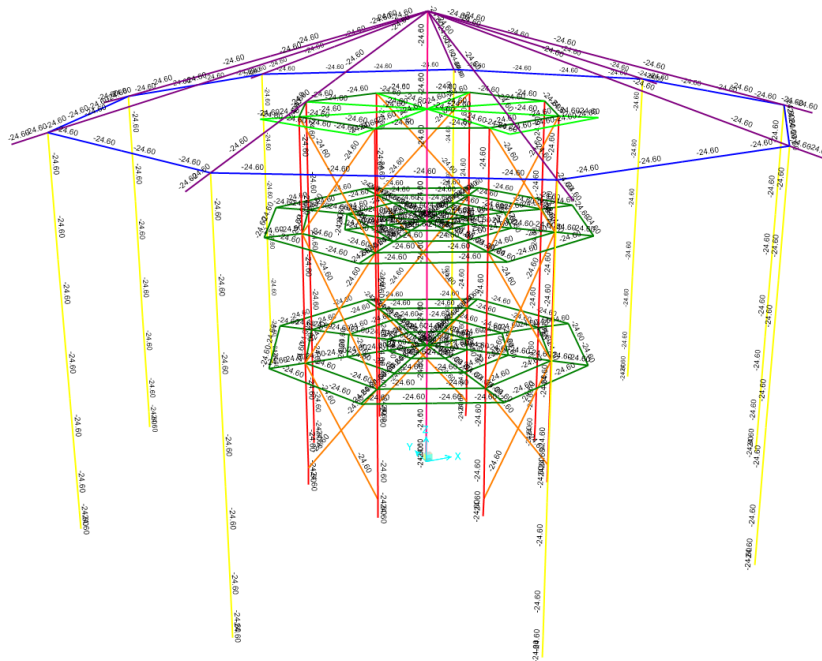


Figura 52. Temperatura T1

#### 4.1.12. Temperatura – T2

Este patrón de carga corresponde a un incremento de temperatura de **30 grados centígrados** en todos los elementos de la estructura.

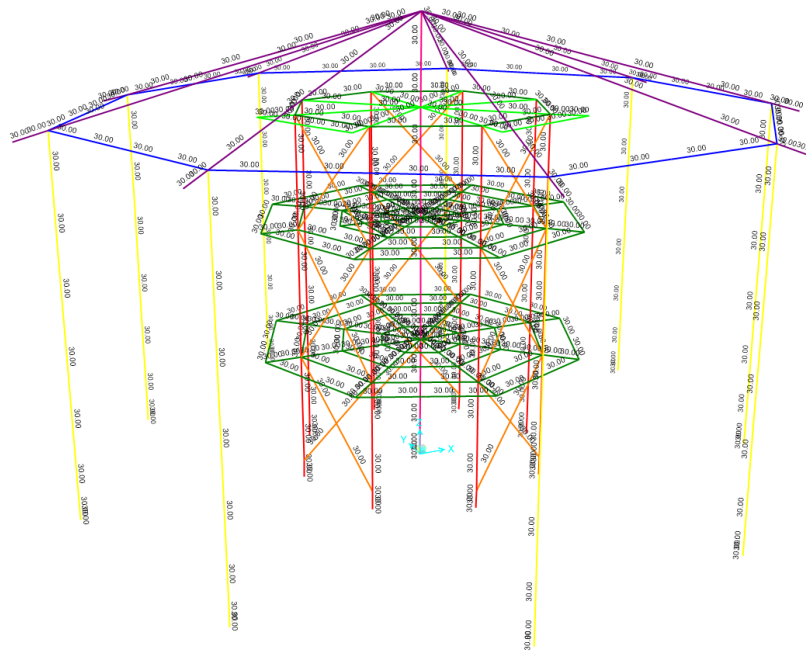


Figura 53. Temperatura T2

#### 4.1.13. Sobrecargas de viento – V1+X, V2+Y, V3-X y V4-Y

En este patrón de carga conviene diferenciar el efecto del viento sobre la cubierta y sobre las columnas. Se han considerado dos situaciones de viento para las cuatro direcciones principales: +X, -X, +Y y -Y.

En la primera situación se considera únicamente un 25% de las acciones del viento ya que cuando el viento supere los 28 km/h, se detendrán las actividades. En esta situación se considera que la presión del viento será de 0.25 kN/m<sup>2</sup>, tanto en succión como en presión.

Por otro lado, en una segunda situación se considera que en la estructura sólo actúan las cargas muertas y la sobrecarga de uso por temperatura. En esta situación, la presión del viento será de **1.00 kN/m<sup>2</sup>**, tanto en succión como en presión. Además, en ambas situaciones se considera el efecto de la presión y la succión en las velas.

Cuando el viento succione la cubierta, la fuerza resultante será igual a 35 kN con viento al 100%, y 8.75 kN con el viento al 25%, en cada pilar exterior. Mientras que cuando se produzca presión en las velas, se transmitirá a las vigas radiales de la cubierta con un valor de 3.70 kN/m con el viento al 100% y de 0.92 kN/m con el viento al 25%.

Todo lo comentado es en lo referente a la cubierta y a las velas de sombreado. Sin embargo, en este patrón de carga, también se contempla el efecto del viento en las columnas.

Para los pilares exteriores se ha considerado una anchura tributaria de los juegos y del pilar de 0.80 m, de forma que la presión en cada dirección será 1.00 kN/m<sup>2</sup> x 0.80 m = **0.80 kN/m**, cuando el viento se encuentra a plena fuerza y de **0.20 kN/m** cuando sopla al 25%.

El núcleo de la torre (perímetro conformado por los pilares interiores), tiene una superficie de 7x10 = 70 m<sup>2</sup>, el viento se encuentra con las vías de escalada hasta una altura de 8.50 m, siendo la anchura que se opone al viento de aproximadamente 5.00 m. La presión ejercida será 1.00 kN/m<sup>2</sup> x 5.00 m x 8.50 m / 70 m<sup>2</sup> = 0.60 kN/m<sup>2</sup>, cuando el viento actúe al 100% y de 0.15 kN/m<sup>2</sup> cuando sea al 25%. Para el modelado, se ha considerado que el 50% de la carga se la lleva el pilar central y los dos pilares interiores sobre los que se sostiene la vía de escalada mayor se llevan un 25% cada uno.

En conclusión, sobre cada pilar interior se aplica en el modelo una carga de **1 kN/m** con el viento al 100% y de **0.26 kN/m** con el viento al 25%. Mientras que para el pilar central son **2.125 kN/m** y **0.53 kN/m**, respectivamente.



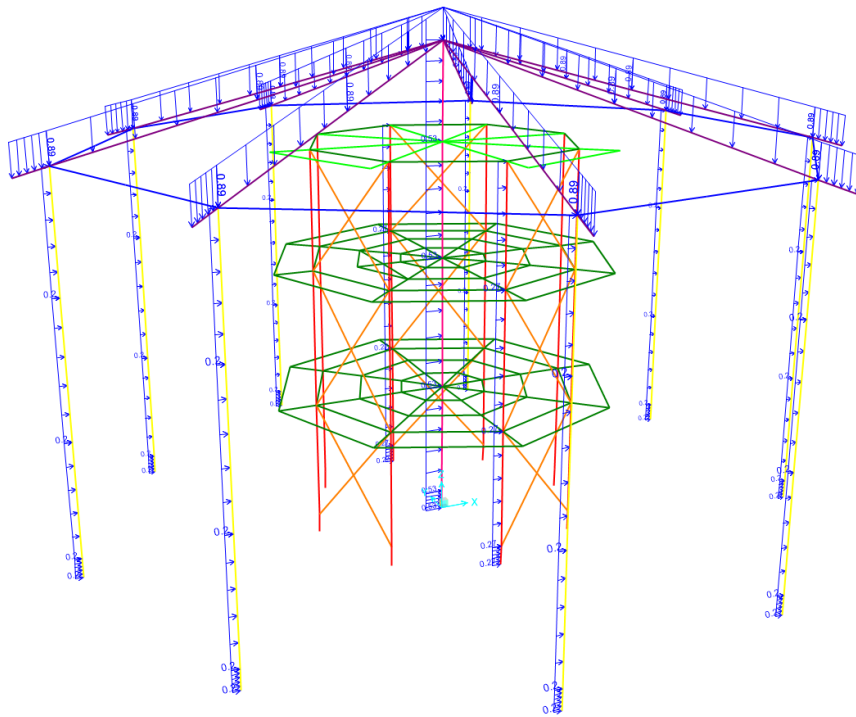


Figura 54. Viento 1+X: Presión al 25%

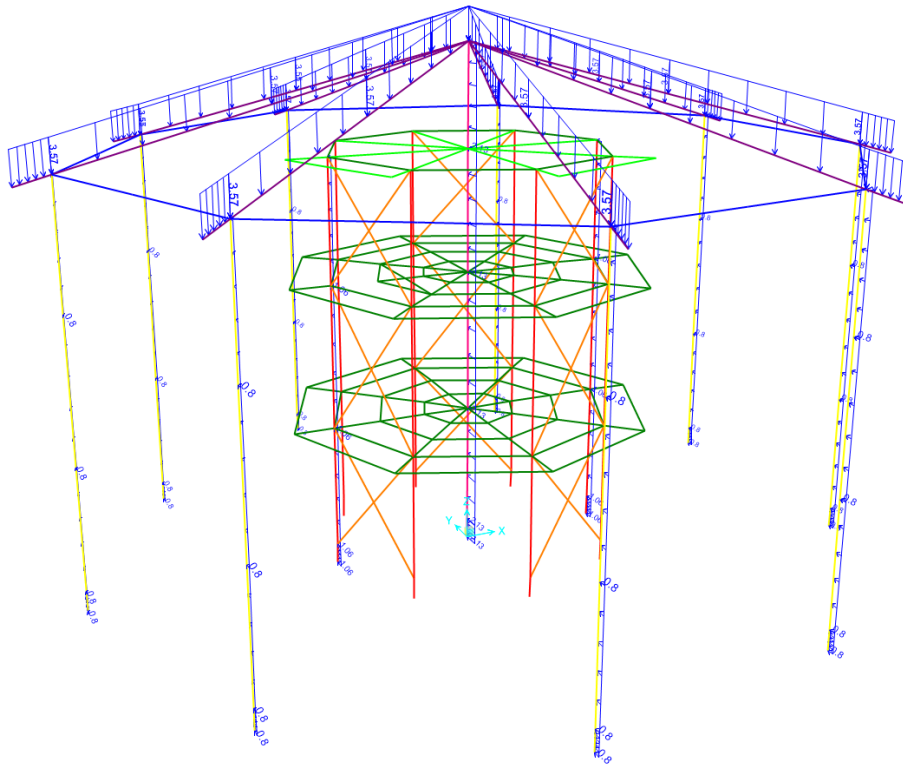


Figura 55. Viento 2+Y: Presión al 100%



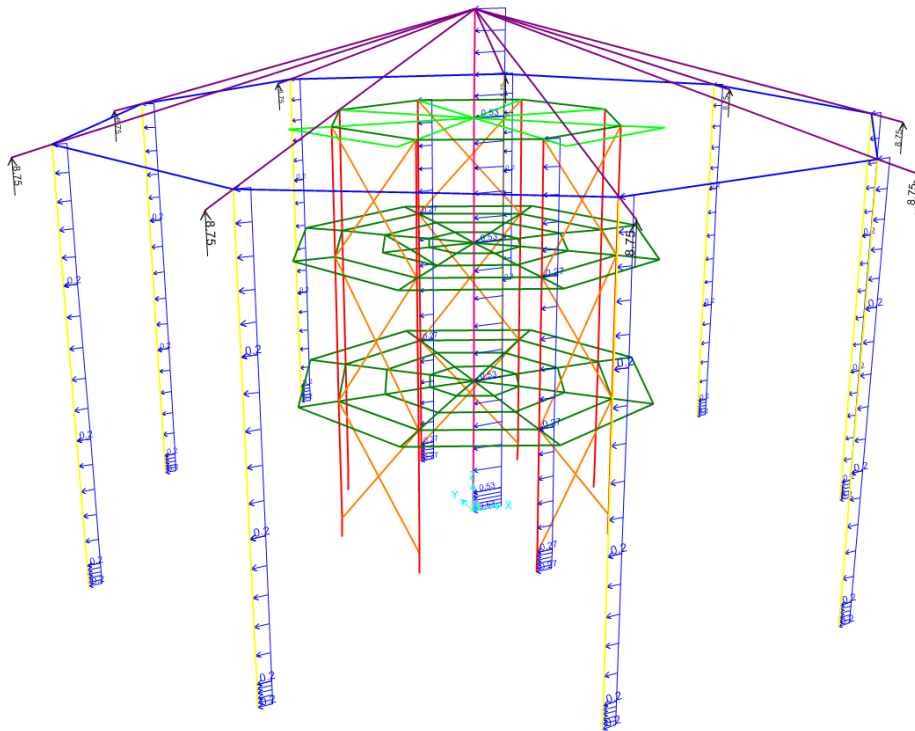


Figura 56. Viento 3-X: Succión al 25%

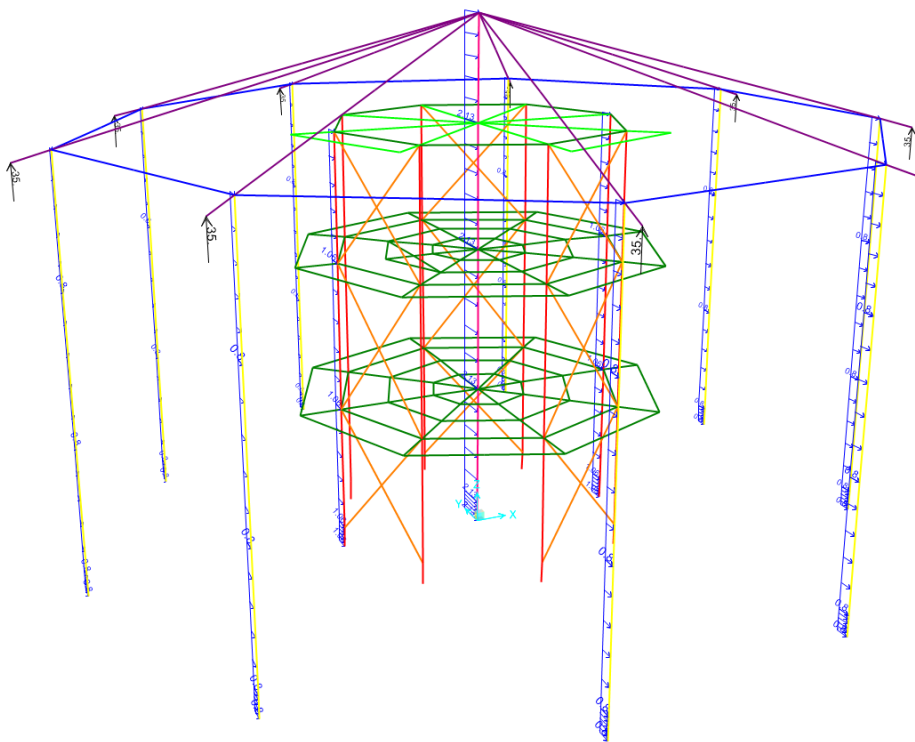


Figura 57. Viento 4-Y: Succión al 100%

## 4.2. TORRE DE LLEGADA

En la siguiente tabla se muestra los patrones de carga utilizados sobre la estructura de la torre de llegada.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
PP	Peso propio
Q1	Sobrecarga de uso por usuarios en los pisos
Q2	Tirolinas
T1	Temperatura: Decremento
T2	Temperatura: Incremento
V1+X	Viento en X al 25% de la fuerza del viento + todas las cargas + presión en las velas
V2+Y	Viento en Y al 100% + cargas permanentes + presión en las velas
V3-X	Viento en X al 25% + todas las cargas + succión en las velas
V4-Y	Viento en Y al 100% + cargas permanentes + succión en las velas

*Tabla 6. Patrones de carga en la torre de llegada*

### 4.2.1. Peso propio

El peso propio de la estructura depende del material utilizado. En este caso, se ha utilizado madera laminada encolada del tipo GL24h con una densidad de  $380 \text{ kg/m}^3$ . Lo que da un peso específico de  $3.73 \text{ kN/m}^3$ . El tablero de cada nivel se ha modelado como un panel CLT de 10 mm de espesor.

### 4.2.2. Sobrecarga de uso – Q1

En este patrón de carga se considera la ocupación de cada planta de la recepción por un máximo de 6 personas de 80 kg cada una (0.80 kN). Ello conlleva tener que considerar una sobrecarga de  $6 \times 0.80 = 4.8 \text{ kN}$  en cada planta, que representa para una superficie de  $5.00 \times 3.00 = 15.00 \text{ m}^2$  una carga uniformemente repartida de  $4.8 \text{ kN} / 15 \text{ m}^2 = 0.32 \text{ kN/m}^2$ .

Para quedar del lado de la seguridad, se adopta  **$0.50 \text{ kN/m}^2$**

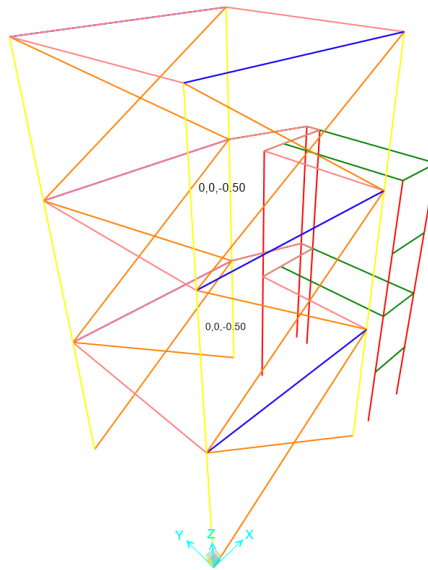


Figura 58. Sobrecarga de uso Q1

#### 4.2.3. Sobrecarga de uso – Q2

En este patrón de carga se contempla el efecto de las tirolinas en la torre de llegada. Como se ha mencionado antes, hay un total de 6 tirolinas (2 por nivel) con una carga máxima de **18 kN**. En el modelo se ha repartido esta carga entre los pilares PL-1 y PL-4 (Ver plano 02. Planta general), de forma que a uno le llegan **12 kN** y al otro **6 kN**; la posición de estos valores se ha alternado en cada nivel para contemplar asimetría en las cargas.

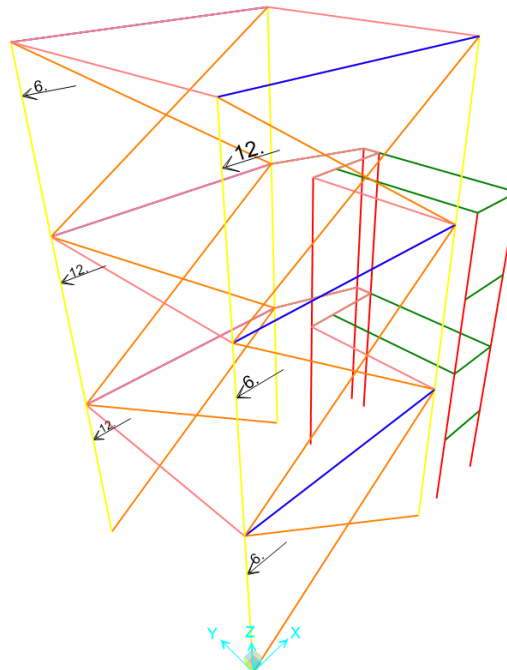


Figura 59. Sobrecarga de uso Q2

#### 4.2.4. Temperatura – T1

Este patrón de carga corresponde a un decremento de temperatura de **24.6 grados centígrados** en todos los elementos de la estructura.

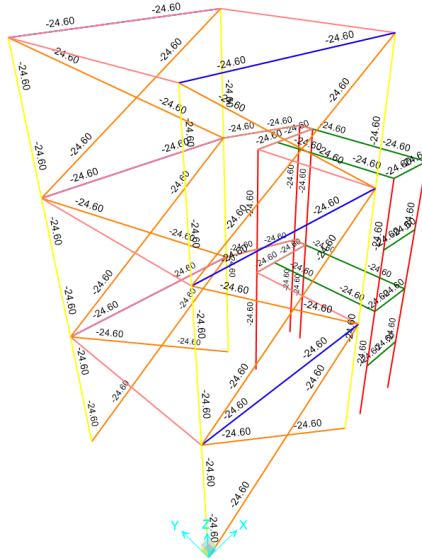


Figura 60. Temperatura T1

#### 4.2.5. Temperatura – T2

Este patrón de carga corresponde a un incremento de temperatura de **30 grados centígrados** en todos los elementos de la estructura.

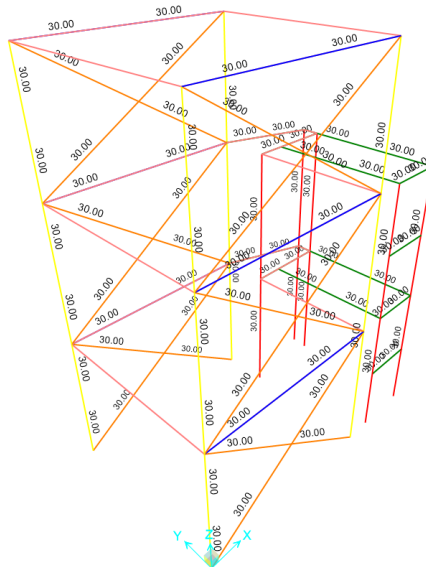


Figura 61. Temperatura T2

#### 4.2.7. Sobrecargas de viento – V1+X, V2+Y, V3-X y V4-Y

Del mismo modo que en la torre principal se han contemplado dos situaciones: efecto del viento al 100% y efecto del viento al 25%. Diferenciando a su vez, si se produce succión o presión.

En consecuencia, sobre la cubierta se ha aplicado una sobrecarga de  $1\text{kN/m}^2$  cuando actúa el viento al 100% y de  $0.25\text{ kN/m}^2$  cuando sopla al 25%. Mientras que en los pilares se ha modelado una carga de  $1\text{kN/m}$  al 100% y de  $0,25\text{ kN/m}$  al 25%, considerando un ancho tributario de 1 metro.

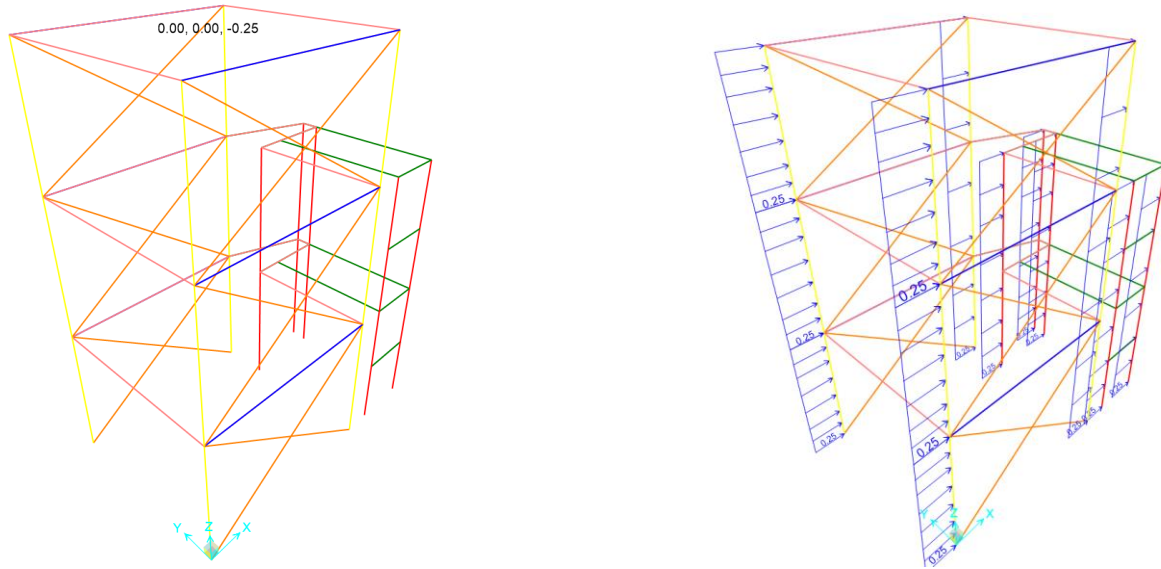


Figura 62. Viento 1+X: Presión al 25%

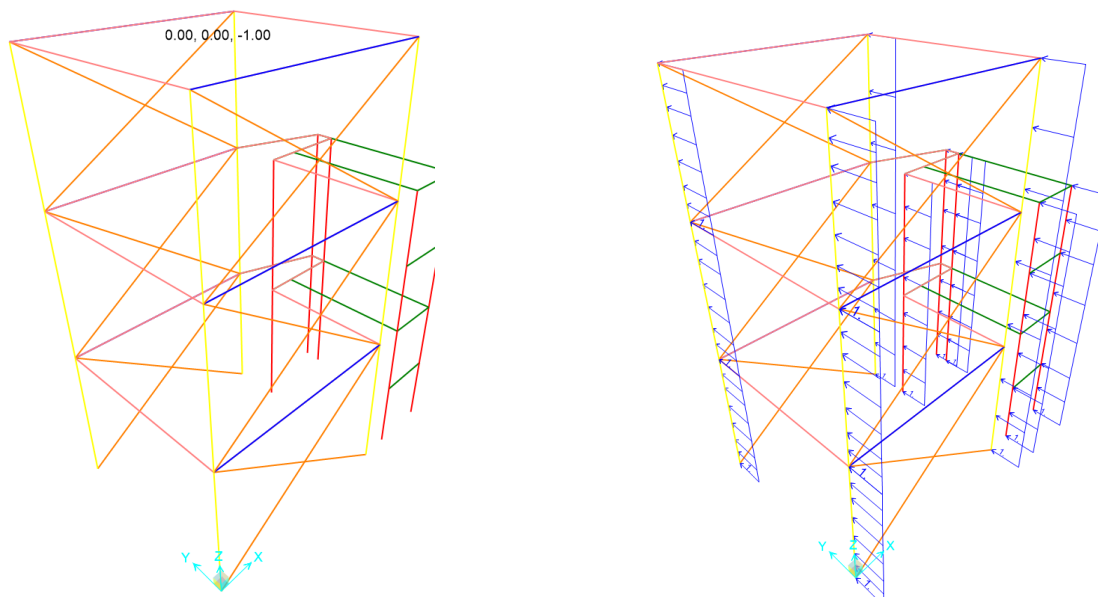


Figura 63. Viento 2+Y: Presión al 100%

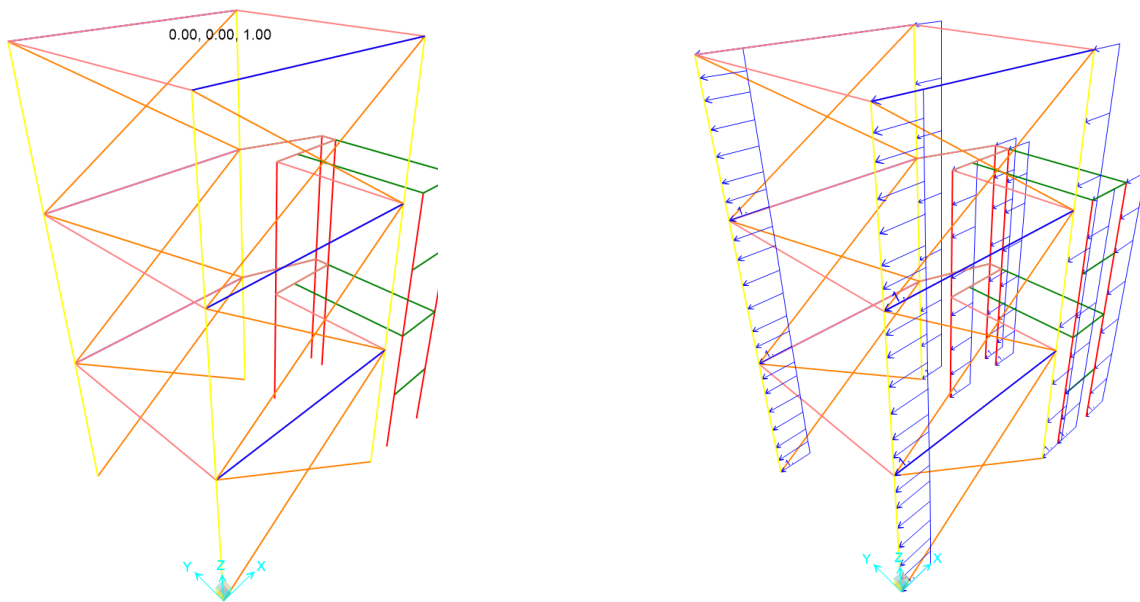


Figura 64. Viento 3-X: Succión al 100%

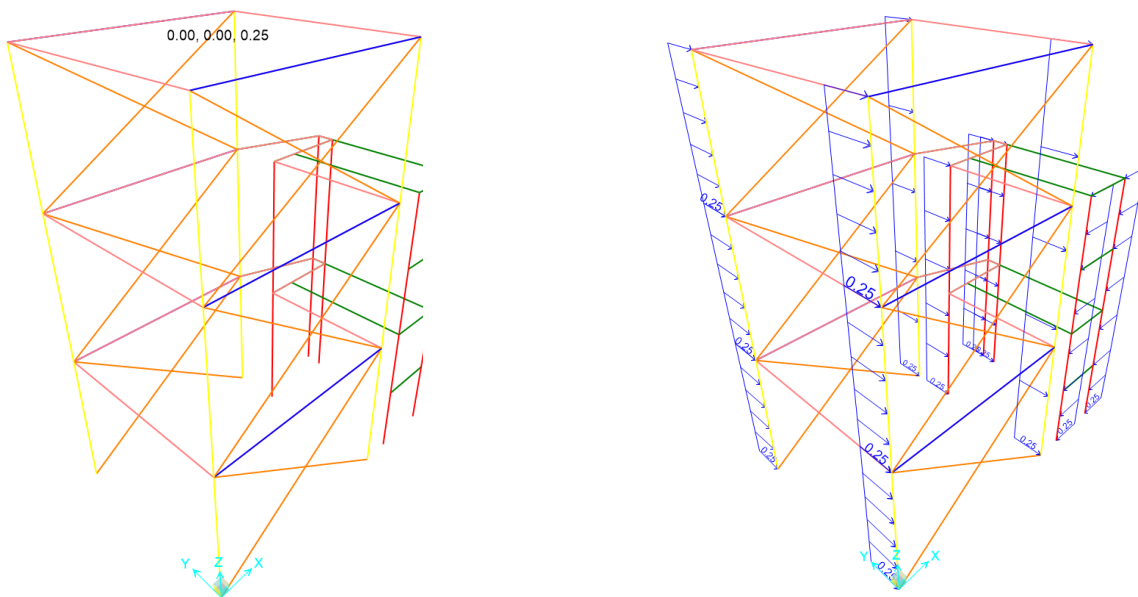


Figura 65. Viento 4-Y: Succión al 25%

### 4.3. CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS ACCIONES DE CÁLCULO

Este tipo de construcciones no tiene una normativa de acciones clara, por lo que alguna de las cargas utilizadas son las que la empresa especializada considera adecuadas, en cuanto a sobrecargas de uso se refiere. Sin embargo, el resto de las acciones utilizadas son las establecidas en la siguiente normativa:

- UNE-EN 15567-1 de octubre de 2015 Estructuras del deporte y actividades recreativas. Recorrido acrobático en altura. Parte 1: requisitos de construcción y seguridad.
- UNE-EN 15567-2 de octubre de 2015 Estructuras del deporte y actividades recreativas. Recorrido acrobático en altura. Parte 2: requisitos de explotación.
- DB SE-AE. Seguridad Estructural. Acciones en la edificación
- EAE: Instrucción de Acero estructural
- EHE-08: Instrucción de hormigón estructural

Por otro lado, las acciones térmicas se han determinado según el CTE DB SE-AE en el que se establece que la temperatura media anual en Sevilla es de 18.6 °, y la obra se lleva a cabo con esta temperatura de referencia. La temperatura mínima al exterior es de -6 ° y la máxima considerada es de 48 °, de ahí los valores considerados en los incrementos y decrementos.

Un aspecto a tener en cuenta es la influencia de la **acción sísmica** sobre la estructura. En Sevilla la relación entre la aceleración básica frente a la aceleración de la gravedad es del 7%. No obstante, se considera que la estructura tiene una clasificación de importancia moderada, por lo que no es necesaria la comprobación de la sismicidad, según lo expuesto en la norma de construcción sismorresistente, NSCE.





## 5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

En este apartado se expone el proceso de dimensionamiento realizado. Este proceso abarca desde la salida de resultados en el programa de cálculo hasta la comprobación seccional de cada una de las barras para cada uno de los estados límite considerados, incluso la resistencia al fuego, y todo ello, en base a la normativa de aplicación, en nuestro caso, el cálculo y dimensionamiento de las dos torres se realizará conforme a lo expuesto en el Código Técnico de la Edificación. Documentos Básicos, Seguridad Estructural Madera, DB-SE-M, del Ministerio de Fomento del 20 de diciembre de 2019.

En el anejo “A.1. Listados de comprobación seccional” se adjuntan los resultados obtenidos en una hoja de cálculo de elaboración propia.

### 5.1. PROCEDIMIENTO Y HERRAMIENTAS

Como se ha mencionado, en esta parte del proyecto estructural han intervenido dos programas: el programa de cálculo –SAP 2000– y una hoja de cálculo en Excel de elaboración propia.

En SAP 2000 se ha modelado la estructura en dos partes. Por un lado, la torre principal y por otro, la torre de llegada. Estos modelos se han tratado de forma independiente.

En los modelos, se han diferenciado las secciones de las barras y los materiales de las mismas. También se ha prestado mucha atención a la conexión entre las diferentes barras según conviniese, es decir, a la forma de materializar las articulaciones o los nudos rígidos para conseguir el comportamiento deseado, así como las restricciones en cimentación. El objetivo de esto era asegurarse de que el modelo funcionara correctamente y no fuera un mecanismo inestable, para lo que se hicieron varias pruebas de carga y se analizaron los desplazamientos.

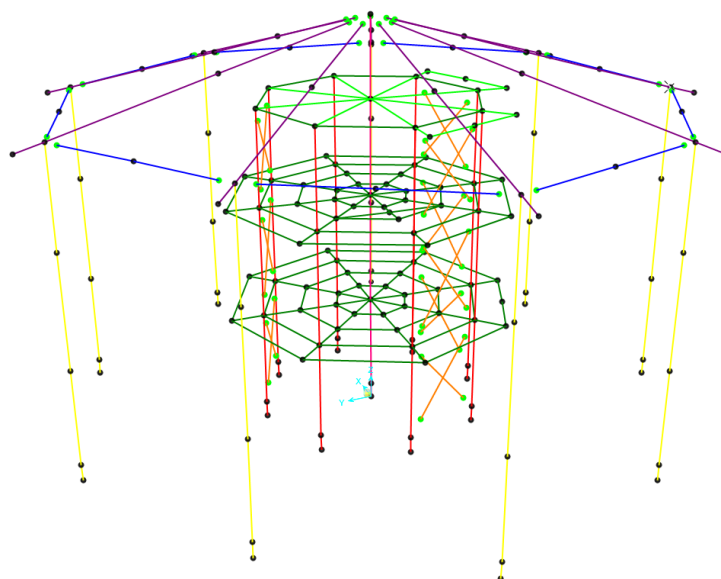


Figura 66. Modelo en SAP 2000 de la torre principal

Una vez ambos modelos fueron correctos, se procedió a asignar las acciones en diferentes patrones de carga. Estos patrones y sus valores se pueden observar en el apartado "4. Acciones de cálculo".

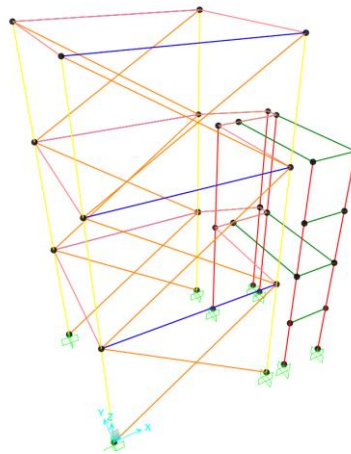


Figura 67. Modelo en SAP 2000 de la torre de Ilegada

Una vez ejecutado el cálculo, los resultados fueron exportados a una hoja Excel de elaboración propia en la que, en primer lugar, se identificaban los esfuerzos pésimos que se producían en una barra teniendo en cuenta su sección y el patrón de carga que generaba dicho esfuerzo.

1. ELECCIÓN DEL PERFIL Y ESFUERZOS MÁXIMOS SEGÚN CADA PATRÓN DE CARGA				P	V2	V3	T	M2	M3
				KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
PILAR CENTRAL	DEAD	Max		-13.19	0.05	0.04	0.00200	0.25	0.08
		Min		-32.36	-0.04	-0.13	0.00000	-0.13	-0.15
TRACCIÓN	G1	Max		0.04	0.05	0.00	0.00170	0.01	0.13
		Min		-5.01	-0.01	-0.01	0	-0.01	-0.13
COMPRESIÓN	G2	Max		-3.68	0.00	0.00	0	0.00	0.00
		Min		-3.93	0.00	0.00	-0.0019	0.00	0.00
	G3	Max		0.19	1.12	0.29	0.0082	0.62	2.37
		Min		-8.55	0.00	-0.50	-0.0005956	-1.10	-1.82
	Q1	Max		0.56	0.24	0.01	0.0085	0.07	0.66
		Min		-24.67	-0.03	-0.03	0	-0.03	-0.63
	Q2	Max		28.64	7.73	2.36	2.8944	5.51	17.97
		Min		26.22	-3.79	-0.79	0	-0.38	-2.05
	Q3	Max		8.96	0.19	0.10	0.0415	0.03	0.69
		Min		8.39	-0.12	-0.11	0	-0.53	-0.03
	Q4	Max		8.99	0.24	0.06	0	0.35	0.93
		Min		8.42	-0.16	-0.06	-0.1035	-0.03	-0.05
	Q5	Max		3.80	0.06	0.67	0.0128	3.35	1.01
		Min		-0.10	-0.40	-1.81	-0.0044	-2.07	-0.21
	Q6	Max		-0.01	3.68	0.79	0	0.24	3.05
		Min		-0.44	-15.36	-0.23	-0.2871	-2.34	-10.23
	T1	Max		-0.21	0.02	0.00	0.0003638	0.01	0.03
		Min		-0.33	-0.02	-0.01	-0.00008788	-0.02	-0.02
	T2	Max		0.41	0.02	0.01	0.0001072	0.02	0.03
		Min		0.25	-0.02	-0.01	-0.0004436	-0.01	-0.04
	V1+X	Max		-28.36	10.32	0.18	0.1183	0.10	22.58
		Min		-30.41	-4.24	0.03	-0.0585	-0.56	-1.56

Figura 68. Hoja de cálculo. Identificación de esfuerzos en el Pilar Central. Elaboración propia

Una vez localizados los esfuerzos pésimos que genera cada patrón de carga se han realizado las combinaciones de acciones en base al Código Técnico de la Edificación. Documentos Básico, Seguridad Estructural Acciones en la Edificación, DB-SE-AE. Las combinaciones tienen en cuenta la duración de las cargas tal y como se establece en el DB-SE-M.

2. ACCIONES DE CÁLCULO CONSIDERANDO: DURACIÓN DE LAS CARGAS Y COMBINACIÓN MÁS DESFAVORABLE							
	P	V2	V3	T	M2	M3	
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
<b>2.1. Duración permanente</b>							
Valor máximo	-13.31	1.66	0.46	0.02	1.20	3.49	
Valor mínimo	-67.29	-0.06	-0.86	0.00	-1.67	-2.84	
<b>2.2. Duración media</b>							
Valor máximo	53.44	18.24	6.07	4.79	14.08	37.45	
Valor mínimo	-105.06	-27.80	-4.83	-0.55	-8.37	-21.28	
<b>2.3. Duración corta</b>							
Valor máximo con viento 25%	53.44	29.89	5.88	4.53	14.33	62.89	
Valor máximo con viento 100%	-18.45	4.12	62.80	0.86	138.25	8.46	
Valor mínimo con viento 25%	-139.68	-37.10	-5.04	-0.90	-8.90	-50.56	
Valor mínimo con viento 100%	-250.24	-2.32	-62.67	-0.85	-137.44	-8.46	

Figura 69. Hoja de cálculo. Determinación de las acciones de cálculo en el Pilar Central. Elaboración propia

Con los esfuerzos de cálculo, se est  en disposición de abordar el cálculo seccional cuyos factores más importantes son:

- Valores característicos de resistencia y de la rigidez en función del tipo de madera
- Clase de servicio de la estructura (clase 3.2. en este caso)
- Determinación de las resistencias de cálculo en función de la geometría de la sección, de la clase de duración de las cargas y del coeficiente de seguridad de la madera.
- Cálculo de las tensiones, en función de la duración de las cargas

El resultado de este proceso y la estructuración de la hoja de cálculo se puede observar en el anejo "A.1. Listados de comprobación seccional". En la siguiente imagen se puede observar un extracto de parte de la hoja Excel.

5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU			
5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.17	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.08	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.02	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.27	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.02	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.02	Cumple

Figura 70. Hoja de cálculo. Determinación de las acciones de cálculo en el Pilar Central. Elaboración propia

De forma iterativa, se ha ido probando diferentes secciones hasta obtener, para cada tipo de barra, una sección que cumpliera todas las comprobaciones. En ese proceso, también se reajustaba el modelo en SAP 2000 y se obtenían los nuevos esfuerzos que eran el resultado de la redistribución de rigideces en la estructura.

## 5.2. BASES DE CÁLCULO

En este apartado se pretende exponer las comprobaciones realizadas en los diferentes elementos y los aspectos más importantes de este proceso. Se entiende que la forma de abordar el cálculo de estructuras de madera laminada encolada está explicada de forma correcta en la normativa vigente, es decir, en el Eurocódigo-5 y en el CTE DB-SE-M.

Todos los cálculos realizados se han llevado a cabo según lo expuesto los apartados 5 y 6 del Código Técnico de la Edificación. Documentos Básico, Seguridad Estructural Madera, DB-SE-M.

### 5.2.1. COMPROBACIONES REALIZADAS

Las comprobaciones seccionales que se han llevado a cabo son sobre los siguientes **Estados Límite Últimos**:

- 1) Tracción paralela a las fibras
- 2) Compresión paralela a las fibras
- 3) Compresión perpendicular a las fibras
- 4) Cortante
- 5) Flexión simple de eje débil (eje 2)
- 6) Flexión simple de eje fuerte (eje 3)
- 7) Flexión compuesta o esviada
- 8) Flexión y tracción axial
- 9) Flexión y compresión axial
- 10) Pandeo a compresión simple

### 11) Pandeo a flexo-compresión

Es necesario mencionar que dos comprobaciones no han sido incluidas en el proceso puesto que no eran limitantes en ningún caso. Lejos de ello, se han despreciado estas comprobaciones con la finalidad de aclarar y facilitar el proceso interno en la hoja de cálculo. Estas comprobaciones son:

- Compresión inclinada
- Tracción perpendicular a las fibras

Todas las comprobaciones enumeradas se han calculado para cada una de las barras, a excepción de una: la compresión perpendicular a las fibras (3); sólo tenía lugar en las vigas radiales, en las vigas perimetrales y en las vigas de piso.

Por otro lado, se ha comprobado la deriva horizontal de la estructura con la intención de saber si los **efectos de segundo orden (P-Δ)** eran despreciables o no. El desplome máximo de la estructura es de  $H/80$ , siendo  $H$  la altura de la torre principal. Este valor es inferior a la limitación  $H/50$  por lo que estos efectos no se han considerado.

Finalmente, se han realizado las comprobaciones de **resistencia a fuego**. Estas comprobaciones han sido las mismas que las antes citadas con la diferencia de que en la geometría de la sección se ha tenido en cuenta la reducción de la misma por el *Método de la sección reducida* recogido en el anejo SI-E, Resistencia al fuego de las estructuras de madera, en el apartado E.2.

Las secciones obtenidas cumplen satisfactoriamente con todas las limitaciones tensionales de acuerdo con lo establecido en el Código Técnico de la Edificación. Documentos Básico, Seguridad Estructural Madera, DB-SE-M.

### 5.2.2. INFLUENCIA DE LA CONCOMITANCIA DE ESFUERZOS

Un aspecto importante en el proceso de dimensionamiento ha sido la influencia de la concomitancia de esfuerzos en el cálculo de las tensiones.

Se ha realizado un escueto análisis y varias pruebas en los elementos más solicitados (los pilares de la torre principal). Se ha comprobado de forma manual la influencia de tomar valores concomitantes de los esfuerzos o, por el contrario, dimensionar los elementos suponiendo que en ellos actúan los esfuerzos máximos.

Los valores observados en estas pruebas han sido los índices de aprovechamiento de las comprobaciones siguientes:

- Flexión compuesta o esviada
- Flexión y tracción axial
- Flexión y compresión axial

Como se ha mencionado, las pruebas se han realizado en el pilar central, en el pilar interior y en el pilar exterior, obteniendo las siguientes conclusiones:

- En el pilar interior la variación de considerar los esfuerzos máximos o los concomitantes era del 9%
- En el pilar exterior la variación de considerar los esfuerzos máximos o los concomitantes era del 5%

- En el pilar central la variación de considerar los esfuerzos máximos o los concomitantes era del **20%**

Por lo que se ha decidido tener en cuenta la influencia de los esfuerzos concomitantes sólo en el pilar central, mientras que el resto de secciones han sido dimensionadas con los esfuerzos máximos.

Esta decisión se debe única y exclusivamente a facilitar la operación con la hoja de cálculo. Se entiende que los resultados no varían demasiado en el resto de secciones, estando estas, ligeramente sobredimensionadas.

## 6. SOLUCIÓN ADOPTADA

---

En el apartado anterior se ha descrito el procedimiento y las herramientas utilizadas para dimensionar las estructuras. En este apartado se pretende recoger la perfilera definitiva de las dos torres, que es el resultado del proceso de dimensionamiento, así como ilustrar la solución final adoptada y mencionar aspectos de interés en cuanto a la configuración final de las torres.

Se entiende, por tanto, que las secciones de las diferentes barras que conforman las dos estructuras son suficientes para resistir los esfuerzos y mantener la integridad estructural frente a los diferentes estados límite comprobados, incluida la resistencia al fuego.

En el conjunto de planos “04. Planos de estructura” se puede apreciar las diferentes barras utilizadas en cada nivel, mientras que en los planos “06. Detalles de uniones” se ilustran las uniones más importantes de ambas torres.

### 6.1. TORRE PRINCIPAL

Las barras que se han modelado en la torre principal y sobre las que se han realizado las comprobaciones seccionales son las siguientes:

- Pilares exteriores (PE)
- Vigas de piso (1 y 2)
- Pilares interiores (PI)
- Pilar central (PC)
- Cruces de San Andrés o de arriostramiento
- Vigas radiales
- Vigas perimetrales

Se ha diferenciado el grupo de vigas de piso 1 y 2 porque las vigas de las plantas transitables (+3.50 y +7.00) no tienen esfuerzos importantes mientras que las del nivel a cota +10.00 además de tener una función de arriostramiento en cabeza de los pilares, soportan las fuerzas de las vías de escalada.

No se ha entrado en la definición de las plataformas pequeñas debido al alcance de este proyecto estructural. Si bien estas podrían ser de madera, como se muestra en la imagen siguiente, se ha decidido mantener las plataformas del proyecto original. Estas están conformadas con una perfilera de acero de sección rectangular.





*Figura 71. Plataformas de madera en parque de puentes colgantes*

Como se ha mencionado en el apartado “4. Acciones de cálculo”, en los pisos transitables de la torre principal serán paneles CLT de 80 mm de espesor que, además de materializar las zonas transitables de la torre, tiene comportamiento estructural.

Por último, las vías de escalada, que se contemplaban en el proyecto original como una pared de “falsa roca” se ha decidido que sean con un acabado con listones de madera, mucho más integrado con la estética final de la estructura. En la siguiente imagen se puede apreciar una vía de escalada similar.



*Figura 72. Vías de escalada con acabado en madera*

En definitiva, los elementos de la torre principal se recogen en la siguiente tabla:



BARRA	Ancho (mm)	Canto (mm)	Material	Cantidad
Pilar Exterior	450	450	GL24h	9
Vigas Piso 1	100	150	GL24h	121
Vigas Piso 2	220	360	GL24h	10
Pilares Interiores	400	400	GL24h	8
Pilar central	500	500	GL24h	1
Cruz San Andrés	140	180	GL24h	18
Viga radial	240	400	GL24h	9
Viga perimetral	100	150	GL24h	9

Tabla 7. Barras de la torre principal

Para visualizar todas estas secciones, se recomienda acudir al plano "08. Secciones de los perfiles".

La estructura principal está resuelta con articulaciones en prácticamente todas las uniones, incluyendo la unión de las columnas con la cimentación. No obstante, la unión entre las vigas radiales con las columnas exteriores se materializa con 4 pasadores (véase plano 06.01-3) de forma que se consiga una unión rígida entre estos y evitar que la torre principal sea inestable.

Por otro lado, las vigas perimetrales se unen a este nudo rígido mediante dos chapas laterales prefabricadas que facilitan la articulación de las mismas. Al ser una unión articulada, no se transmiten momentos adicionales a este nudo.

Otra unión interesante es la unión de las 9 vigas radiales con la columna central. En esta, se dispondrá un cabezal prefabricado en el que se articulará cada una de las vigas radiales (véase el plano 06.01-2).

Es necesario mencionar que otras uniones como la incorporación de las vigas de piso a las columnas o la unión de las cruces de San Andrés en las caras de los pilares interiores no se han diseñado debido al alcance del proyecto estructural. Sin embargo, se propone que estas uniones se materialicen de forma sencilla con piezas conformadas en taller de acero galvanizado. Estas piezas, en forma de herraje, son iguales y numerosas, lo que ayudaría a industrialización de la estructura y tendría un efecto favorable en el coste.

En cuanto al mobiliario y equipamiento adicional. Se prevén los siguientes elementos:

- Bancos de descanso
- Papeleras con separación de residuos
- Botiquín de primeros auxilios
- 4 extintores de protección en caso de incendio

El pavimento del parque recreativo será un pavimento infantil continuo con recubrimientos a base de resinas y caucho, de gran grosor. Este pavimento es apropiado para zonas de juego infantiles para proteger en caso de caídas por su alta amortiguación de los impactos y además son resistentes a las condiciones climáticas.

Finalmente, la cubierta se realizará con velas de sombreado. Se mantendrá, por tanto, la tipología planteada en el proyecto original. El material utilizado es poliéster con recubrimiento de PVC, una solución típica en estructuras de lonas que presenta una vida útil de 10 a 15 años.



Figura 73. Lona de poliéster con recubrimiento de PVC en blanco



Figura 74. Estructura con cubierta de poliéster con recubrimiento de PVC. Fabricante: Giofex

## 6.2. TORRE DE LLEGADA

Las barras que se han modelado en la torre de llegada y sobre las que se han realizado las comprobaciones seccionales son las siguientes:

- Pilar principal (PL)
- Pilar auxiliar (PA). Son los de la escalera auxiliar contigua.
- Vigas
- Cruces de San Andrés o de arriostramiento

Los pisos transitables de la torre de llegada y la cubierta de la misma se materializan con paneles CLT de 100 mm de espesor. Estos paneles son capaces de soportar una carga de  $1.5 \text{ kN/m}^2$  con una luz de 4.5 metros, por lo que no se hace necesario disponer vigas secundarias a modo de correas.

En la siguiente figura se muestra la tabla utilizada para el predimensionado.

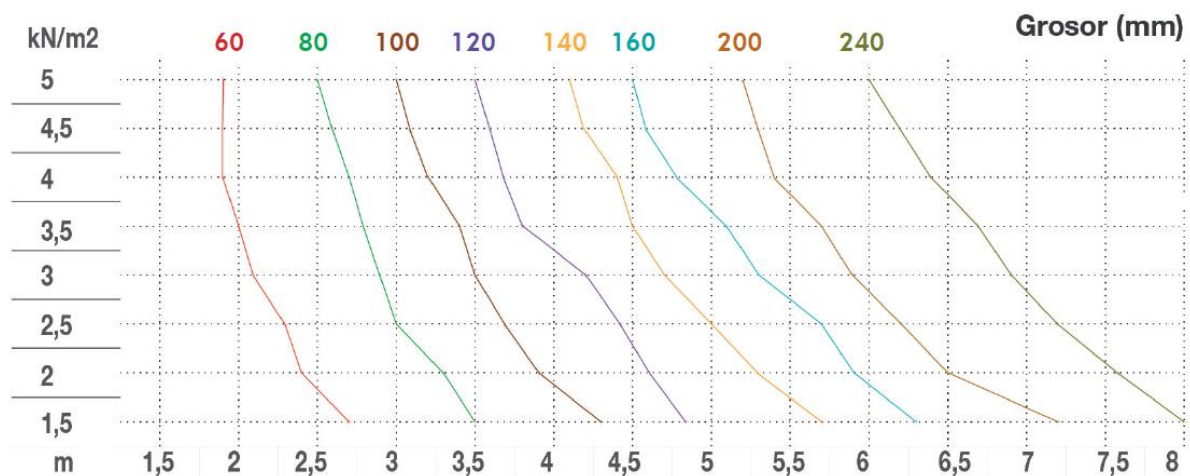


Figura 75. Tabla de predimensionamiento de paneles CLT. Fabricante: SOLID CLT

Por otro lado, se decide materializar los cruces de arriostramiento con cables de 12 mm de acero galvanizado de 1570 MPa de resistencia a tracción; son capaces de resistir los 52 kN a los que están sometidos. Estos cables se unirán al pilar en su encuentro con la viga gracias a dos pasadores (superior e inferior) en los que se conectarán los tensores de los cables. Véase el plano 06.02-2 para apreciar el encuentro entre los cables, la columna y la viga.



Figura 76. Elementos de conexión de los cables. Tensores abiertos

La parte de la torre de llegada correspondiente a las escaleras auxiliares se sitúa al este. Esta quedará conectada a la torre tanto por las vigas de la estructura como con los paneles de CLT que garantizarán la continuidad y el tránsito. Las escaleras no alcanzan la cota +10.00.

En conclusión, los elementos de la torre de llegada se recogen en la siguiente tabla:

BARRA	Ancho (mm)	Canto (mm)/ $\phi$ (mm)	Material	Cantidad
Pilares llegada	400	400	GL24h	4
Pilares auxiliares	340	340	GL24h	4
Vigas	200	260	GL24h	20
Cruz San Andrés	-	0.012	Acero Galv. Y1570	12

Tabla 8. Barras de la torre de llegada

Para visualizar todas estas secciones, se recomienda acudir al plano "08. Secciones de los perfiles".

Finalmente, en la torre de llegada, la unión entre los pilares y la cimentación se materializa como un empotramiento, a diferencia de la torre principal, que se realiza con articulaciones. Esta unión se lleva a cabo con piezas de taller que se anclan a la losa mediante una chapa de acero. En la parte baja de las columnas, se disponen 4 pasadores colocados en cuadrícula que conectan la columna y el caz anclado a la cimentación.



### 6.3. INFOGRAFÍA

En las siguientes figuras se muestra el modelo de la solución adoptada en 3 dimensiones, así como diferentes vistas de las torres. La estructura ha sido modelada con el programa Revit de Autodesk en su versión 2020.

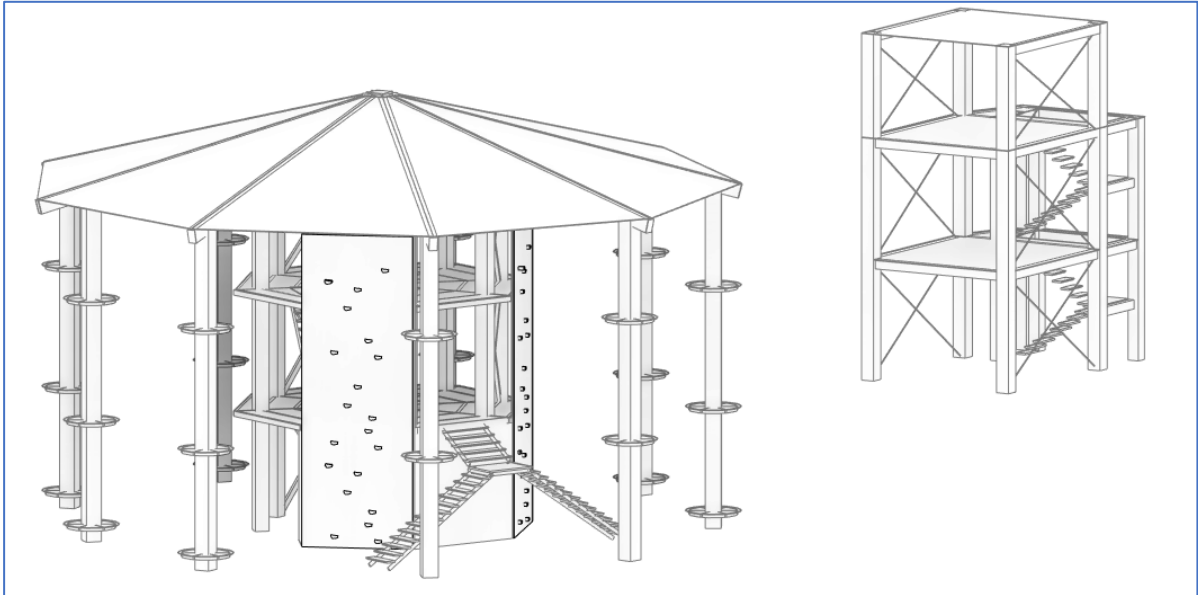


Figura 77. Modelo 3D de la torre principal y de la torre de llegada



Figura 78. Vista 3D de las dos torres

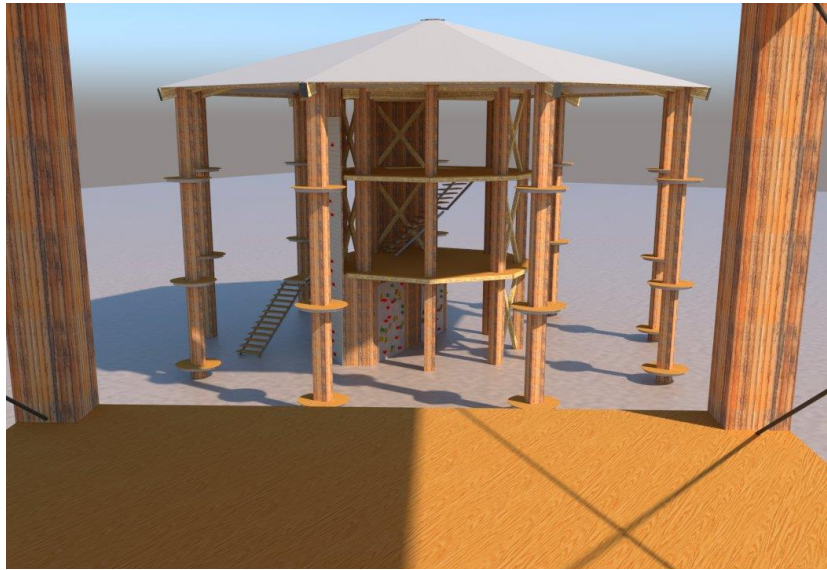


Figura 79. Vista 3D de la torre principal desde la torre de llegada

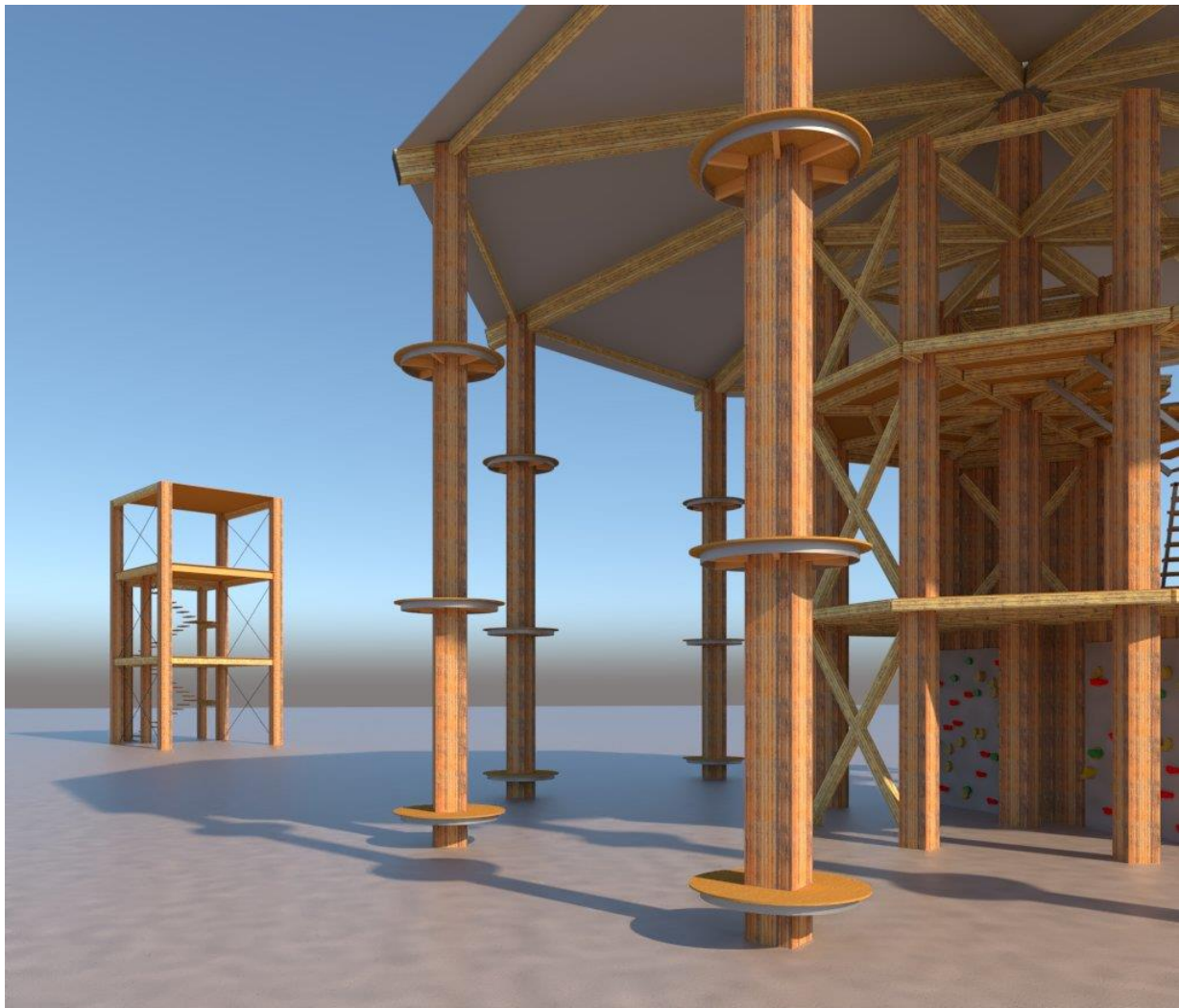


Figura 80. Vista 3D de la torre de llegada desde la torre principal

## 7. PROCESO CONSTRUCTIVO

En este apartado se expone lo referente al proceso constructivo y montaje de la torre principal y de la torre de llegada. En concreto, se estima la duración de la programación de obra y se plantea una propuesta de montaje por fases, así como una estimación de los medios que se requieren para llevarla a cabo.

### 7.1. HERRAMIENTAS DE MODELAJE Y PROCEDIMIENTO

Para ilustrar las fases de montaje se ha utilizado el programa Revit de Autodesk, en su versión 2020. Este programa se ha utilizado para elaborar un modelo de la estructura en 3 dimensiones, y de él se ha extraído la información necesaria (perfiles utilizados, planimetría, etc.).

Una parte importante de la información obtenida es la correspondiente a la planificación temporal de las fases de montaje, es decir, la incorporación de la variable tiempo a nuestro modelo. Esto es lo que se conoce como 4D en términos de aplicación de la metodología BIM (*Building Information Modeling*). El motivo de realizar esto se justifica por tener una mejor programación y planificación del proyecto desde su concepción, con el objetivo de que la incertidumbre o los imprevistos que puedan surgir en ciertos momentos del montaje, se vean reducidos considerablemente. Como consecuencia de una mejor planificación, se reduce la posibilidad de incurrir en sobrecostes o incumplir los plazos.

En conclusión, se ha planteado la ejecución de la obra en 10 fases. Es importante destacar que esta propuesta es totalmente arbitraria, y si bien está sometida a cierta coherencia organizacional, la propuesta podría verse modificada acorde a los condicionantes particulares de otros emplazamientos, a restricciones climáticas, a horarios de apertura del centro comercial (si lo hubiera), o a otros factores.



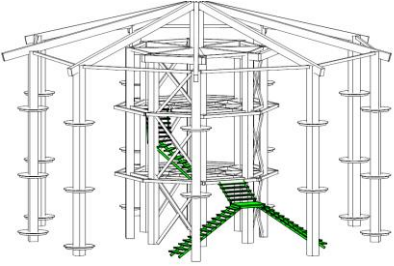
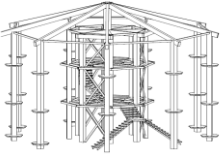
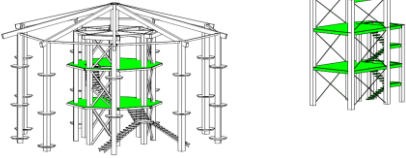
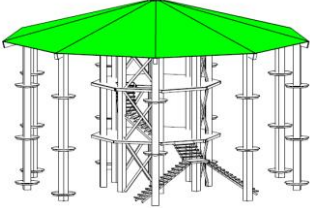
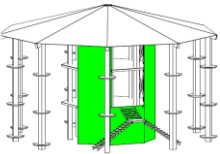
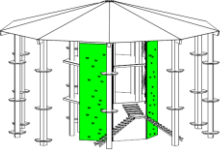

Figura 81. Montaje de estructura de madera



## 7.2. FASES DE MONTAJE

A continuación, se muestran las 10 fases consideradas en el proceso de montaje de la estructura y una breve explicación de lo que se realiza. Las imágenes utilizadas se han extraído del plano "07. Proceso constructivo".

FASE	REPRESENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
1		Torre principal: pilares interiores, pilares exteriores y pilar central. Torre de llegada: nada
2		Torre principal: vigas de piso, cruces de arriostramiento Torre de llegada: nada
3		Torre principal: vigas perimetrales y vigas radiales Torre de llegada: nada
4		Torre principal: plataformas pequeñas Torre de llegada: nada

- 5  Torre principal: escaleras  
Torre de llegada: nada
- 6  Torre principal: nada  
Torre de llegada: pilares de la torre y de las escaleras auxiliares
- 7  Torre principal: paneles en los pisos transitables  
Torre de llegada: vigas de la torre, paneles en los pisos y en cubierta y escaleras
- 8  Torre principal: velas de cubierta  
Torre de llegada: terminada
- 9  Torre principal: almacén y muros que la estructura  
Torre de llegada: terminada
- 10  Torre principal: Boulder, vías de escalada, juegos radiales, juegos perimetrales y equipamientos  
Torre de llegada: terminada
- 11  Torres terminadas

### 7.3. PROGRAMACIÓN DE OBRA Y MEDIOS NECESARIOS

Antes de proponer una secuencia de montaje y estimar la duración de cada una de las actividades, conviene destacar que, en la planificación del proyecto original, la duración era de 91 días naturales, iniciando las obras el 17 de junio y finalizando el 15 de septiembre.

Sin embargo, en este periodo está incluido tanto la elaboración del proyecto (cálculo de la estructura, planos, etc.) como la construcción de la cimentación y la confección de los perfiles en taller. Dado que en el presente proyecto no se ha contemplado la ejecución de una cimentación concreta, sino que se ha optado por tomar como válida la original del proyecto, en la planificación no se va a considerar ese tiempo.

Es decir, el tiempo de montaje del proyecto original es de **46 días naturales**, iniciando las obras el 1 de julio y finalizando el 15 de septiembre.

En la siguiente página se adjunta la programación de obra nueva., así como la identificación por fases de cada actividad. En este programa de trabajos, se ha establecido una duración de **40 días naturales** desde el inicio de las obras. Los meses utilizados son genéricos en este caso.

Es importante destacar que esta programación es aproximada y existe holgura para empezar algunas actividades antes utilizando más personal o más recursos.

Los medios materiales y de personal considerados son:

- Un oficial de montaje de estructuras de madera laminada
- Dos ayudantes especializados en montaje de vigas, techos y estructuras de madera
- Una grúa de brazo telescópico capaz de levantar 2 toneladas
- Una plataforma elevadora móvil para el montaje de las piezas en gran altura
- Escaleras de mano para el montaje de piezas en baja altura
- Elementos de sustentación provisional de los pilares hasta que se arriestren en cabeza con las vigas



Figura 82. Plataforma elevadora auxiliar



Figura 83. Grúa móvil para izado de grandes piezas





## 8. VALORACIÓN ECONÓMICA

En este apartado se estima el coste de ejecución de la solución propuesta y se compara en cierta medida con la estructura planteada en el proyecto original. No obstante, es necesario mencionar, que no se dispone de datos completos sobre el coste final del proyecto, pero sí se han podido utilizar las mediciones de la perfilería de las estructuras de ambas torres. En estas mediciones no figura ninguno de los siguientes elementos, que sí han sido tenidos en cuenta en el coste aproximado de este proyecto estructural:

- Coste de la cimentación
- Coste de las velas de la cubierta
- Coste de las escaleras
- Coste de las vías de escalada o rocódromos
- Coste de los muros que forman las vías de escalada y el almacén de planta baja
- Coste de los tableros de las pequeñas plataformas (sí de los perfiles metálicos que las conforman)
- Coste de los tableros transitables de ambas torres
- Coste de las uniones de acero

Es decir, para poder comparar correctamente el coste del proyecto original con el coste de la solución planteada en madera laminada encolada, o bien se han de restar esos importes al proyecto modificado o bien se han de incluir estos al proyecto original, aplicando los importes correctos según las diferencias entre cada solución. Se ha optado por la segunda propuesta.

Los kg de acero del tipo S-275JR utilizados en el proyecto original son 22,836.14 kg. A un precio de 2,32 €/kg que incluye el coste de montaje y soldado en obra (es el mismo precio que se ha utilizado en los perfiles de acero del proyecto modificado), da una cantidad de **52,979.84 €**, tan solo de la estructura. Si a ello, sumamos los importes de los elementos citados antes, obtenemos:

Coste de la cimentación	13,134.29 €
Coste de las velas de la cubierta	491.88 €
Coste de las escaleras	427.12 €
Coste de las vías de escalada o rocódromos	1,184.35 €
Coste de los muros que forman las vías de escalada y el almacén de planta baja	6,165.54 €
Coste de los tableros de las pequeñas plataformas	1,347.41 €
Coste de los tableros transitables de ambas torres	4,834.84 €
Coste de las uniones de acero (un 15% del coste de la estructura)	7,946.97 €
<b>COSTE DE EJECUCIÓN MATERIAL APROXIMADO</b>	<b>88,512.24 €</b>

Los importes han podido ser determinados gracias a la identificación de los elementos y la obtención directa de las mediciones. En el anejo "A.2. Tabla de materiales" se incluye la relación de materiales utilizados, que han sido extraídos directamente del modelo en Revit.

Hay que recalcar, que existe cierta incertidumbre en el coste final del proyecto original debido a que la información de base para la estimación no era precisa, no contabilizaba todos los elementos y no tenía en cuenta el coste de las uniones. Tampoco había información del coste de la cimentación.

A continuación, se expone la valoración económica del proyecto estructural. Se ha decidido diferenciar 6 capítulos principales:

- Capítulo I: Cimentación
- Capítulo II: Elementos estructurales
- Capítulo III: Cubierta
- Capítulo IV: Elementos no estructurales
- Capítulo V: Plataformas
- Capítulo V: Uniones

### **CAPÍTULO I: CIMENTACIÓN**

<b>CÓDIGO</b>	<b>UD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDICIÓN</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
C-01	m2	Demolición de pavimento continuo de hormigón de hasta 40 cm de espesor, con martillo neumático, sin deteriorar los elementos constructivos contiguos, y carga manual sobre camión o contenedor.	200	6.21	1,242.00 €
C-02	m3	Losas de cimentación de HM-30/B/20/IIa y relleno de las zapatas de los pilares exteriores con HM-30/B/20/IIa preparado en central, vertido mediante cubilote con una cuantía de de acero B500 S de 70 kg, suministrado en jaulas, colocado en obra, incluido curado y vibrado según EHE-08, DB SE-C.	67.859	175.3	11,892.29 €
<b>SUBTOTAL</b>					<b>13,134.29 €</b>

### **CAPÍTULO II: ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

<b>CÓDIGO</b>	<b>UD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDICIÓN</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
E-01	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para pilares de 400x400 mm en pilares de la torre de llegada, de 12.50 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	6.4	665	4,256.00 €
E-02	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para pilares de 400x400 mm en pilares interiores, de 10 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	12.8	665	8,512.00 €
E-03	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para pilares de 450x450 mm en pilares exteriores, de 10 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se	18.225	665	12,119.63 €



		corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.			
E-04	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para pilares de 500x500 mm en pilar central, de hasta 12.50 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	3.125	665	2,078.13 €
E-05	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para pilares de 340x340 mm en pilares auxiliares, de 10 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	3.236	665	2,151.94 €
E-06	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para vigas de 240x400 mm, de hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	8.809	665	5,857.99 €
E-07	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para vigas de 220x360 mm, de hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	2.918	665	1,940.47 €
E-08	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para vigas de 200x260 mm, de hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	3.413	665	2,269.65 €
E-09	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para vigas de 100x150 mm, de hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	4.064	650	2,641.60 €
E-10	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para vigas de 140x180 mm, de hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	1.584	650	1,029.60 €

E-11	m3	Madera laminada encolada homogénea de abeto rojo para vigas de 50x100 mm, de hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24h, con protección frente a agentes bióticos que se corresponde con la clase de penetración NP3 según UNE-EN 351-1, con acabado cepillado, incluso montaje en obra.	0.313	650	203.45 €
E-12	m	Cable de acero galvanizado de 12 mm del tipo 6x19-1 para utilizar como arriostamiento en la torre de llegada, incluso montaje en obra.	71	4.02	285.42 €
<b>SUBTOTAL</b>					43,345.86 €

### **CAPÍTULO III: CUBIERTA**

<b>CÓDIGO</b>	<b>UD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDICIÓN</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
V-01	m2	Velas de cubierta de poliéster con recubrimiento de PVC incluso mano de obra y maquinaria.	317.34	1.55	491.88 €
<b>SUBTOTAL</b>					491.88 €

### **CAPÍTULO IV: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

<b>CÓDIGO</b>	<b>UD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDICIÓN</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
N-01	kg	Perfil rectangular RHS de acero galvanizado tipo S-275JR para conformar la estructura de la escalera, incluso montaje en obra.	337.98	2.32	784.11 €
N-02	m3	Tablero contrachapado de madera para conformar los escalones de ambas torres, incluso montaje en obra.	1.336	320	427.52 €
N-03	m2	Muro de escalada vertical con presas y equipamiento adicional para las vías de escalada principales, incluso montaje en obra.	37.018	23.5	869.92 €
N-04	m2	Muro de escalada vertical con presas y equipamiento adicional de hasta 2.80 metros de altura para las vías de escalada secundarias, incluso montaje en obra.	13.38	23.5	314.43 €
N-05	m2	Muro de contrachapado de madera de 30 mm de espesor para conformar el recinto del almacén en planta baja, incluso montaje en obra.	110.099	56	6,165.54 €
N-06	U	Mobiliario urbano. Bancos y papeleras con separación de residuos	10	28	280.00 €
<b>SUBTOTAL</b>					8,841.53 €

### **CAPÍTULO V: PLATAFORMAS**

<b>CÓDIGO</b>	<b>UD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDICIÓN</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
P-01	m2	Tablero de madera de tipo OKUME de 20 mm de espesor para las pequeñas plataformas de los juegos, incluso montaje en obra.	52.286	18.00 €	941.15 €
P-02	m2	Panel de madera contralaminada CLT de 80 mm de espesor para los pisos transitables de la torre principal, incluso montaje en obra.	99.385	84.53	8,401.01 €

P-03	m2	Panel de madera contralaminada CLT de 100 mm de espesor para los pisos transitables de la torre de llegada, incluso montaje en obra.	88.23	89.05	7,856.88 €
<b>SUBTOTAL</b>					17,199.04 €

#### **CAPÍTULO VI: UNIONES**

CÓDIGO	UD.	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
U-01	-	Coste estimado de las uniones en un 30% del coste de ejecución material de las dos estructuras. Todas ellas realizadas en acero galvanizado	-	-	13,003.76 €
<b>SUBTOTAL</b>					13,003.76 €

#### **RESUMEN POR CAPÍTULOS**

CAPÍTULO I: CIMENTACIÓN	13,134.29 €
CAPÍTULO II: ELEMENTOS ESTRUCTURALES	43,345.86 €
CAPÍTULO III: CUBIERTA	491.88 €
CAPÍTULO IV: ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	8,841.53 €
CAPÍTULO V: PLATAFORMAS	17,199.04 €
CAPÍTULO VI: UNIONES	13,003.76 €

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>96,016.36 €</b>
13.00 % Gastos generales	12,482.13 €
6.00% Beneficio industrial	5,760.98 €
<b>PRESUPUESTO BASE SIN IVA</b>	<b>114,259.47 €</b>
21.00% IVA	23,994.49 €
<b>PRESUPUESTO BASE CON IVA</b>	<b>138,253.96 €</b>

Asciende la valoración económica a la expresada cantidad de **CIENTO TREINTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS**

Valencia, septiembre de 2020



Autor del proyecto estructural:  
JOSÉ IGNACIO VILA GARCÍA



## 9. CONCLUSIONES

---

Tras haber propuesto una solución alternativa a la estructura de acero del proyecto original podemos llegar a varias conclusiones.

La solución en madera laminada encolada ha resultado ser un 8% más cara que la estructura original. Es cierto que la valoración económica está sujeta a cierta incertidumbre por los equipamientos considerados, por el coste de la cimentación o al coste exacto de las uniones de las alternativas, por citar algunos factores. No obstante, ese grado de incertidumbre es ecuánime en la valoración de ambas soluciones, por lo que un sobrecoste del entorno del 10% se considera aceptable.

Sin embargo, el coste económico no lo es todo, y la solución en madera laminada ofrece ciertas ventajas que se comentan a continuación.

En el apartado: “3. EL MATERIAL” se han establecido de forma más extendida las ventajas de la madera como material de construcción, y en concreto en la utilidad que presenta la madera laminada encolada en la confección de estructuras. No obstante, conviene volver a resaltar algunas de ellas en comparación con el acero.

La madera laminada encolada permite eliminar el grado de “incertidumbre” en el comportamiento propio de la madera debido a su anisotropía; ofrece soluciones avanzadas tecnológicamente con muy buen comportamiento estructural. Es un material de alta resistencia a flexión y un excelente comportamiento frente al fuego. Su relación resistencia/peso es superior a la del acero.

Es cierto que es necesario un tratamiento previo de impregnación en las piezas para garantizar la durabilidad de las mismas ya que son elementos expuestos a la intemperie, a altos contenidos de humedad y a una exposición al sol permanente. Este se realiza en taller.

Las dimensiones de las piezas son del orden de 12 metros, muy lejos de suponer un problema de fabricación y, sobre todo, de transporte. Las piezas llegan “preparadas” de taller con las uniones previamente definidas y listas para ser montadas. Por ello, el trabajo en obra se resume en un proceso de encaje de elementos, lo que supone rapidez y limpieza en obra.

El parque recreativo se sitúa en un centro comercial, lugar de ocio y propio de ambientes familiares. Lo que pone en valor el factor estético, de calidez y de bienestar que ofrece la madera.

Por último, se trata de un producto natural y sostenible. Los procesos de fabricación y confección de las piezas de madera laminada son de muy bajo consumo energético en comparación con el acero. El cambio climático es una realidad y desde el sector de la construcción debemos desarrollar soluciones más comprometidas con el medio ambiente, por lo que el uso de la madera de forma racional permite reducir notoriamente las emisiones de gases de efecto invernadero.



Figura 84. Comparación estética entre las dos soluciones

La realización de este proyecto estructural me ha permitido conocer la madera estructural, conocer sus propiedades y ser consciente de las ventajas que ofrece, además he podido aprender a calcular y dimensionar los elementos según la normativa. Se trata de un material con un altísimo grado de aprovechamiento: cerramientos, revestimientos, forjados, vigas y pilares son sus usos más importantes.

Podemos concluir que las aplicaciones de este material son muy amplias, y más gracias a los desarrollos tecnológicos de los últimos años que han permitido desarrollar soluciones más ambiciosas e interesantes, siendo la única limitación a su aplicación la creatividad de los proyectistas.

Valencia, septiembre de 2020

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end.

Autor del proyecto estructural:

JOSÉ IGNACIO VILA GARCÍA

## 10. REFERENCIAS

---

- Argüelles, R. (1969). *Cálculo de estructuras de madera. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho.*
- Calama, J.M. y Martínez, J.J. (1994). *Estructuras arquitectónicas de madera laminada encolada. Universidad de Navarra, Revista de edificación, vol. 18.*
- Capellán, G. (2005). *Cálculo de estructuras de madera laminada encolada. El caso del pandeo lateral en elementos esbeltos. Universidad de Navarra, Revista de edificación, vol. 29.*
- CTE DB-AE. *Código Técnico de la Edificación (2009). Documento Básico Acciones en la Edificación.*
- CTE DB-SE. *Código Técnico de la Edificación (2009). Documento Básico Seguridad Estructural.*
- CTE DB-SE-M. *Código Técnico de la Edificación (2007). Documento Básico Seguridad Estructural. Maderas.*
- CTE DB-SI. *Código Técnico de la Edificación (2007). Documento Básico Seguridad en caso de Incendio.*
- Esteban, M., Argüelles, R., Arriaga, F., Iñiguez, G. y Bobadilla, I. (2007). *Estado actual de la investigación sobre madera estructural en España. Universidad Politécnica de Madrid, Informes de la Construcción, vol. 59.*
- Fernández-Golfín, J.I., Díez, M. R. y Hermoso, E. (2014). *Normas aplicables a las estructuras de madera laminada encolada. La normalización de la madera laminada avanza a pasos agigantados tanto en Europa como en España. Laboratorio de Estructuras de Madera, Unidad conjunta INA-AITIM. Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA). Boletín de Información Técnica, nº 221.*
- FinnForest. (2020). *Guía de soluciones técnicas en madera laminada*
- Gálvez, B. (2011). *Madera estructural tipología y cálculo de uniones. Proyecto Final de Carrera. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.*
- Niskanen, R. y Mäkeläinen, R. (1965). *Estructuras de madera laminada. Instituto forestal Santiago de Chile.*
- Solid CLT. (2020). *Catálogo de paneles CLT.*
- Tellechea, J.A. (2008). *La fabricación de la madera laminada encolada. Universidad de Navarra, Revista de edificación, vol. 29.*
- UNE-EN: 15567-1. *Norma Española (2018). Estructuras de deporte y actividades recreativas, recorrido acrobático en altura- Parte 1: Requisitos de construcción y seguridad.*





## 11. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO ESTRUCTURAL

---

### I. MEMORIA Y ANEJOS

#### 0.INTRODUCCIÓN

#### 1.OBJETIVO

#### 2.DEFINICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

##### 2.1. LOCALIZACIÓN

##### 2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

##### 2.3. ESTRUCTURAS

##### 2.4. CIMENTACIÓN

##### 2.5. EQUIPAMIENTOS

#### 3.EL MATERIAL

##### 3.1. MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

##### 3.2. MADERA LAMINADA

##### 3.3. CONDICIONANTES A TENER EN CUENTA CON EL EMPLEO DE MLE

#### 4.ACCIONES DE CÁLCULO

##### 4.1. TORRE PRINCIPAL

##### 4.2. TORRE DE LLEGADA

##### 4.3. CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS ACCIONES DE CÁLCULO

#### 5.DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

##### 5.1. PROCEDIMIENTO Y HERRAMIENTAS

##### 5.2. BASES DE CÁLCULO

#### 6.SOLUCIÓN ADOPTADA

##### 6.1. TORRE PRINCIPAL

##### 6.2. TORRE DE LLEGADA

##### 6.3. INFOGRAFÍA

#### 7. PROCESO CONSTRUCTIVO

##### 7.1. HERRAMIENTAS DE MODELAJE Y PROCEDIMIENTO

##### 7.2. FASES DE MONTAJE

##### 7.3. PROGRAMACIÓN DE OBRA Y MEDIOS NECESARIOS

#### 8.VALORACIÓN ECONÓMICA

#### 9.CONCLUSIONES

#### 10.REFERENCIAS

#### 11. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO ESTRUCTURAL

A.1. Listados de comprobación seccional

A.2. Listado de materiales

## II. PLANOS

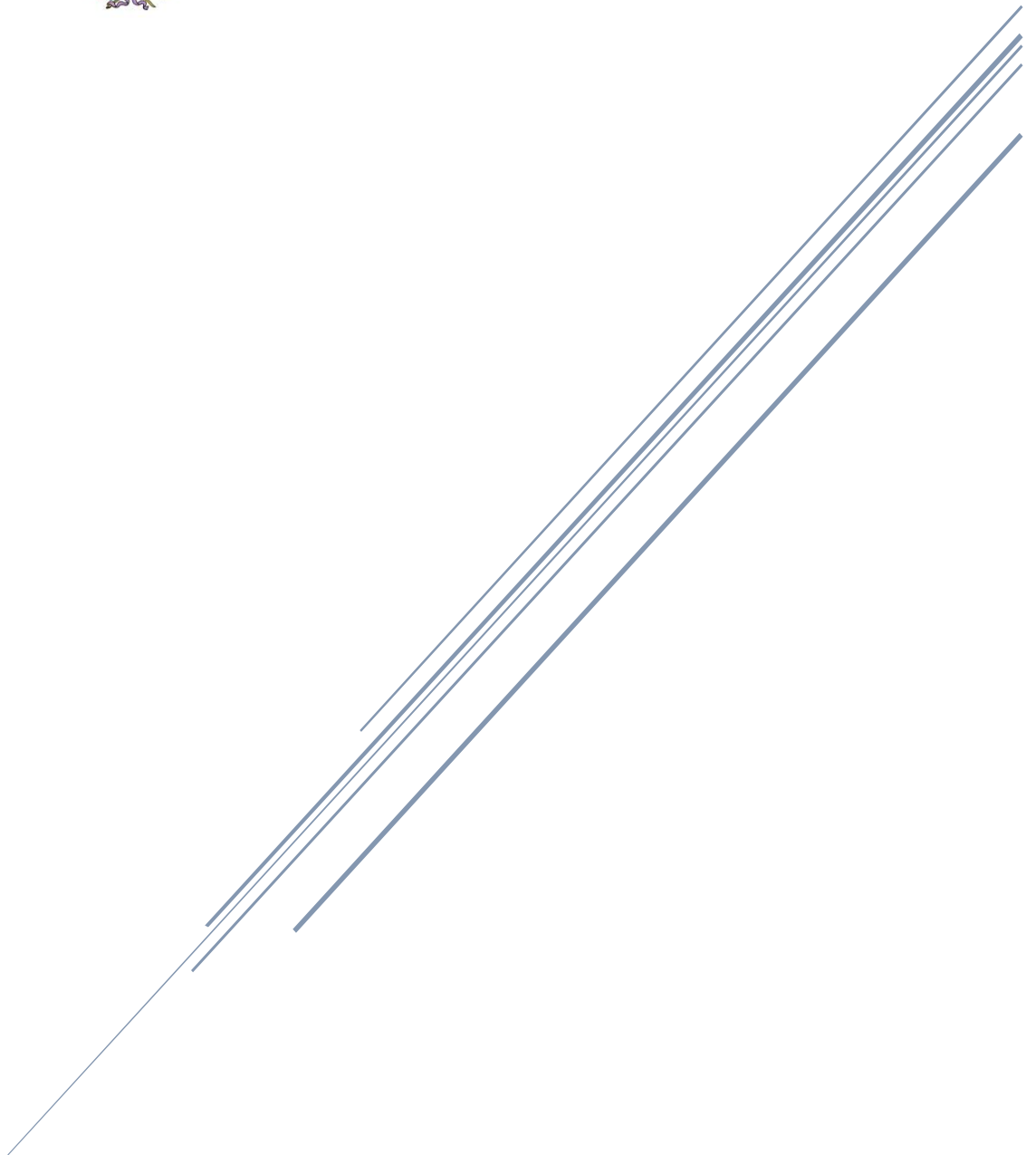
- 01. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- 02. PLANTA GENERAL
- 03. PLANOS DE PLANTA
  - 03.01. PB +0.50
  - 03.02. P1 +3.50
  - 03.03. P2 +7.00
- 04. PLANOS DE ESTRUCTURA
  - 04.01. PB +0.00 CIMENTACIÓN
  - 04.02. PB +0.50
  - 04.03. P1 +3.50
  - 04.04. P2 +7.00
  - 04.05. P3 +10.00
  - 04.06. PCUB +12.50
- 05. PLANOS DE ALZADO
  - 05.01. NORTE
  - 05.02. SUR
  - 05.03. ESTE
  - 05.04. OESTE
- 06. DETALLES DE UNIONES
  - 06.01. TORRE PRINCIPAL
  - 06.02. TORRE DE LLEGADA
- 07. PROCESO CONSTRUCTIVO
- 08. SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS PERFILES
- 09. MOBILIARIO





# ANEJO Nº1. LISTADOS DE COMPROBACIÓN SECCIONAL

*Proyecto estructural de torre multiaventura en el centro comercial LAGOH en Sevilla*



José Ignacio Vila García  
Máster en Ingeniería de Caminos Canales y Puertos





## ÍNDICE

---

A.1. LISTADOS DE COMPROBACIÓN SECCIONAL.....	4
1.1. PILAR CENTRAL .....	4
1.2. PILAR INTERIOR .....	8
1.3. PILAR EXTERIOR .....	13
1.4. VIGA RADIAL .....	17
1.5. VIGA PERIMETRAL .....	22
1.6. VIGA DE PISO .....	26
1.7. CRUZ DE SAN ANDRÉS .....	31
2.1. PILAR LLEGADA .....	36
2.2. PILAR AUXILIAR.....	40
2.3. VIGAS .....	45



## A.1. LISTADOS DE COMPROBACIÓN SECCIONAL

Los siguientes listados han sido elaborados gracias a dos hojas de cálculo en Excel, creadas especialmente para el desarrollo de este trabajo académico. Los resultados obtenidos son de acuerdo a lo expuesto en el apartado "5. Dimensionamiento de las estructuras" de este proyecto estructural.

En estos listados se comprueba el cumplimiento de los diferentes estados límite considerados en las diferentes piezas que conforman la torre de llegada y la torre principal.

### 1.1. PILAR CENTRAL

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
<b>ELEMENTO</b>	Escoger sección en la pestaña	<b>PILAR CENTRAL</b>
h (m)	Canto de la sección	0.50
b (m)	Base de la sección	0.50
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.25
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	5.21E-03
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	5.21E-03
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	<b>GL24h</b>
<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
f <sub>m,k</sub> (Mpa)	Flexión	24.00
f <sub>t,0,k</sub> (Mpa)	Tracción paralela	16.50
f <sub>t,90,k</sub> (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
f <sub>c,0,k</sub> (Mpa)	Compresión paralela	24.00
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f <sub>v,k</sub> (Mpa)	Cortante	2.70
<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E <sub>0,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E <sub>90,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G <sub>medio</sub> (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		
kh	Factor de altura	1.02
kvol	Factor de volumen	0.83
γ <sub>M</sub>	Coeficiente seguridad madera	<b>1.25</b>
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
k <sub>mod,perm</sub>	Factor de modificación para cargas permanentes	<b>0.50</b>
k <sub>mod,media</sub>	Factor de modificación para cargas medias	<b>0.65</b>
k <sub>mod,corta</sub>	Factor de modificación para cargas cortas	<b>0.70</b>
<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		

fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	9.78
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	6.72
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.14
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	9.78
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.10
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.10
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	12.71
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	8.74
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.18
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	12.71
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.43
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.43
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	13.69
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.41
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.19
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.69
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.54
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.54
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>		
<b>4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	No tracciona
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-67.29
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	0.00
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	1.66
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	3.49
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	1.67
<b>4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	53.44
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-105.06
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	0.00
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	27.80
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	37.45
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	14.08
<b>4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	53.44
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-250.24
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	0.00
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	62.80
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	6.28
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	138.25
<b>5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>		
<b>5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		

$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.17	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.08	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.02	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.27	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.02	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.02	Cumple
<b>5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
$\lambda_3$	Esbeltz mecánica. Flexión de eje 3	77.94	
$\lambda_2$	Esbeltz mecánica. Flexión de eje 2	77.94	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltz relativa de eje 3	1.13	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltz relativa de eje 2	1.13	Comprobar
$K_3$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.18	
$K_2$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.18	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	0.66	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	0.66	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.06	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.06	Cumple
<b>5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	1.80	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.68	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.179	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.21	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.42	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.17	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.203	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.180	Cumple
<b>5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.05	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.05	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.23	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.23	Cumple
<b>5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.30	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	6.64	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.500	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.21	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	1.00	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede

$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.38	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.5230	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.5056	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.12	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.12	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.62	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.62	Cumple
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
$d_{char,n}$ (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
$k_0$	(1 para $t > 20$ min y $t/20$ para $t < 20$ min)	1.00	
$d_0$ (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
$d_{ef}$ (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
$b_{red}$ (m)	Ancho reducido	0.444	
$h_{red}$ (m)	Canto reducido	0.472	
$I_{2,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	3.44E-03	
$I_{3,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	3.89E-03	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.21	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.11	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.32	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.03	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	91.74	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	97.53	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	1.33	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	1.41	Comprobar
$K_3$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.43	
$K_2$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.55	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	0.51	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	0.45	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.06	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.07	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.09	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.10	Cumple

<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.27	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.91	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.23	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.26	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.50	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.20	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.26	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.23	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.08	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.09	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.31	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.32	Cumple
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.38	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	8.91	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.67	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.26	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	1.19	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.45	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.75	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.73	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.17	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.19	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.84	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.86	Cumple

## 1.2. PILAR INTERIOR

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
<b>ELEMENTO</b>	Escoger sección en la pestaña	<b>PILAR_INTERIOR</b>
h (m)	Canto de la sección	0.40
b (m)	Base de la sección	0.40
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.16
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	2.13E-03
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	2.13E-03
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	<b>GL24h</b>



<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
fm,k (Mpa)	Flexión	24.00
ft,0,k (Mpa)	Tracción paralela	16.50
ft,90,k (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
fc,0,k (Mpa)	Compresión paralela	24.00
fc,90,k (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f,v,k (Mpa)	Cortante	2.70
<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E0,medio (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E90,medio (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G,medio (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		
kh	Factor de altura	1.04
kvol	Factor de volumen	0.91
YM	Coeficiente seguridad madera	1.25
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
kmod,perm	Factor de modificación para cargas permanentes	0.50
kmod,media	Factor de modificación para cargas medias	0.65
kmod,corta	Factor de modificación para cargas cortas	0.70
<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	10.00
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	6.87
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.15
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	10.00
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.12
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.12
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	13.00
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	8.94
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.20
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.00
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.46
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.46
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	14.00
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.62
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.21
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	14.00
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.57
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.57
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>		

4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	0.17	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-46.51	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	1.39	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	3.92	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.62	
4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	201.71	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-279.93	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	42.54	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	23.18	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	24.80	
4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	259.90	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-309.82	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	47.89	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	23.98	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	26.07	
5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU			
5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.37	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.06	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.04	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.29	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.04	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.04	Cumple
5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	97.43	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	97.43	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	1.41	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	1.41	Comprobar
K3	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.55	
K2	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.55	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	0.46	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	0.46	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.06	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.06	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.10	Cumple

Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.10	Cumple
<b>5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.17	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	2.33	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.296	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	1.26	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	1.75	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.40	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.437	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.314	Cumple
<b>5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.30	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.30	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.59	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.59	Cumple
<b>5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.25	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	2.44	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.287	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	1.62	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	1.94	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.45	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.4558	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.3062	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.33	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.33	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.61	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.61	Cumple
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
$d_{char,n}$ (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
$k_0$	(1 para $t > 20$ min y $t/20$ para $t < 20$ min)	1.00	
$d_0$ (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
$d_{ef}$ (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
$b_{red}$ (m)	Ancho reducido	0.344	
$h_{red}$ (m)	Canto reducido	0.372	
$I_{2,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	1.26E-03	
$I_{3,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	1.48E-03	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			

<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.49	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.08	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.06	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.36	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.02	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.06	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.06	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	93.12	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	100.70	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	1.35	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	1.46	Comprobar
$K_3$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.46	
$K_2$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.62	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	0.49	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	0.43	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.07	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.08	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.13	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.14	Cumple
<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.92	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	3.38	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.42	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	1.58	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	2.19	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.50	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.59	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.45	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.34	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.39	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.76	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.81	Cumple
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	3.02	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	3.55	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.40	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	2.03	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	2.42	Cumple

$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.56	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.66	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.47	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.35	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.40	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.76	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.81	Cumple

### 1.3. PILAR EXTERIOR

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
<b>ELEMENTO</b>	Escoger sección en la pestaña	<b>PILAR_EXTERIOR</b>
h (m)	Canto de la sección	0.45
b (m)	Base de la sección	0.45
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.20
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	3.42E-03
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	3.42E-03
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	<b>GL24h</b>
<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
f <sub>m,k</sub> (Mpa)	Flexión	24.00
f <sub>t,0,k</sub> (Mpa)	Tracción paralela	16.50
f <sub>t,90,k</sub> (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
f <sub>c,0,k</sub> (Mpa)	Compresión paralela	24.00
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f <sub>v,k</sub> (Mpa)	Cortante	2.70
<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E <sub>0,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E <sub>90,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G <sub>medio</sub> (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		
kh	Factor de altura	1.03
kvol	Factor de volumen	0.87
YM	Coeficiente seguridad madera	1.25
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
k <sub>mod,perm</sub>	Factor de modificación para cargas permanentes	0.50
k <sub>mod,media</sub>	Factor de modificación para cargas medias	0.65
k <sub>mod,corta</sub>	Factor de modificación para cargas cortas	0.70

<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	9.88
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	6.79
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.14
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	9.88
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.11
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.11
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	12.84
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	8.83
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.19
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	12.84
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.44
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.44
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	13.83
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.51
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.20
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.83
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.56
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.56
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>		
<b>4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	No tracciona
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-23.43
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	0.00
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.40
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	4.09
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.01
<b>4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	No tracciona
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-45.34
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	0.00
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	35.35
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	63.30
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	79.78
<b>4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	54.17
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-62.94
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	0.00
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	36.27
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	63.84
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	81.81



5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU			
5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.27	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.12	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.00	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.03	Cumple
5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	76.98	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	76.98	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	1.11	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	1.11	Comprobar
$K_3$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.16	
$K_2$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.16	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	0.67	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	0.67	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.02	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.02	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.04	Cumple
5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	4.17	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	5.25	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.636	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	No tracciona	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.22	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.26	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	No tracciona	-
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.636	Cumple
5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.03	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.03	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.66	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.66	Cumple
5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	4.20	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	5.39	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.602	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.27	Cumple



$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.31	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.27	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.6303	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.6027	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.64	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.64	Cumple
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
$d_{char,n}$ (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
$k_0$	(1 para $t > 20$ min y $t/20$ para $t < 20$ min)	1.00	
$d_0$ (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
$d_{ef}$ (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
$b_{red}$ (m)	Ancho reducido	0.394	
$h_{red}$ (m)	Canto reducido	0.422	
$I_{2,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	2.15E-03	
$I_{3,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	2.47E-03	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.35	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.04	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.14	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.00	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.04	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.04	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	82.09	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	87.92	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	1.19	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	1.27	Comprobar
$K_3$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.25	
$K_2$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.36	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	0.61	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	0.55	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.02	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.03	Cumple

Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.06	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.06	Cumple
<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	5.41	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	7.31	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.86	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.27	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.32	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.86	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.86	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.03	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.90	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.90	Cumple
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	5.46	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	7.49	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.82	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.33	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.38	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.33	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.92	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.88	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.05	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.86	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.87	Cumple

## 1.4. VIGA RADIAL

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
<b>ELEMENTO</b>	Escoger sección en la pestaña	<b>VIGAS_RADIALES</b>
h (m)	Canto de la sección	0.40
b (m)	Base de la sección	0.24
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.10
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	4.61E-04
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	1.28E-03

<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	<b>GL24h</b>
<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
fm,k (Mpa)	Flexión	24.00
ft,0,k (Mpa)	Tracción paralela	16.50
ft,90,k (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
fc,0,k (Mpa)	Compresión paralela	24.00
fc,90,k (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f,v,k (Mpa)	Cortante	2.70
<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E0,medio (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E90,medio (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G,medio (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		
kh	Factor de altura	1.04
kvol	Factor de volumen	1.01
YM	Coeficiente seguridad madera	<b>1.25</b>
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
kmod,perm	Factor de modificación para cargas permanentes	<b>0.50</b>
kmod,media	Factor de modificación para cargas medias	<b>0.65</b>
kmod,corta	Factor de modificación para cargas cortas	<b>0.70</b>
<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	10.00
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	6.87
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.17
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	10.00
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.12
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.12
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	13.00
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	8.94
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.22
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.00
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.46
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.46
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	14.00
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.62
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.24
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	14.00
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.57

f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.57	
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>			
<b>4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	No tracciona	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-28.56	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	9.23	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	2.95	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	4.27	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.02	
<b>4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	No tracciona	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-62.29	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	35.53	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	5.32	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	27.31	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	1.51	
<b>4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	No tracciona	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-66.38	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	35.53	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	52.91	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	49.16	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	1.58	
<b>5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.67	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.01	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.07	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.30	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.15	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.05	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.07	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.07	Cumple
<b>5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	No procede	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	No procede	-
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	No procede	-
K3	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
K2	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-

Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	4.27	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.39	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.350	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	No tracciona	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.65	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.59	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.08	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	No tracciona	-
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.352	Cumple
<b>5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	7.68	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.41	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.569	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	No tracciona	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.69	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.59	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.83	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	No tracciona	-
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.5719	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
d <sub>char,n</sub> (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
k <sub>0</sub>	(1 para t>20 min y t/20 para t<20 min)	1.00	
d <sub>0</sub> (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
d <sub>ef</sub> (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
b <sub>red</sub> (m)	Ancho reducido	0.184	
h <sub>red</sub> (m)	Canto reducido	0.372	
I <sub>2,red</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	1.93E-04	

$I_{3,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	7.89E-04	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	1.01	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.01	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.10	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.42	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.20	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.06	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.10	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.10	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\lambda_3$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
$\lambda_2$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 2	No procede	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltéz relativa de eje 3	No procede	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltéz relativa de eje 2	No procede	Comprobar
$K_3$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
$K_2$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	6.44	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.72	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.53	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.91	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.77	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.12	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.53	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.54	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	11.58	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.75	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.87	Cumple

$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.97	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.77	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	1.16	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.93	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.94	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-

## 1.5. VIGA PERIMETRAL

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
<b>ELEMENTO</b>	Escoger sección en la pestaña	<b>VIGAS_PERIMETRALES</b>
h (m)	Canto de la sección	0.15
b (m)	Base de la sección	0.10
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.02
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	1.25E-05
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	2.81E-05
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	<b>GL24h</b>
<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
f <sub>m,k</sub> (Mpa)	Flexión	24.00
f <sub>t,0,k</sub> (Mpa)	Tracción paralela	16.50
f <sub>t,90,k</sub> (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
f <sub>c,0,k</sub> (Mpa)	Compresión paralela	24.00
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f <sub>v,k</sub> (Mpa)	Cortante	2.70
<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E <sub>0,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E <sub>90,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G <sub>medio</sub> (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		
kh	Factor de altura	1.10
kvol	Factor de volumen	1.46
YM	Coefficiente seguridad madera	1.25
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
kmod,perm	Factor de modificación para cargas permanentes	0.50



kmod,media	Factor de modificación para cargas medias	0.65
kmod,corta	Factor de modificación para cargas cortas	0.70
<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	10.56
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	7.26
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.26
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	10.56
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.19
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.19
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	13.73
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.44
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.33
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.73
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.54
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.54
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	14.78
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	10.16
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.36
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	14.78
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.66
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.66
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>		
<b>4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	No tracciona
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-3.32
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	0.24
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.25
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	0.40
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.00
<b>4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	8.63
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-39.87
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	0.24
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.25
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	0.40
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.00
<b>4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	10.33
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-41.14

NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	0.24
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.25
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	0.40
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.00

## 5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU

### 5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE

$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	1.06	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.10	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.22	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.01	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.02	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.10	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.10	Cumple

#### 5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA

$\lambda_3$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
$\lambda_2$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 2	No procede	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltéz relativa de eje 3	No procede	-
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltéz relativa de eje 2	No procede	-
K3	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
K2	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-

### 5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA

$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	1.06	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.077	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.58	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	2.66	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.01	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.02	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.138	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.115	Cumple

#### 5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA

Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-

<b>5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	1.06	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.072	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.69	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	2.74	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.01	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.02	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.1396	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.1063	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
$d_{char,n}$ (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
$k_0$	(1 para $t > 20$ min y $t/20$ para $t < 20$ min)	1.00	
$d_0$ (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
$d_{ef}$ (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
$b_{red}$ (m)	Ancho reducido	0.044	
$h_{red}$ (m)	Canto reducido	0.122	
$I_{2,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	8.66E-07	
$I_{3,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	6.66E-06	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	3.65	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.35	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.62	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.02	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.07	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.35	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.35	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\lambda_3$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
$\lambda_2$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 2	No procede	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltéz relativa de eje 3	No procede	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltéz relativa de eje 2	No procede	Comprobar
$K_3$	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	

K2	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2)   \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	3.65	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.27	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	1.61	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	7.43	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.02	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.07	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.44	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.56	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	3.65	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.25	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	1.92	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	7.66	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.02	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.07	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.47	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.58	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-

## 1.6. VIGA DE PISO

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
ELEMENTO	Escoger sección en la pestaña	VIGAS_PISO

h (m)	Canto de la sección	0.36
b (m)	Base de la sección	0.22
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.08
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	3.19E-04
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	8.55E-04
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	<b>GL24h</b>
<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
f <sub>m,k</sub> (Mpa)	Flexión	24.00
f <sub>t,0,k</sub> (Mpa)	Tracción paralela	16.50
f <sub>t,90,k</sub> (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
f <sub>c,0,k</sub> (Mpa)	Compresión paralela	24.00
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f <sub>v,k</sub> (Mpa)	Cortante	2.70
<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E <sub>0,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E <sub>90,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G <sub>medio</sub> (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		
kh	Factor de altura	1.05
k <sub>vol</sub>	Factor de volumen	1.05
γ <sub>M</sub>	Coefficiente seguridad madera	<b>1.25</b>
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
k <sub>mod,perm</sub>	Factor de modificación para cargas permanentes	<b>0.50</b>
k <sub>mod,media</sub>	Factor de modificación para cargas medias	<b>0.65</b>
k <sub>mod,corta</sub>	Factor de modificación para cargas cortas	<b>0.70</b>
<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
f <sub>m,d</sub> (Mpa)	Resistencia a flexión	10.10
f <sub>t,0,d</sub> (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	6.95
f <sub>t,90,d</sub> (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.18
f <sub>c,0,d</sub> (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	10.10
f <sub>c,90,d</sub> (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.14
f <sub>v,d</sub> (Mpa)	Resistencia a cortante	1.14
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
f <sub>m,d</sub> (Mpa)	Resistencia a flexión	13.13
f <sub>t,0,d</sub> (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.03
f <sub>t,90,d</sub> (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.23
f <sub>c,0,d</sub> (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.13
f <sub>c,90,d</sub> (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.48
f <sub>v,d</sub> (Mpa)	Resistencia a cortante	1.48
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		

fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	14.14	
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.72	
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.25	
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	14.14	
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.59	
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.59	
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>			
<b>4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	1.72	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-1.33	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	14.10	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	10.84	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	7.34	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.03	
<b>4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	33.25	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-23.64	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	24.22	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	27.36	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	28.97	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	1.32	
<b>4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	36.65	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-32.39	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	24.22	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	28.09	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	31.25	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	1.01	
<b>5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	1.55	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.01	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.15	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.02	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.02	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.26	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.21	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.16	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.15	Cumple
<b>5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
$\lambda_3$	Esbeltz mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
$\lambda_2$	Esbeltz mecánica. Flexión de eje 2	No procede	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltz relativa de eje 3	No procede	-
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltz relativa de eje 2	No procede	-



K3	$0.5 \cdot (1+\beta_c \cdot (\lambda_{rel,3}-0.3) + \lambda_{rel,3}^2)   \beta_c=0.1$ (MLE)	No procede	
K2	$0.5 \cdot (1+\beta_c \cdot (\lambda_{rel,2}-0.3) + \lambda_{rel,2}^2)   \beta_c=0.1$ (MLE)	No procede	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	6.10	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.46	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.488	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.42	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.30	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.44	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.52	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.535	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.489	Cumple
<b>5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	6.58	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.35	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.482	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.46	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.41	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.44	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.53	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.5296	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.4829	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
d <sub>char,n</sub> (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
k <sub>0</sub>	(1 para t>20 min y t/20 para t<20 min)	1.00	



d <sub>0</sub> (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
d <sub>ef</sub> (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
b <sub>red</sub> (m)	Ancho reducido	0.164	
h <sub>red</sub> (m)	Canto reducido	0.332	
I <sub>2,red</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	1.22E-04	
I <sub>3,red</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	5.00E-04	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
σ <sub>3,d</sub> (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.44	Cumple
σ <sub>2,d</sub> (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.02	Cumple
σ <sub>m,esv,d</sub> (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.24	Cumple
σ <sub>t,0,d</sub> (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.03	Cumple
σ <sub>c,0,d</sub> (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.02	Cumple
σ <sub>c,90,d</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.34	Cumple
τ <sub>v,d</sub> (Mpa)	Cortante	0.30	Cumple
σ <sub>m+t,d</sub> (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.25	Cumple
σ <sub>m+c,d</sub> (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.24	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
λ <sub>3</sub>	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
λ <sub>2</sub>	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 2	No procede	
λ <sub>rel,3</sub>	Esbeltéz relativa de eje 3	No procede	Comprobar
λ <sub>rel,2</sub>	Esbeltéz relativa de eje 2	No procede	Comprobar
K <sub>3</sub>	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
K <sub>2</sub>	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
χ <sub>c3</sub>	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
χ <sub>c2</sub>	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
σ <sub>3,d</sub> (Mpa)	Flexión simple de eje 3	9.61	Cumple
σ <sub>2,d</sub> (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.89	Cumple
σ <sub>m,esv,d</sub> (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.78	Cumple
σ <sub>t,0,d</sub> (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.61	Cumple
σ <sub>c,0,d</sub> (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.43	Cumple
σ <sub>c,90,d</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.59	Cumple
τ <sub>v,d</sub> (Mpa)	Cortante	0.75	Cumple
σ <sub>m+t,d</sub> (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.85	Cumple
σ <sub>m+c,d</sub> (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.78	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-

Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	10.37	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.68	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.77	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.67	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.59	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.59	Cumple
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.77	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.90	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.83	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-

## 1.7. CRUZ DE SAN ANDRÉS

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
ELEMENTO	Escoger sección en la pestaña	CRUCES_SANANDRES
h (m)	Canto de la sección	0.18
b (m)	Base de la sección	0.14
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.03
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	4.12E-05
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	6.80E-05
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	GL24h
<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
f <sub>m,k</sub> (Mpa)	Flexión	24.00
f <sub>t,0,k</sub> (Mpa)	Tracción paralela	16.50
f <sub>t,90,k</sub> (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
f <sub>c,0,k</sub> (Mpa)	Compresión paralela	24.00
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f <sub>v,k</sub> (Mpa)	Cortante	2.70
<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E <sub>0,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E <sub>90,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G <sub>medio</sub> (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		

kh	Factor de altura	1.10
kvol	Factor de volumen	1.32
YM	Coeficiente seguridad madera	1.25
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
kmod,perm	Factor de modificación para cargas permanentes	0.50
kmod,media	Factor de modificación para cargas medias	0.65
kmod,corta	Factor de modificación para cargas cortas	0.70
<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	10.56
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	7.26
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.23
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	10.56
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.19
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.19
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	13.73
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.44
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.30
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.73
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.54
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.54
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	14.78
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	10.16
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.32
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	14.78
fc,90,d (Mpa)	Resistencia comp. perpendicular a las fibras	1.66
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.66
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>		
<b>4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	0.84
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-2.52
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	0.00
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.17
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	0.19
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.00
<b>4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	81.65
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-79.90
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	0.00
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.17
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	0.19

M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.00	
<b>4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	90.08	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-88.36	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.17	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	0.19	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.00	
<b>5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.25	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.02	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.03	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.10	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.02	Cumple
<b>5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
$\lambda_3$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
$\lambda_2$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 2	No procede	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltéz relativa de eje 3	No procede	-
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltéz relativa de eje 2	No procede	-
K3	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
K2	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.25	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.018	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	3.24	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	3.17	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.361	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.071	Cumple
<b>5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-

Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.25	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.017	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	3.57	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	3.51	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.3684	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.0730	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
$d_{char,n}$ (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
$k_0$	(1 para $t > 20$ min y $t/20$ para $t < 20$ min)	1.00	
$d_0$ (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
$d_{ef}$ (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
$b_{red}$ (m)	Ancho reducido	0.084	
$h_{red}$ (m)	Canto reducido	0.152	
$I_{2,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	7.51E-06	
$I_{3,red}$ (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	2.46E-05	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.58	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.05	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.07	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.20	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.02	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.06	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.06	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	No procede	

$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	No procede	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	No procede	Comprobar
K3	$0.5 \cdot (1+\beta_c \cdot (\lambda_{rel,3}-0.3)+\lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c=0.1$ (MLE)	No procede	
K2	$0.5 \cdot (1+\beta_c \cdot (\lambda_{rel,2}-0.3)+\lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c=0.1$ (MLE)	No procede	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.58	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.04	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	6.40	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	6.26	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.02	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.72	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.25	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.58	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.04	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	7.06	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	6.92	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.02	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.79	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.30	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-

## 2.1. PILAR LLEGADA

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
<b>ELEMENTO</b>	Escoger sección en la pestaña	<b>PILAR_LLEGADA</b>
h (m)	Canto de la sección	0.40
b (m)	Base de la sección	0.40
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.16
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	2.13E-03
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	2.13E-03
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	<b>GL24h</b>
<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
f <sub>m,k</sub> (Mpa)	Flexión	24.00
f <sub>t,0,k</sub> (Mpa)	Tracción paralela	16.50
f <sub>t,90,k</sub> (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
f <sub>c,0,k</sub> (Mpa)	Compresión paralela	24.00
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f <sub>v,k</sub> (Mpa)	Cortante	2.70
<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E <sub>0,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E <sub>90,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G <sub>medio</sub> (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		
kh	Factor de altura	1.04
k <sub>vol</sub>	Factor de volumen	0.91
γ <sub>M</sub>	Coefficiente seguridad madera	<b>1.25</b>
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
k <sub>mod,perm</sub>	Factor de modificación para cargas permanentes	<b>0.50</b>
k <sub>mod,media</sub>	Factor de modificación para cargas medias	<b>0.65</b>
k <sub>mod,corta</sub>	Factor de modificación para cargas cortas	<b>0.70</b>
<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
f <sub>m,d</sub> (Mpa)	Resistencia a flexión	10.00
f <sub>t,0,d</sub> (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	6.87
f <sub>t,90,d</sub> (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.15
f <sub>c,0,d</sub> (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	10.00
f <sub>c,90,d</sub> (Mpa)	Resistencia a compresión perpendicular a las fibras	1.12
f <sub>v,d</sub> (Mpa)	Resistencia a cortante	1.12
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
f <sub>m,d</sub> (Mpa)	Resistencia a flexión	13.00
f <sub>t,0,d</sub> (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	8.94



ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.20	
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.00	
fc,90,d (Mpa)	Resistencia a compresión perpendicular a las fibras	1.46	
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.46	
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	14.00	
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.62	
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.21	
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	14.00	
fc,90,d (Mpa)	Resistencia a compresión perpendicular a las fibras	1.57	
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.57	
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>			
<b>4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	No tracciona	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-25.36	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.92	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	1.64	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	1.17	
<b>4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	19.55	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-61.51	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	12.73	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	24.74	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	4.08	
<b>4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	30.29	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-105.52	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	17.35	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	25.82	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	38.83	
<b>5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.15	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.11	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.02	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.16	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple

$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.02	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.02	Cumple
<b>5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
$\lambda_3$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 3	11.15	
$\lambda_2$	Esbeltéz mecánica. Flexión de eje 2	11.15	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltéz relativa de eje 3	0.16	No comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltéz relativa de eje 2	0.16	No comprobar
K3	$0.5 \cdot (1+\beta_c \cdot (\lambda_{rel,3}-0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c=0.1$ (MLE)	0.51	
K2	$0.5 \cdot (1+\beta_c \cdot (\lambda_{rel,2}-0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c=0.1$ (MLE)	0.51	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	1.01	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	1.01	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.02	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.02	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.04	Cumple
<b>5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.32	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.38	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.199	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.12	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.38	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.12	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.213	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.200	Cumple
<b>5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.03	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.03	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.23	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.23	Cumple
<b>5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.42	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	3.64	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.381	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.19	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.66	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.16	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.4009	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.3834	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.05	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.05	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.43	Cumple

Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.43	Cumple
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
d,char,n (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
k <sub>0</sub>	(1 para t>20 min y t/20 para t<20 min)	1.00	
d <sub>0</sub> (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
d,ef (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
b,red (m)	Ancho reducido	0.344	
h,red (m)	Canto reducido	0.372	
I <sub>2,red</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	1.26E-03	
I <sub>3,red</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	1.48E-03	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.21	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.16	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.20	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.03	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	97.78	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	105.74	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	1.42	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	1.53	Comprobar
K <sub>3</sub>	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.56	
K <sub>2</sub>	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	1.73	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	0.45	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	0.39	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.05	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.08	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.08	Cumple
<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	3.12	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.56	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.27	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.15	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.48	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede

$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.15	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.29	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.27	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.08	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.09	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.35	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.36	Cumple
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	3.25	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	5.29	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.54	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.24	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.82	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.20	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.61	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.59	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.13	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.15	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.67	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.69	Cumple

## 2.2. PILAR AUXILIAR

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
<b>ELEMENTO</b>	Escoger sección en la pestaña	<b>PILAR_AUX</b>
h (m)	Canto de la sección	0.34
b (m)	Base de la sección	0.34
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.12
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	1.11E-03
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	1.11E-03
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	<b>GL24h</b>
<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
f <sub>m,k</sub> (Mpa)	Flexión	24.00
f <sub>t,0,k</sub> (Mpa)	Tracción paralela	16.50
f <sub>t,90,k</sub> (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
f <sub>c,0,k</sub> (Mpa)	Compresión paralela	24.00
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f <sub>v,k</sub> (Mpa)	Cortante	2.70

<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E0,medio (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E90,medio (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G,medio (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		
kh	Factor de altura	1.06
kvol	Factor de volumen	0.97
YM	Coeficiente seguridad madera	1.25
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
kmod,perm	Factor de modificación para cargas permanentes	0.50
kmod,media	Factor de modificación para cargas medias	0.65
kmod,corta	Factor de modificación para cargas cortas	0.70
<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	10.16
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	6.99
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.16
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	10.16
fc,90,d (Mpa)	Resistencia a compresión perpendicular a las fibras	1.14
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.14
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	13.21
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.08
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.21
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.21
fc,90,d (Mpa)	Resistencia a compresión perpendicular a las fibras	1.49
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.49
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>		
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	14.23
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.78
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.23
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	14.23
fc,90,d (Mpa)	Resistencia a compresión perpendicular a las fibras	1.60
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.60
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>		
<b>4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	No tracciona
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-18.82
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	0.00
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.90
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	1.75
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.18

4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	11.21	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-26.08	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	5.06	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	13.10	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	1.48	
4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	63.15	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-84.34	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	11.51	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	29.73	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	22.32	
5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU			
5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.27	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.03	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.16	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.01	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.03	Cumple
5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	25.89	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	33.66	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	0.37	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	0.49	Comprobar
K3	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	0.57	
K2	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	0.63	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	0.99	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	0.98	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.02	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.02	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.04	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.04	Cumple
5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.00	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.23	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.163	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.10	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.23	Cumple



$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.07	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.174	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.164	Cumple
<b>5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.02	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.02	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.18	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.18	Cumple
<b>5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	4.54	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	3.41	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.487	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.55	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.73	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.15	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.5425	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.4893	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.06	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.06	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.54	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.54	Cumple
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
d <sub>char,n</sub> (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
k <sub>0</sub>	(1 para t>20 min; t/20 para t<20 min)	1.00	
d <sub>0</sub> (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
d <sub>ef</sub> (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
b <sub>red</sub> (m)	Ancho reducido	0.284	
h <sub>red</sub> (m)	Canto reducido	0.312	
I <sub>2,red</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	5.96E-04	
I <sub>3,red</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	7.19E-04	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.38	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.04	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.04	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.00	-
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.21	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede



$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.02	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.04	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.04	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	138.79	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	152.47	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	2.01	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	2.21	Comprobar
K3	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	2.60	
K2	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	3.03	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	0.23	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	0.20	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.09	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.11	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.13	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.15	Cumple
<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.84	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.35	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.23	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.13	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.29	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.09	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.25	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.23	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.09	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.11	Cumple
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.33	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.35	Cumple
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	6.45	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	5.32	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.72	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.71	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.95	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.19	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.85	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.78	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	0.29	Cumple
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	0.34	Cumple

Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	0.91	Cumple
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	0.96	Cumple

## 2.3. VIGAS

DATOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>1. ELECCIÓN DE LA SECCIÓN Y GEOMETRÍA BÁSICA</b>		
<b>ELEMENTO</b>	Escoger sección en la pestaña	<b>VIGAS_PRINCIPALES</b>
h (m)	Canto de la sección	0.26
b (m)	Base de la sección	0.20
A (m <sup>2</sup> )	Área de la sección	0.05
I <sub>2</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2. Eje débil. Vertical	1.73E-04
I <sub>3</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3. Eje fuerte. Horizontal	2.93E-04
<b>2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL</b>		
Madera	Escoger el tipo de madera laminada encolada	<b>GL24h</b>
<b>2.1. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RESISTENCIA</b>		
f <sub>m,k</sub> (Mpa)	Flexión	24.00
f <sub>t,0,k</sub> (Mpa)	Tracción paralela	16.50
f <sub>t,90,k</sub> (Mpa)	Tracción perpendicular	0.40
f <sub>c,0,k</sub> (Mpa)	Compresión paralela	24.00
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	Compresión perpendicular	2.70
f <sub>v,k</sub> (Mpa)	Cortante	2.70
<b>2.2. VALORES CARACTERÍSTICOS DE RIGIDEZ</b>		
E <sub>0,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad paralelo medio	11,600.00
E <sub>90,medio</sub> (Mpa)	Módulo de elasticidad perpendicular medio	390.00
G <sub>medio</sub> (Mpa)	Módulo de cortante medio	720.00
<b>3. DETERMINACIÓN DE LAS RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.1. COEFICIENTES DE REDUCCIÓN</b>		
kh	Factor de altura	1.09
k <sub>vol</sub>	Factor de volumen	1.14
Y <sub>M</sub>	Coefficiente seguridad madera	<b>1.25</b>
<b>3.2. Kmod EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS CARGAS (Clase Servicio 3)</b>		
k <sub>mod,perm</sub>	Factor de modificación para cargas permanentes	<b>0.50</b>
k <sub>mod,media</sub>	Factor de modificación para cargas medias	<b>0.65</b>
k <sub>mod,corta</sub>	Factor de modificación para cargas cortas	<b>0.70</b>
<b>3.3. RESISTENCIAS DE CÁLCULO</b>		
<b>3.3.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>		
f <sub>m,d</sub> (Mpa)	Resistencia a flexión	10.44
f <sub>t,0,d</sub> (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	7.18
f <sub>t,90,d</sub> (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.20
f <sub>c,0,d</sub> (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	10.44
f <sub>c,90,d</sub> (Mpa)	Resistencia a compresión perpendicular a las fibras	1.17

f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.17	
<b>3.3.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	13.57	
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	9.33	
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.26	
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	13.57	
fc,90,d (Mpa)	Resistencia a compresión perpendicular a las fibras	1.53	
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.53	
<b>3.3.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
fm,d (Mpa)	Resistencia a flexión	14.61	
ft,0,d (Mpa)	Resistencia a tracción paralela a la fibras	10.05	
ft,90,d (Mpa)	Resistencia a tracción perpendicular a las fibras	0.28	
fc,0,d (Mpa)	Resistencia a compresión paralela a las fibras	14.61	
fc,90,d (Mpa)	Resistencia a compresión perpendicular a las fibras	1.64	
f,v,d (Mpa)	Resistencia a cortante	1.64	
<b>4. ESFUERZOS DE CÁLCULO - *Escoger la misma sección en la hoja de esfuerzos*</b>			
<b>4.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas permanentes	0.27	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas permanentes	-0.20	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas perm	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	0.97	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	0.69	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.00	
<b>4.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas medias	19.74	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas medias	-16.17	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas media	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	4.02	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	2.79	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.17	
<b>4.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
NE,d Tracción (kN)	Axil de tracción con cargas cortas	20.02	
NE,d Comp (kN)	Axil de compresión con cargas cortas	-20.73	
NE,d 90 Comp (kN)	Axil de compresión perpendicular con cargas corta	0.00	
VE,d (kN)	Esfuerzo cortante máximo	4.30	
M3E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 3	3.31	
M2E,d (kN·m)	Máximo momento flector de eje 2	0.20	
<b>5. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>5.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.31	Cumple
$\sigma_{2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple

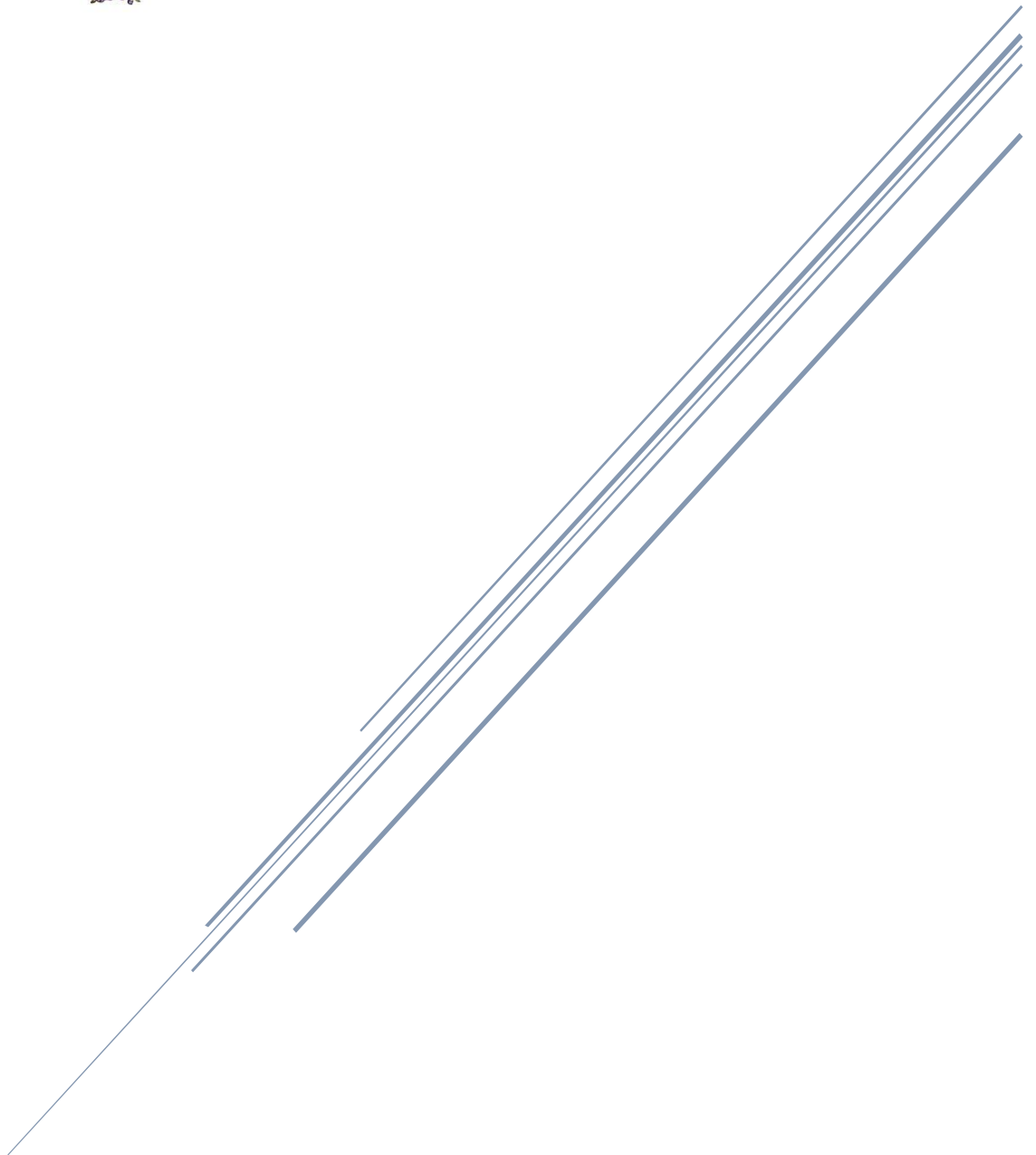
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.01	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.00	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.03	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.03	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.03	Cumple
<b>5.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	No procede	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	No procede	-
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	No procede	-
K3	$0.5 \cdot (1+\beta_c \cdot (\lambda_{rel,3}-0.3) + \lambda_{rel,3}^2)   \beta_c=0.1$ (MLE)	No procede	
K2	$0.5 \cdot (1+\beta_c \cdot (\lambda_{rel,2}-0.3) + \lambda_{rel,2}^2)   \beta_c=0.1$ (MLE)	No procede	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>5.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	1.24	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.10	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.096	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.38	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.31	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.12	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.137	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.097	Cumple
<b>5.1.2. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>5.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	1.47	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.11	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.106	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.39	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.40	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.12	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.1443	Cumple

$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.1067	Cumple
<b>5.1.3. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6. COMPROBACIÓN RESISTENCIA FUEGO - MÉTODO DE LA SECCIÓN REDUCIDA</b>			
<b>6.1. PROFUNDIDAD EFICAZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS REDUCIDAS</b>			
$\beta_n$ (mm/min)	Velocidad de carbonización nominal	0.70	
t (min)	Tiempo de exposición al fuego	30.00	
d,char,n (mm)	Profundidad carbonizada nominal de cálculo	21.00	
k <sub>0</sub>	(1 para t>20 min y t/20 para t<20 min)	1.00	
d <sub>0</sub> (mm)	Valor igual a 7 mm	7.00	
d,ef (mm)	Profundidad eficaz de carbonatación	28.00	
b,red (m)	Ancho reducido	0.144	
h,red (m)	Canto reducido	0.232	
I <sub>2,red</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 2 reducida. Eje débil. Vertical	5.77E-05	
I <sub>3,red</sub> (m <sup>4</sup> )	Inercia eje 3 reducida. Eje fuerte. Horizontal	1.50E-04	
<b>6.2. CÁLCULO DE TENSIONES Y COMPROBACIONES ELU</b>			
<b>6.2.1. DURACIÓN DE LAS CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	0.54	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.00	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.05	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.01	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.01	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.04	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.05	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.05	Cumple
<b>6.2.1.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: PERMANENTE</b>			
$\lambda_3$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 3	No procede	
$\lambda_2$	Esbeltez mecánica. Flexión de eje 2	No procede	
$\lambda_{rel,3}$	Esbeltez relativa de eje 3	No procede	Comprobar
$\lambda_{rel,2}$	Esbeltez relativa de eje 2	No procede	Comprobar
K <sub>3</sub>	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,3} - 0.3) + \lambda_{rel,3}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
K <sub>2</sub>	$0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) \mid \beta_c = 0.1$ (MLE)	No procede	
$\chi_{c3}$	coeficiente de pandeo de eje 3	No procede	
$\chi_{c2}$	coeficiente de pandeo de eje 2	No procede	
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.2. DURACIÓN DE LAS CARGAS: MEDIA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.16	Cumple

$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.21	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.17	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.59	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.48	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.18	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.23	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.17	Cumple
<b>6.2.2.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: MEDIA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-
<b>6.2.3. DURACIÓN DE LAS CARGAS: CORTA</b>			
$\sigma_{m3,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 3	2.56	Cumple
$\sigma_{m2,d}$ (Mpa)	Flexión simple de eje 2	0.25	Cumple
$\sigma_{m,esv,d}$ (Mpa)	Flexión esviada < 1	0.19	Cumple
$\sigma_{t,0,d}$ (Mpa)	Tracción paralela a las fibras	0.60	Cumple
$\sigma_{c,0,d}$ (Mpa)	Compresión paralela a las fibras	0.62	Cumple
$\sigma_{c,90,d}$ (Mpa)	Compresión perpendicular a las fibras	0.00	No procede
$\tau_{v,d}$ (Mpa)	Cortante	0.19	Cumple
$\sigma_{m+t,d}$ (Mpa)	Flexión + Tracción axial < 1	0.27	Cumple
$\sigma_{m+c,d}$ (Mpa)	Flexión + Compresión axial < 1	0.20	Cumple
<b>6.2.3.1. PANDEO - DURACIÓN DE CARGAS: CORTA</b>			
Pandeo 3 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - Comp	Pandeo a compresión simple eje 2 < 1	No procede	-
Pandeo 3 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 3 < 1	No procede	-
Pandeo 2 - FlexComp	Pandeo a flexocompresión eje 2 < 1	No procede	-

# ANEJO Nº2. LISTADO DE MATERIALES

*Proyecto estructural de torre multiaventura en el centro comercial LAGOH en Sevilla*



José Ignacio Vila García  
Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos





---

## ÍNDICE

---

A.2. LISTADO DE MATERIALES .....	4
----------------------------------	---



## A.2. LISTADO DE MATERIALES

En este anejo se incluye un extracto del listado de materiales utilizados en la estructura modelada en el programa Revit de Autodesk en su versión 2020. Esta información ha sido necesaria para la estimación de la valoración económica.

<b>TABLA DE MATERIALES</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UD</b>
<b>Armazón estructural</b>				
<b>RHS100X50X4</b>				
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	7.860	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	7.860	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	7.860	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	39.300	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	7.860	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	39.300	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	39.300	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	39.300	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	7.860	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	7.860	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	15.720	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	15.720	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	7.860	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	23.580	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	23.580	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	23.580	kg
Armazón estructural	RHS100X50X4	S-275	23.580	kg
		<b>TOTAL</b>	<b>337.980</b>	<b>kg</b>
<b>Cable 12 mm</b>				
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	5.750	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	5.750	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	5.750	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	5.750	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	6.000	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	6.000	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	6.000	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	6.000	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	6.000	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	6.000	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	6.000	m
Armazón estructural	Cable 12 mm	Acero galvanizado	6.000	m
		<b>TOTAL</b>	<b>71.000</b>	<b>m</b>
<b>240x400</b>				

Armazón estructural	240x400	GL24h	0.975	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	240x400	GL24h	0.982	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	240x400	GL24h	0.976	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	240x400	GL24h	0.979	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	240x400	GL24h	0.979	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	240x400	GL24h	0.976	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	240x400	GL24h	0.982	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	240x400	GL24h	0.975	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	240x400	GL24h	0.985	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>8.809</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>220x360</b>				
Armazón estructural	220x360	GL24h	0.604	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	220x360	GL24h	0.602	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	220x360	GL24h	0.605	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	220x360	GL24h	0.601	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	220x360	GL24h	0.253	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	220x360	GL24h	0.253	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>2.918</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>200x260</b>				
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.239	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.239	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.239	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.239	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.103	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.177	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.090	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.239	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.097	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.350	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.177	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.213	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.213	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.213	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.092	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.098	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.213	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.092	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	200x260	GL24h	0.090	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>3.413</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>100x150</b>				
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.087	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.090	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.090	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.090	m <sup>3</sup>

Armazón estructural	100x150	GL24h	0.090	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.087	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.090	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.090	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.090	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.033	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.033	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.034	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.034	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.033	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.034	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.034	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.033	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.008	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.008	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.011	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.011	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.009	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.007	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.007	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.007	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.050	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.047	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.049	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.048	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.049	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.048	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.048	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.048	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.048	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>

Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.045	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.033	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.033	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.034	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.034	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.034	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.035	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.035	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.033	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.008	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.010	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.009	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.011	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.010	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.006	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.006	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.006	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.045	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.051	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.048	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.051	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.047	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.048	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.050	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.048	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.057	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.057	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.056	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.059	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>



Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.027	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.015	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.022	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.023	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.029	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.046	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.053	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.054	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.055	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.035	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	100x150	GL24h	0.035	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>4.064</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>140x180</b>				
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	140x180	GL24h	0.088	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>1.584</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>50x100</b>				
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.003	m <sup>3</sup>

Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.003	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.003	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.003	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.003	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>

Armazón estructural	50x100	GL24h	0.003	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.003	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.003	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.003	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>



Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
Armazón estructural	50x100	GL24h	0.002	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>0.313</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Cubiertas</b>				
<b>VELAS DE SOMBREO</b>				
Cubiertas	VELAS DE SOMBREO		35.260	m <sup>2</sup>
Cubiertas	VELAS DE SOMBREO		35.260	m <sup>2</sup>
Cubiertas	VELAS DE SOMBREO		35.260	m <sup>2</sup>
Cubiertas	VELAS DE SOMBREO		35.260	m <sup>2</sup>
Cubiertas	VELAS DE SOMBREO		35.260	m <sup>2</sup>
Cubiertas	VELAS DE SOMBREO		35.260	m <sup>2</sup>
Cubiertas	VELAS DE SOMBREO		35.260	m <sup>2</sup>
Cubiertas	VELAS DE SOMBREO		35.260	m <sup>2</sup>
Cubiertas	VELAS DE SOMBREO		35.260	m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>317.340</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Escaleras</b>				
<b>Escalera</b>				
Escaleras	Escalera		0.247	m <sup>3</sup>
Escaleras	Escalera		0.247	m <sup>3</sup>
Escaleras	Escalera		0.580	m <sup>3</sup>
Escaleras	Escalera		0.262	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>1.336</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Modelos genéricos</b>				
<b>Muro de escalada</b>				
Modelos genéricos	Muro de escalada 1		18.509	m <sup>2</sup>
Modelos genéricos	Muro de escalada 1		18.509	m <sup>2</sup>
<b>Muro de escalada</b>				
Modelos genéricos	Muro de escalada 2		6.690	m <sup>2</sup>
Modelos genéricos	Muro de escalada 2		6.690	m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>50.398</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

<b>Muros</b>				
<b>Madera- 30 mm</b>				
Muros	Madera- 30 mm		11.820	m <sup>2</sup>
Muros	Madera- 30 mm		12.131	m <sup>2</sup>
Muros	Madera- 30 mm		3.477	m <sup>2</sup>
Muros	Madera- 30 mm		4.408	m <sup>2</sup>
Muros	Madera- 30 mm		32.925	m <sup>2</sup>
Muros	Madera- 30 mm		33.368	m <sup>2</sup>
Muros	Madera- 30 mm		11.970	m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>110.099</b>	m <sup>2</sup>
<b>Pilares estructurales</b>				
<b>PL - 400 x 400 mm</b>				
Pilares estructurales	PL - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PL - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PL - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PL - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>6.400</b>	m <sup>3</sup>
<b>PI - 400 x 400 mm</b>				
Pilares estructurales	PI - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PI - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PI - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PI - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PI - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PI - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PI - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PI - 400 x 400 mm	GL24h	1.600	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>12.800</b>	m <sup>3</sup>
<b>PE - 450 x 450 mm</b>				
Pilares estructurales	PE - 450 x 450 mm	GL24h	2.025	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PE - 450 x 450 mm	GL24h	2.025	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PE - 450 x 450 mm	GL24h	2.025	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PE - 450 x 450 mm	GL24h	2.025	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PE - 450 x 450 mm	GL24h	2.025	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PE - 450 x 450 mm	GL24h	2.025	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PE - 450 x 450 mm	GL24h	2.025	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PE - 450 x 450 mm	GL24h	2.025	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PE - 450 x 450 mm	GL24h	2.025	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>18.225</b>	m <sup>3</sup>
<b>PC - 500 x 500 mm</b>				
Pilares estructurales	PC - 500 x 500 mm	GL24h	3.125	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>3.125</b>	m <sup>3</sup>
<b>PA - 340 x 340 mm</b>				
Pilares estructurales	PA - 340 x 340 mm	GL24h	0.809	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PA - 340 x 340 mm	GL24h	0.809	m <sup>3</sup>

Pilares estructurales	PA - 340 x 340 mm	GL24h	0.809	m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	PA - 340 x 340 mm	GL24h	0.809	m <sup>3</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>3.236</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Suelos</b>				
<b>TABLERO MADERA 20 mm 2</b>				
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 20 mm		2.011	m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>52.286</b>	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 80 mm		47.125	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 80 mm		52.260	m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>99.385</b>	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 100 mm		30.380	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 100 mm		31.400	m <sup>2</sup>
Suelos	TABLERO MADERA 100 mm		26.450	m <sup>2</sup>
		<b>TOTAL</b>	<b>88.230</b>	m <sup>2</sup>

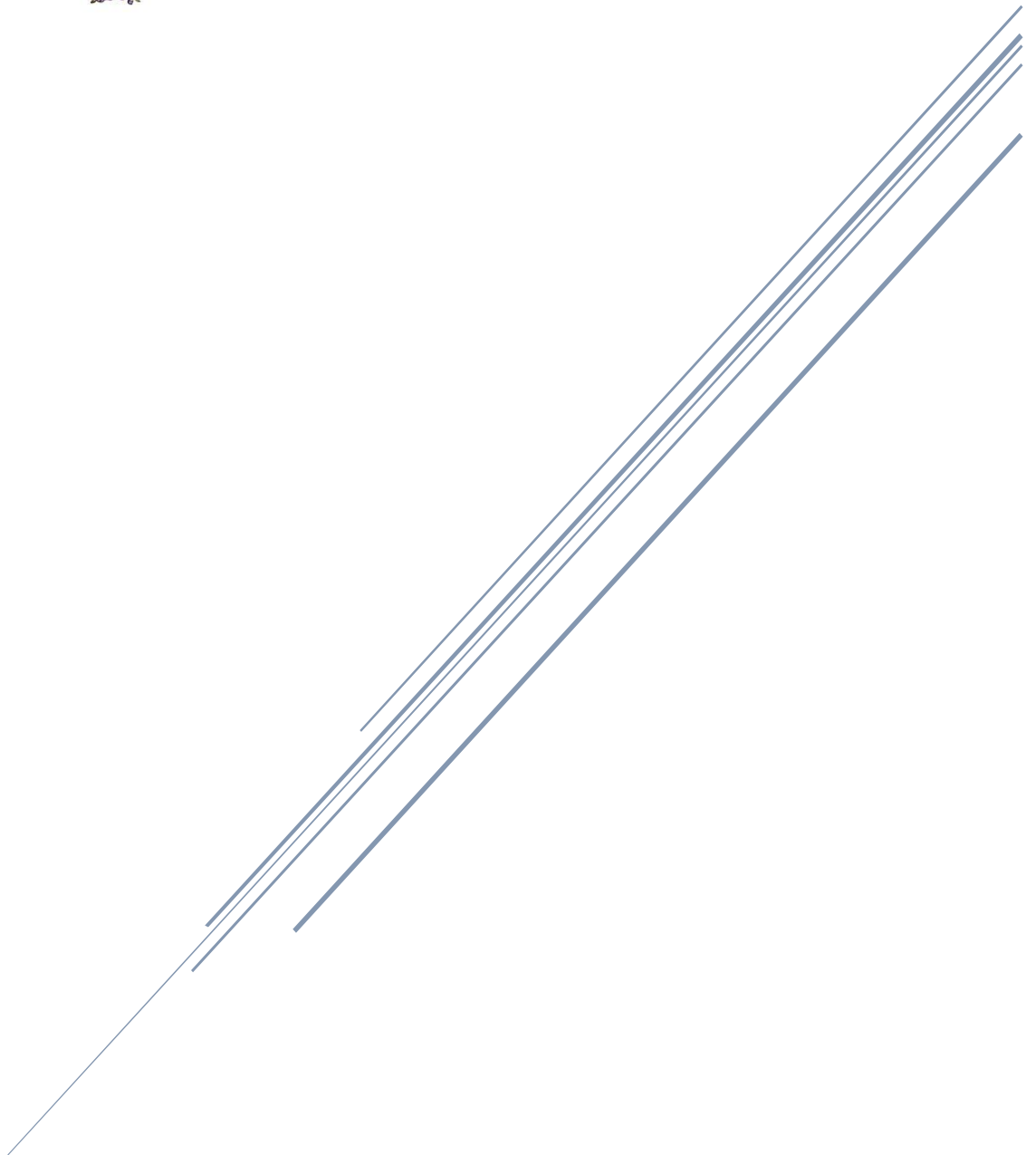






## II. PLANOS

*Proyecto estructural de torre multiaventura en el centro comercial LAGOH en Sevilla*



José Ignacio Vila García  
Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos



## II. PLANOS

---

01. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

02. PLANTA GENERAL

03. PLANOS DE PLANTA

03.01. PB +0.50

03.02. P1 +3.50

03.03. P2 +7.00

04. PLANOS DE ESTRUCTURA

04.01. PB +0.00 CIMENTACIÓN

04.02. PB +0.50

04.03. P1 +3.50

04.04. P2 +7.00

04.05. P3 +10.00

04.06. PCUB +12.50

05. PLANOS DE ALZADO

05.01. NORTE

05.02. SUR

05.03. ESTE

05.04. OESTE

06. DETALLES DE UNIONES

06.01. TORRE PRINCIPAL

06.02. TORRE DE LLEGADA

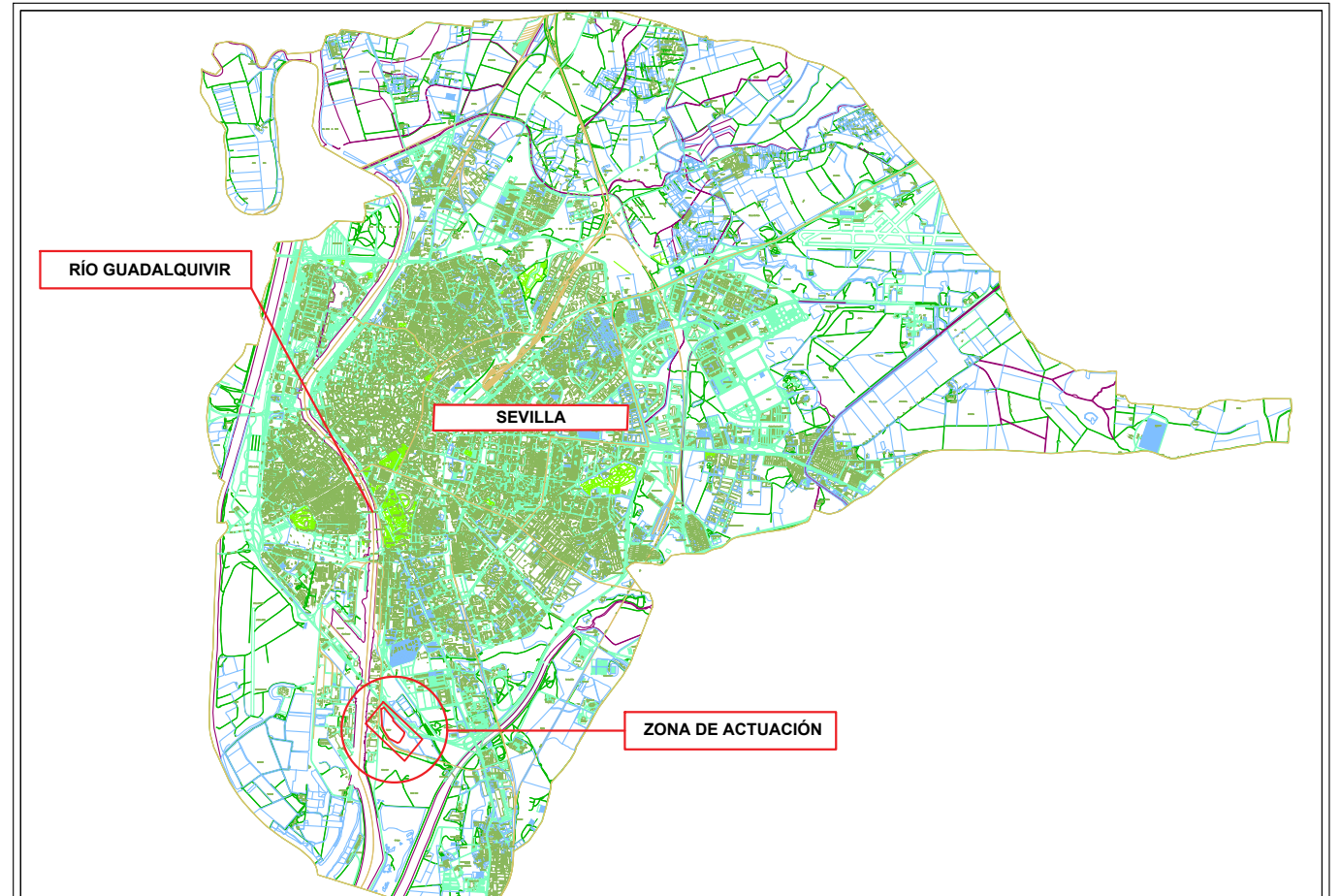
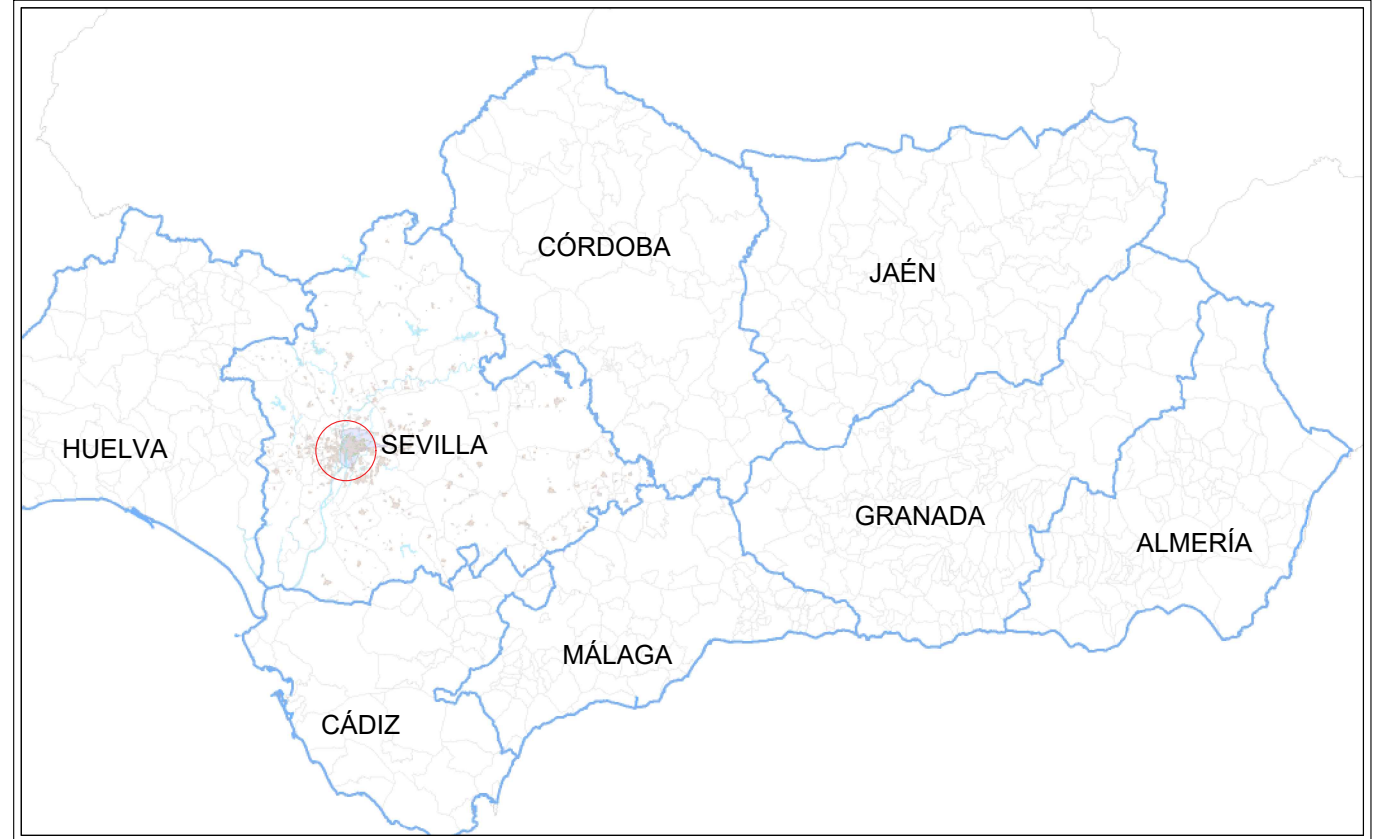
07. PROCESO CONSTRUCTIVO

08. SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS PERFILES

09. MOBILIARIO



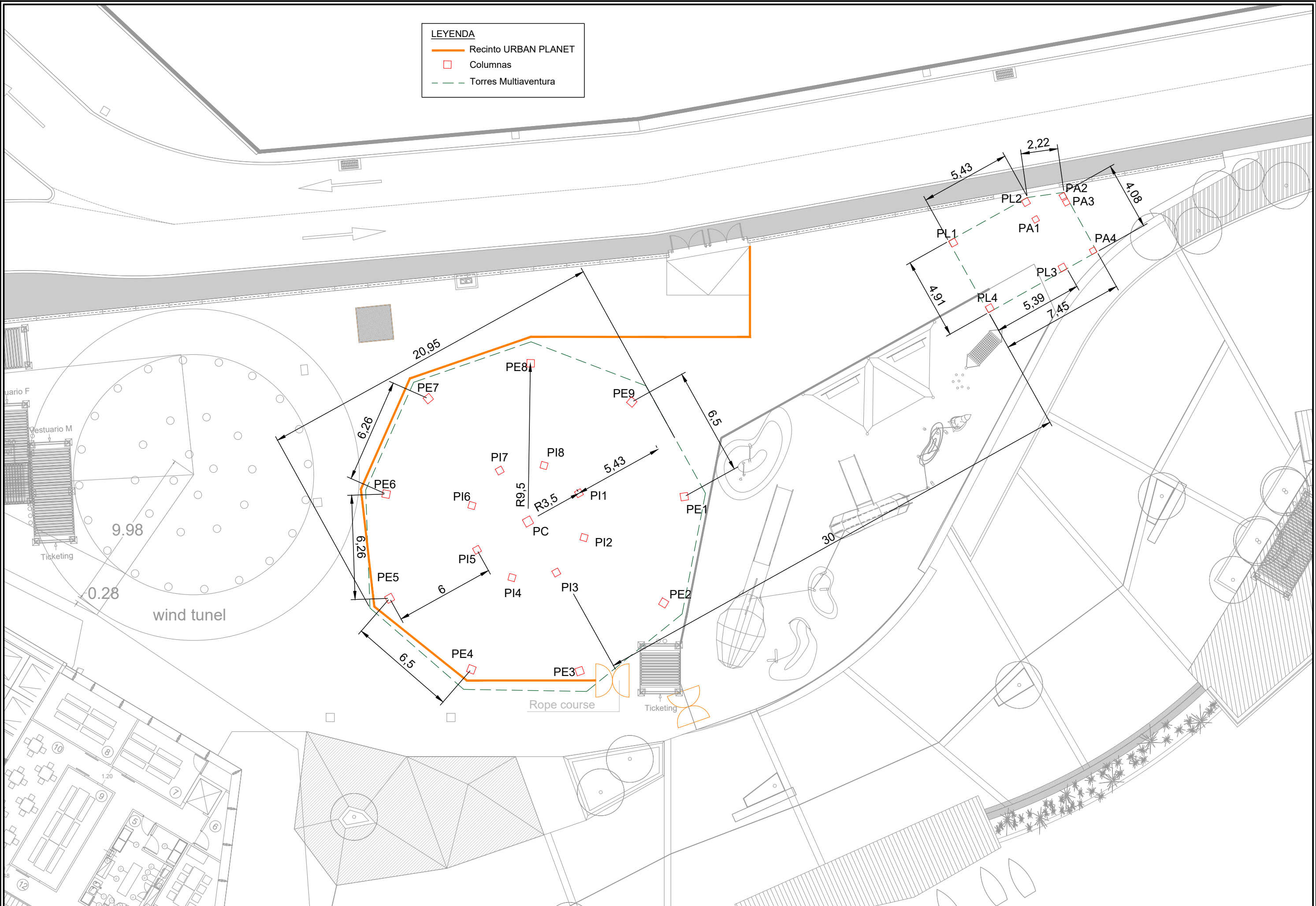


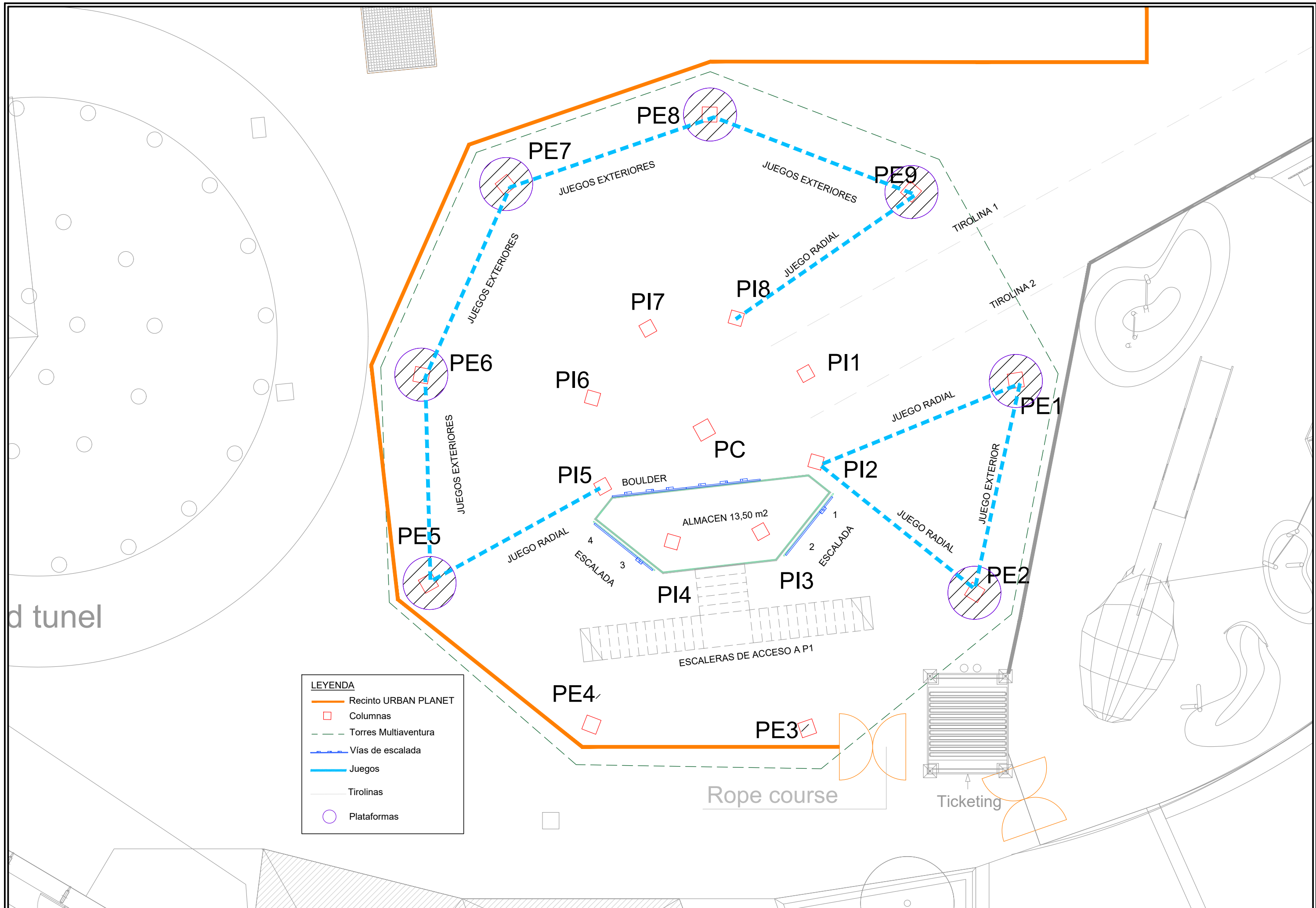




**LEYENDA**

- Recinto URBAN PLANET
- Columnas
- - - Torres Multiaventura

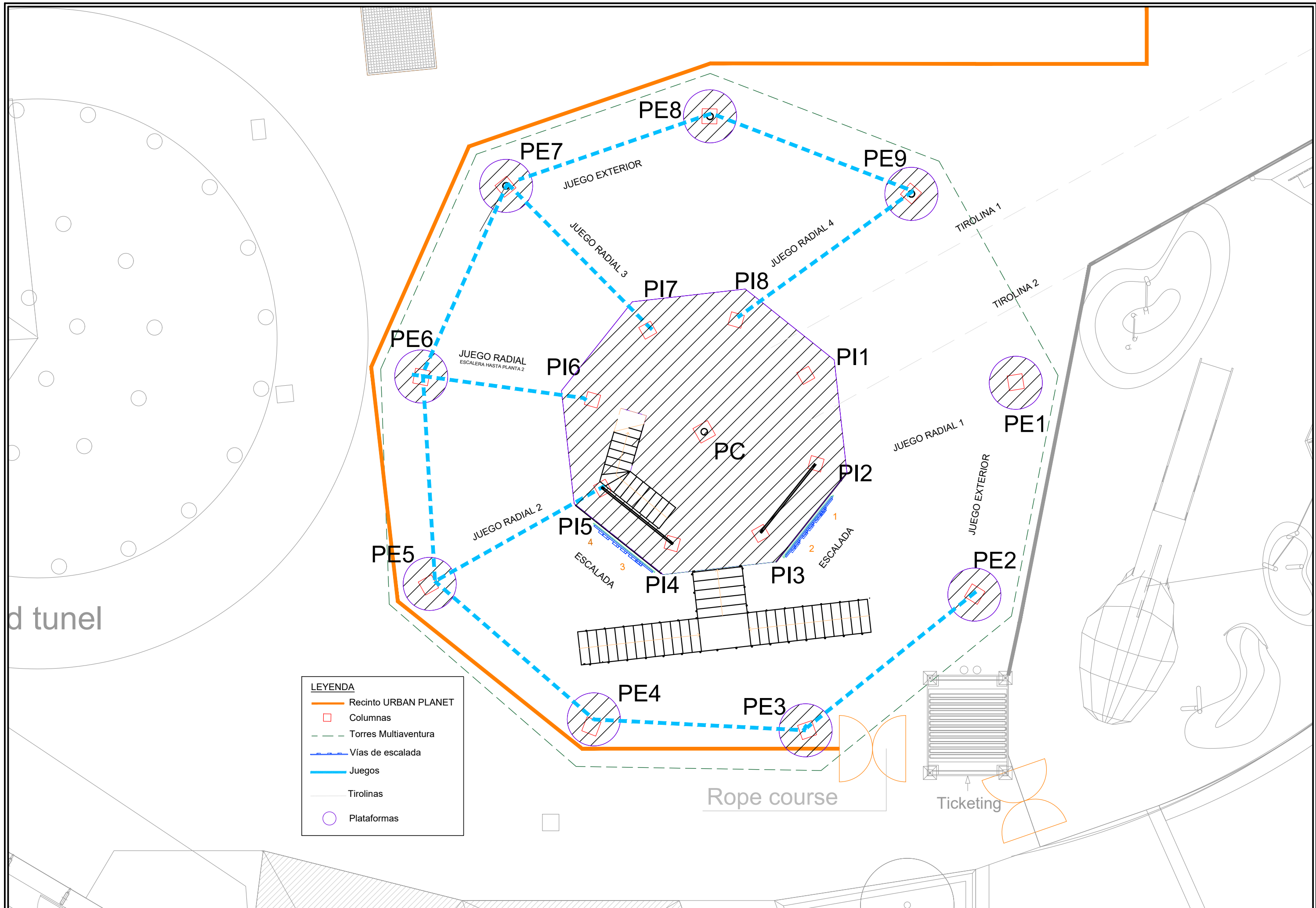




**LEYENDA**

- Recinto URBAN PLANET
- Columnas
- - - Torres Multiaventura
- Vías de escalada
- Juegos
- Tirolinas
- Plataformas

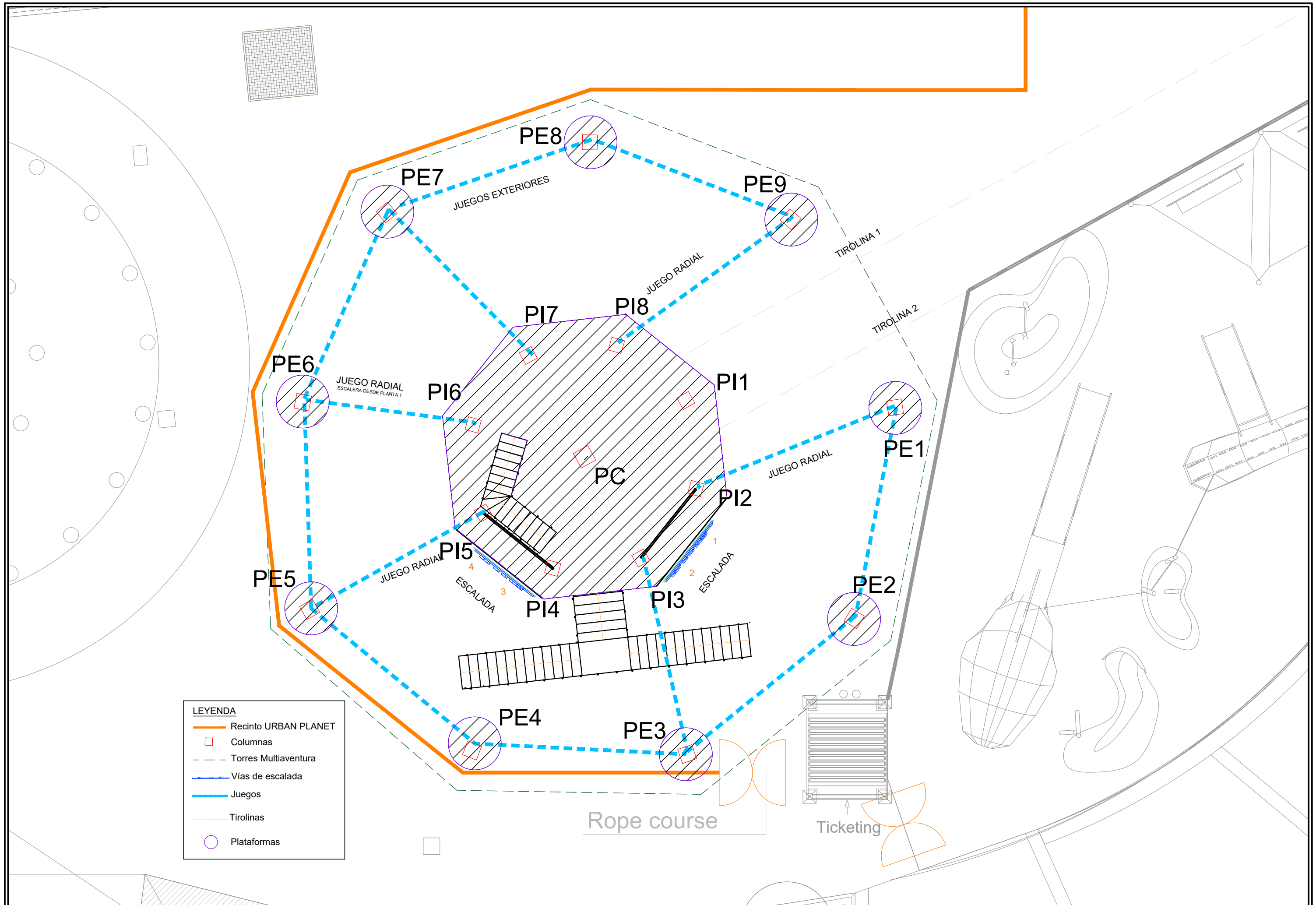




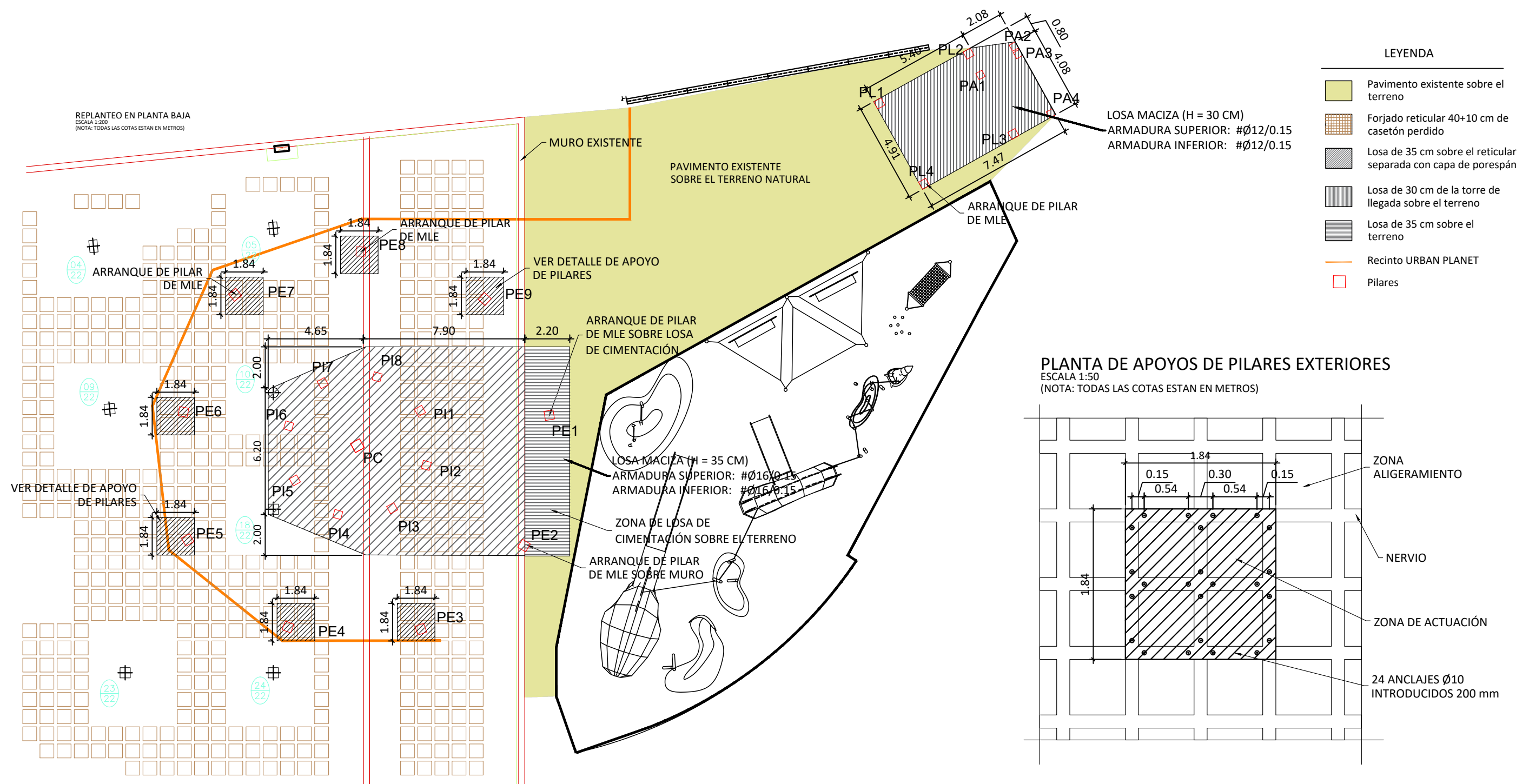
**LEYENDA**

- Recinto URBAN PLANET
- Columnas
- - - Torres Multiaventura
- Vías de escalada
- Juegos
- Tirolinas
- Plataformas



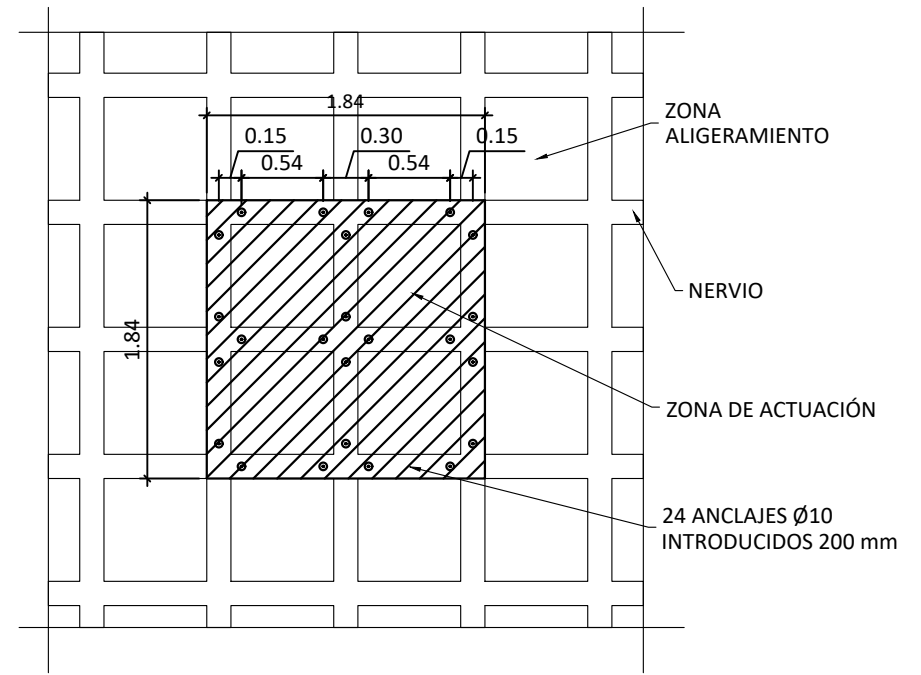


REPLANTEO EN PLANTA BAJA  
ESCALA 1:200  
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTAN EN METROS)



- LEYENDA**
- Pavimento existente sobre el terreno
  - Forjado reticular 40+10 cm de casetón perdido
  - Losa de 35 cm sobre el reticular separada con capa de porespán
  - Losa de 30 cm de la torre de llegada sobre el terreno
  - Losa de 35 cm sobre el terreno
  - Recinto URBAN PLANET
  - Pilares

**PLANTA DE APOYOS DE PILARES EXTERIORES**  
ESCALA 1:50  
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTAN EN METROS)

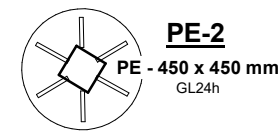
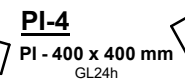
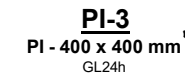
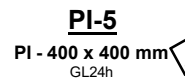
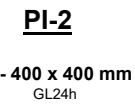
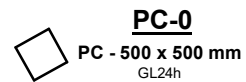
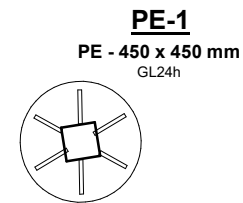
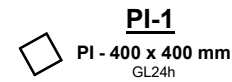
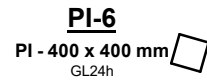
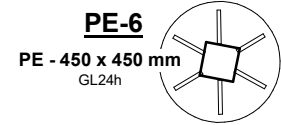
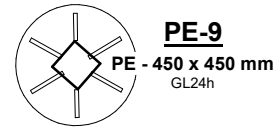
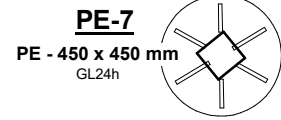


DATOS DE LA LOSA MACIZA DE LA TORRE PRINCIPAL	
<b>CARGAS</b>	<b>SECCION TIPO LOSA (ARM. BASE)</b>
PESO PROPIO:	8.75 kN/m <sup>2</sup>
SOBRECARGA DE USO:	3.00 kN/m <sup>2</sup>
CARGAS MUERTAS:	2.00 kN/m <sup>2</sup>
CARGA TOTAL:	13.75 kN/m <sup>2</sup>

Recubrimiento geométrico: 30 mm

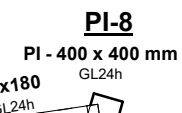
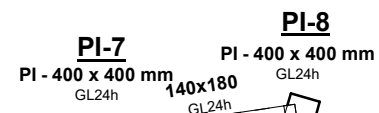
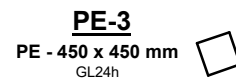
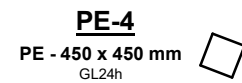
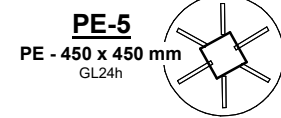
CUADRO DE CARACTERISTICAS SEGUN LA INSTRUCCION "EHE-08" Y "EAE"						
MATERIALES, NIVEL DE CONTROL Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD						
DESCRIPCION	ELEMENTO	TIPICACION	CONTROL CALIDAD MATERIALES	COEF. SEGURIDAD MATERIAL		
				$\gamma_c$	$\gamma_s$	$\gamma_a$
HORMIGON	TODOS	HA-25/B/20/IIa	ESTADÍSTICO	1.50		
ACERO ARMAR	TODOS	B-500 SD	NORMAL		1.15	
ACERO ESTRUCTURAL	TODOS	S 275 JR	NORMAL			1.05
EJECUCION	TODOS	NIVEL DE CONTROL NORMAL				
VIDA ÚTIL	TODOS	50 AÑOS				

NOTA: EL HORMIGON DE LIMPIEZA SERA HL-150/B/20

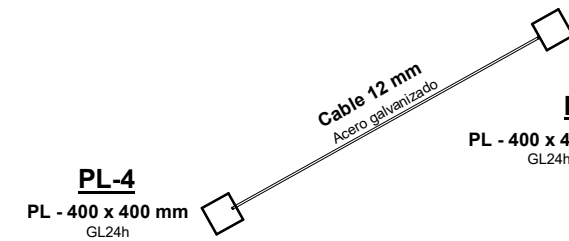
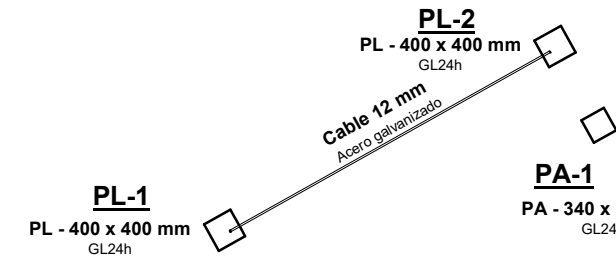
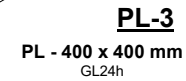
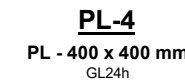
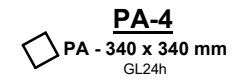
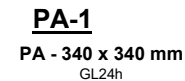
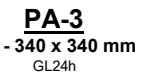
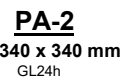
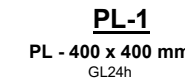


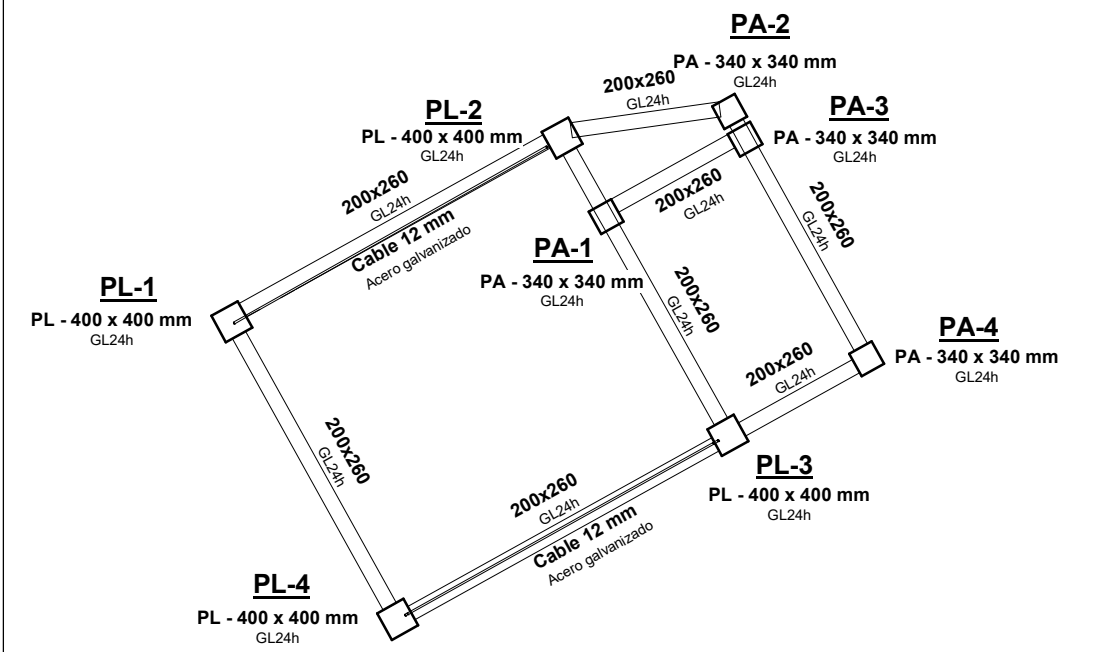
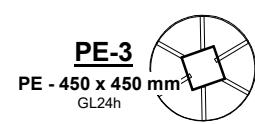
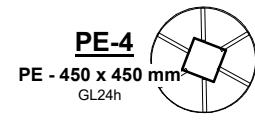
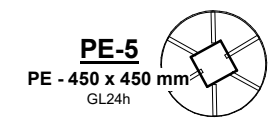
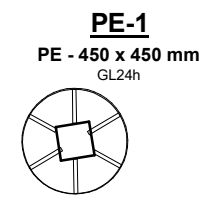
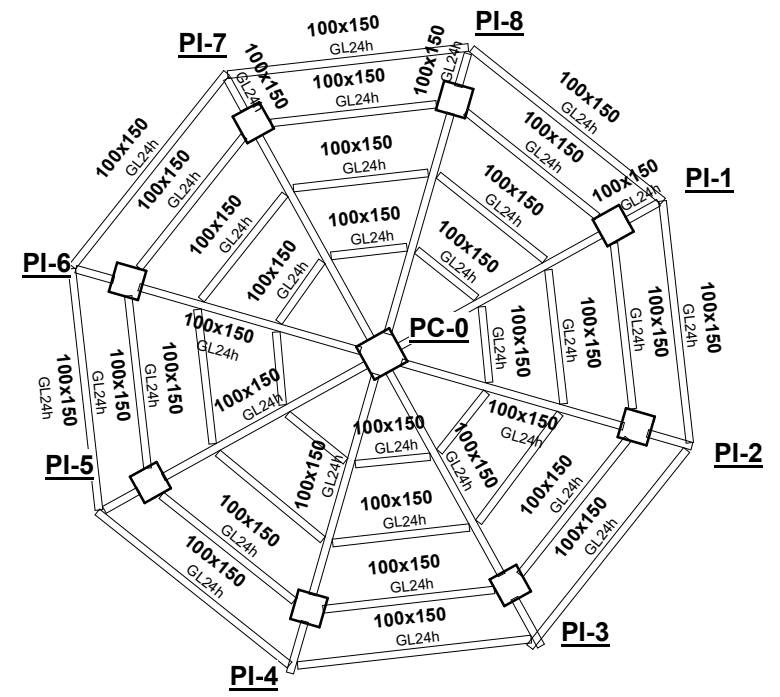
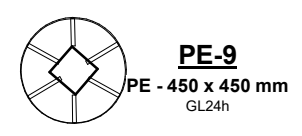
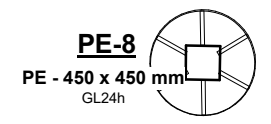
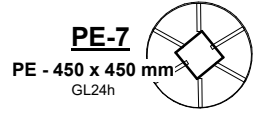
Cruces de arriostramiento (en cada nivel)

Cruces de arriostramiento (en cada nivel)

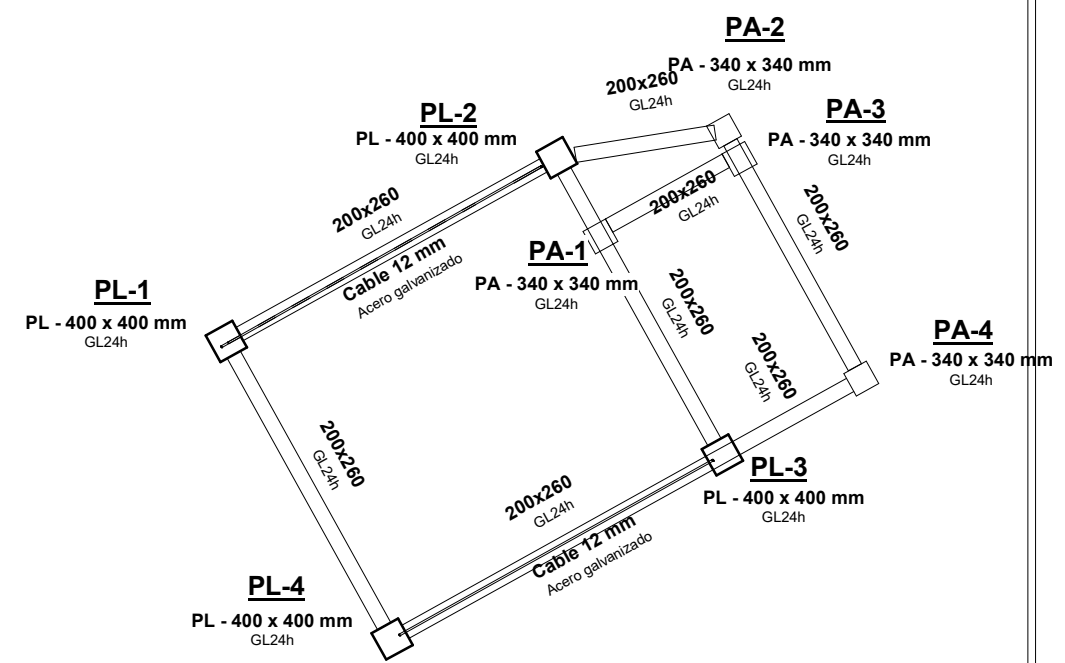
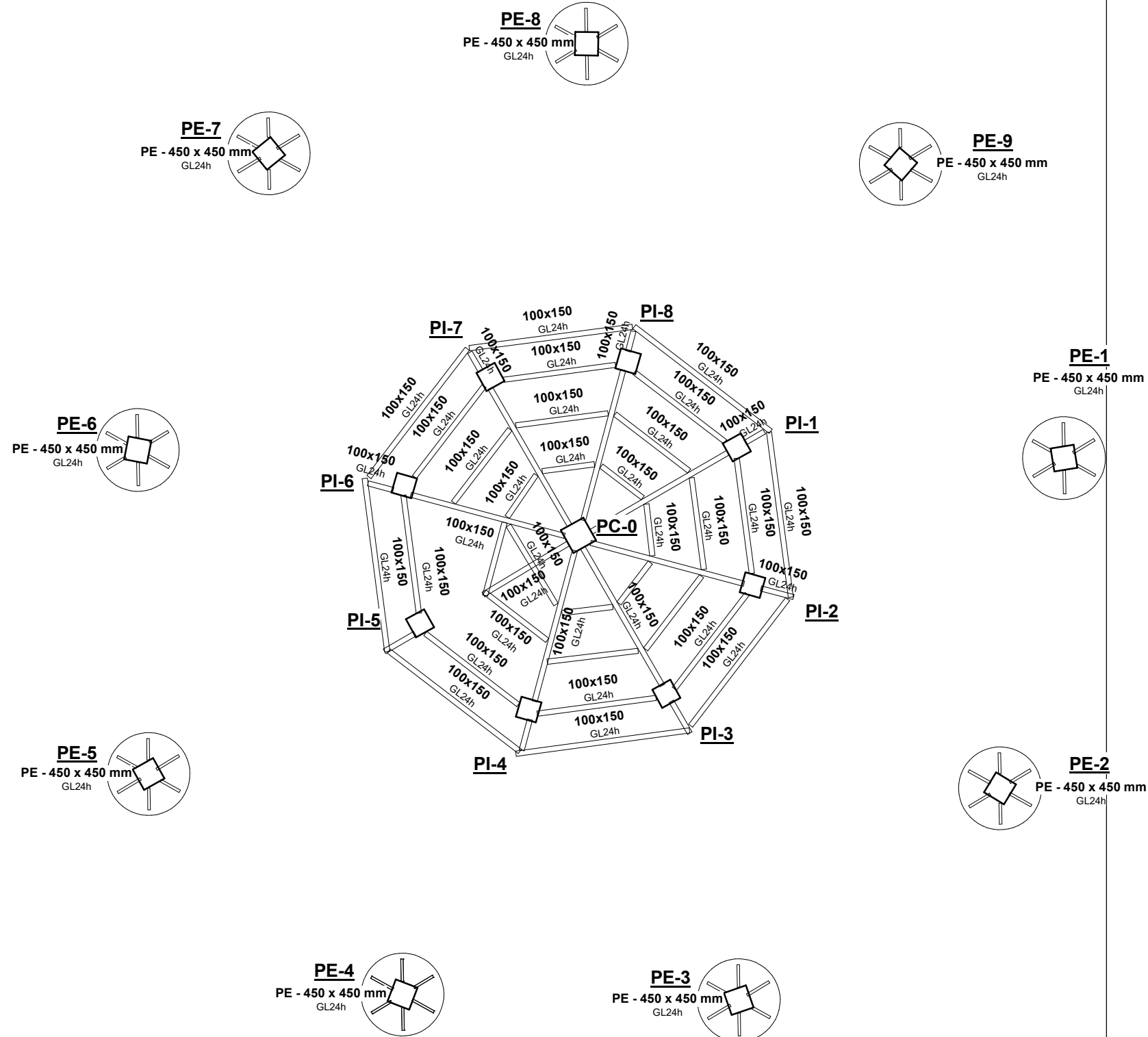


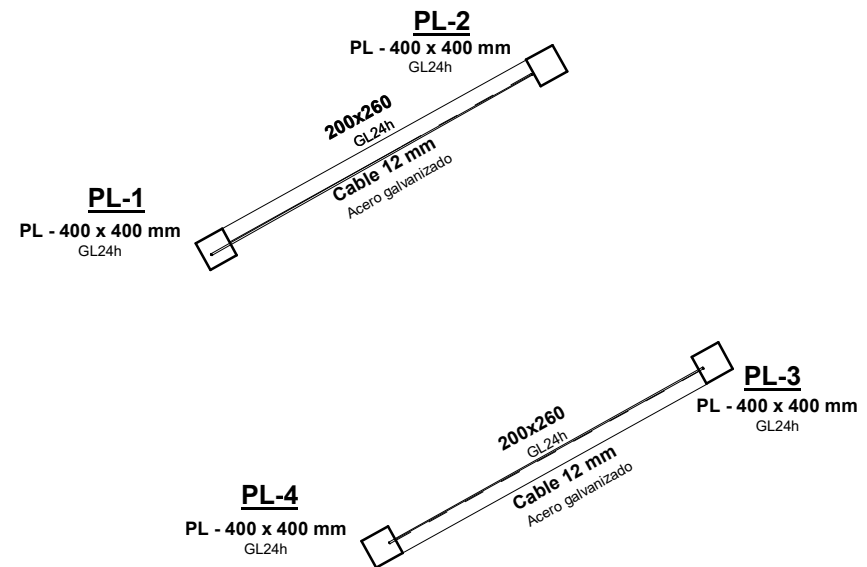
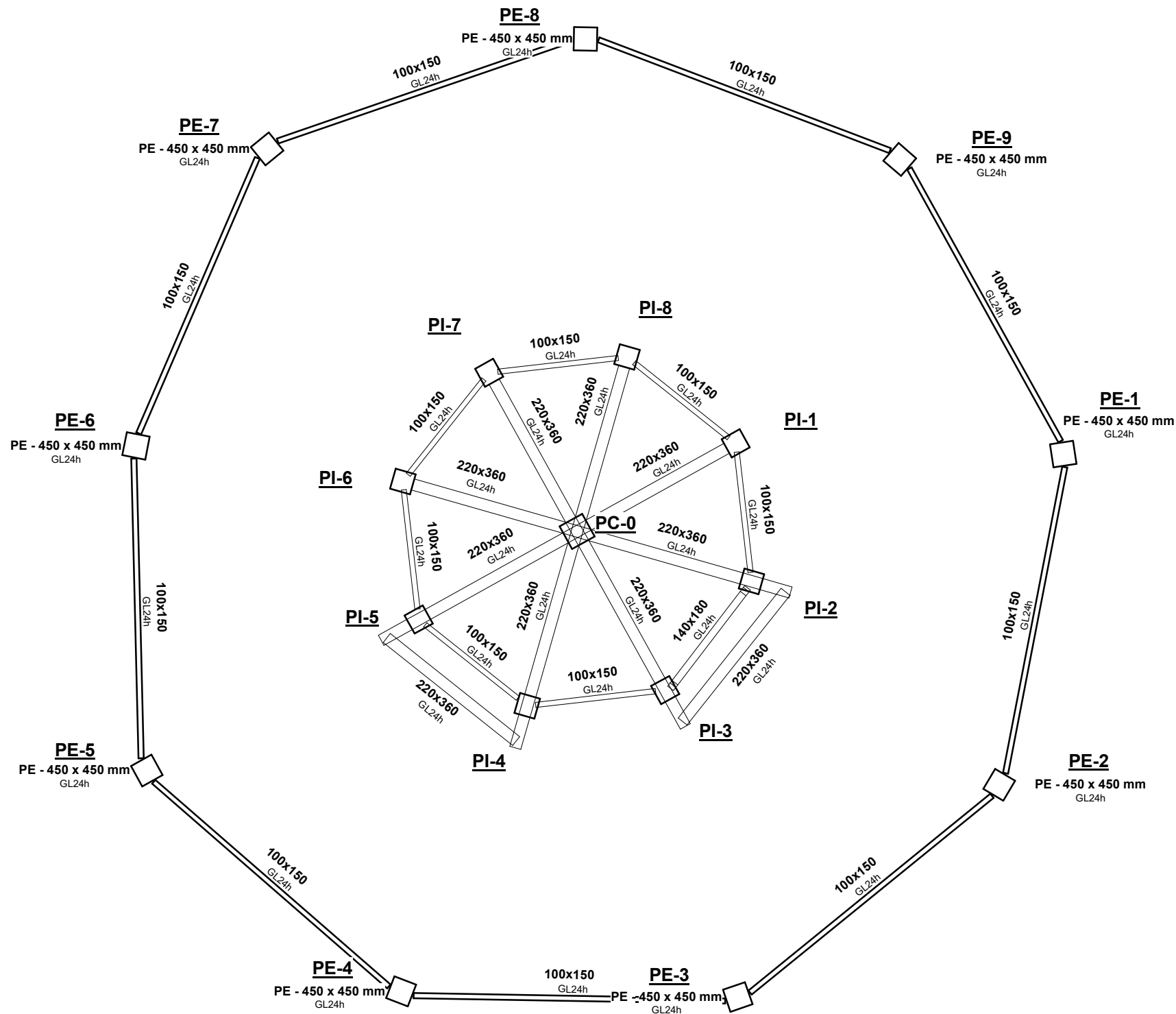
Cruces de arriostramiento (en cada nivel)

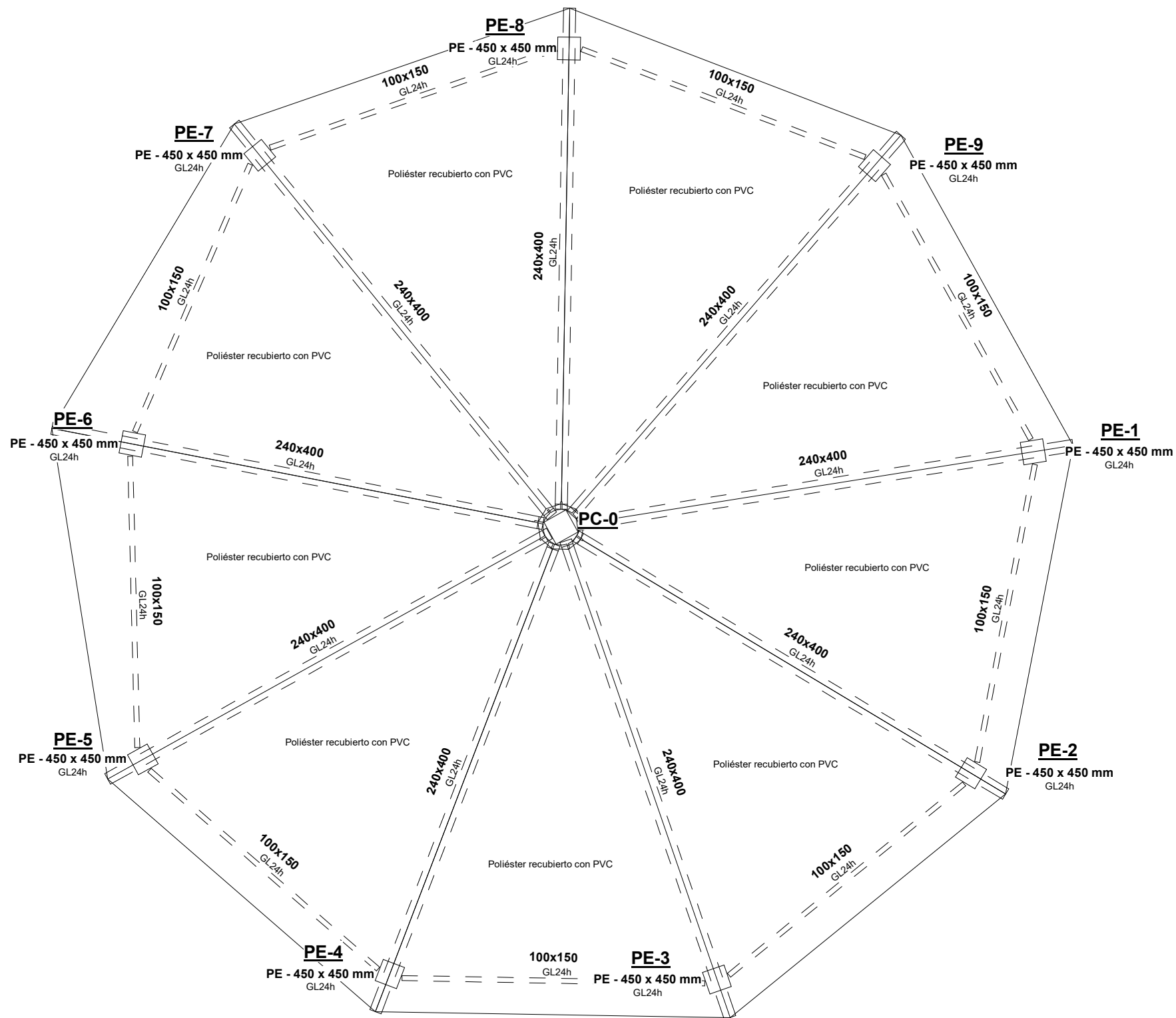


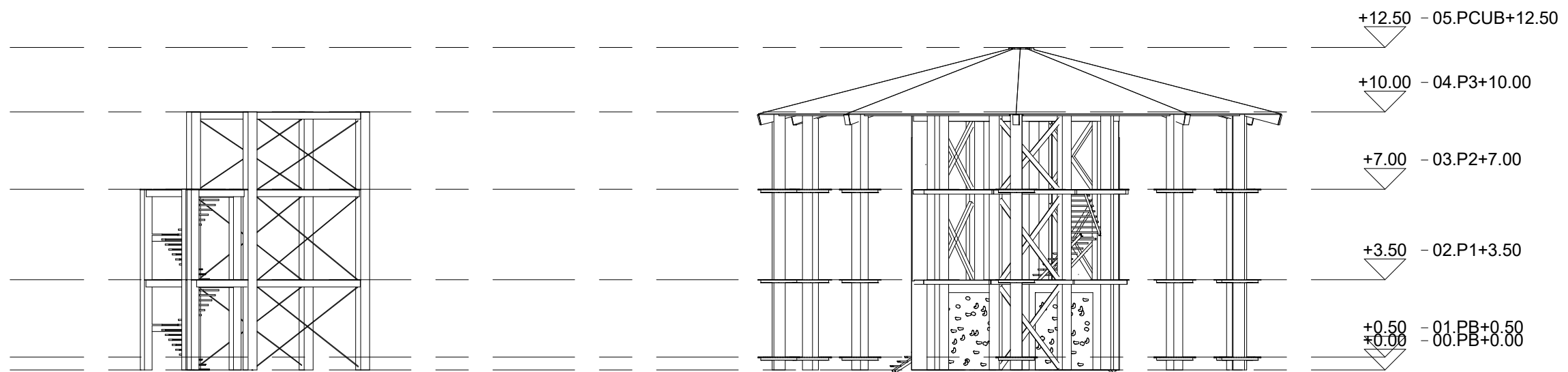


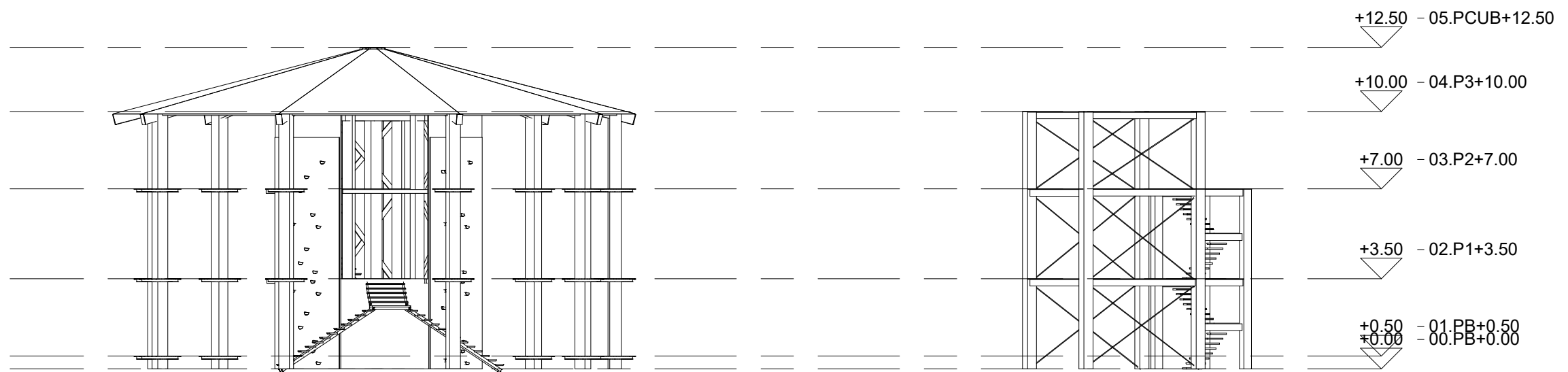


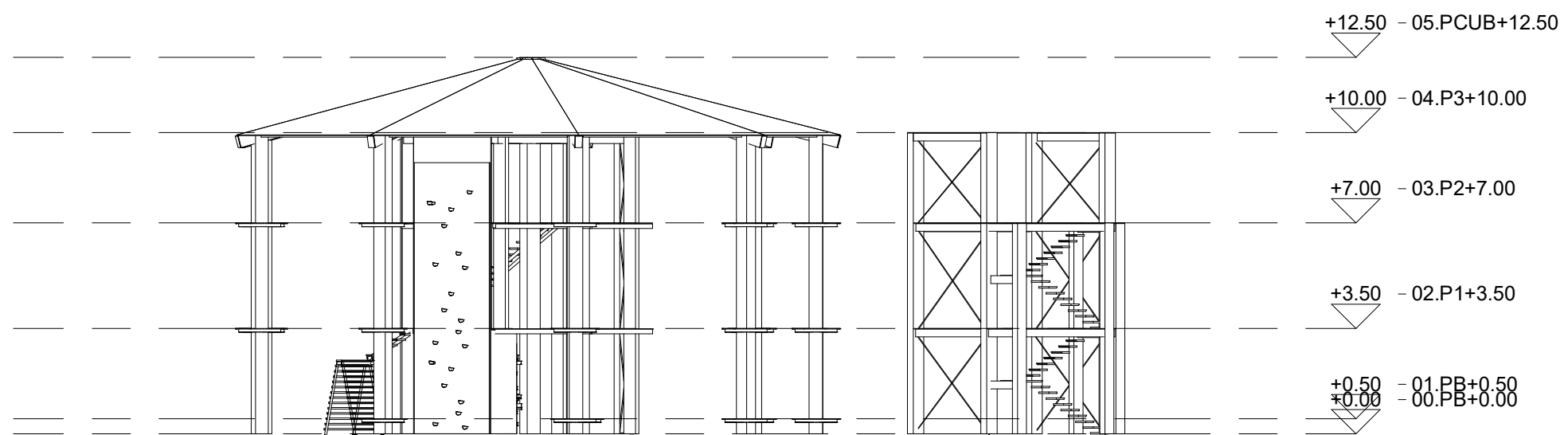


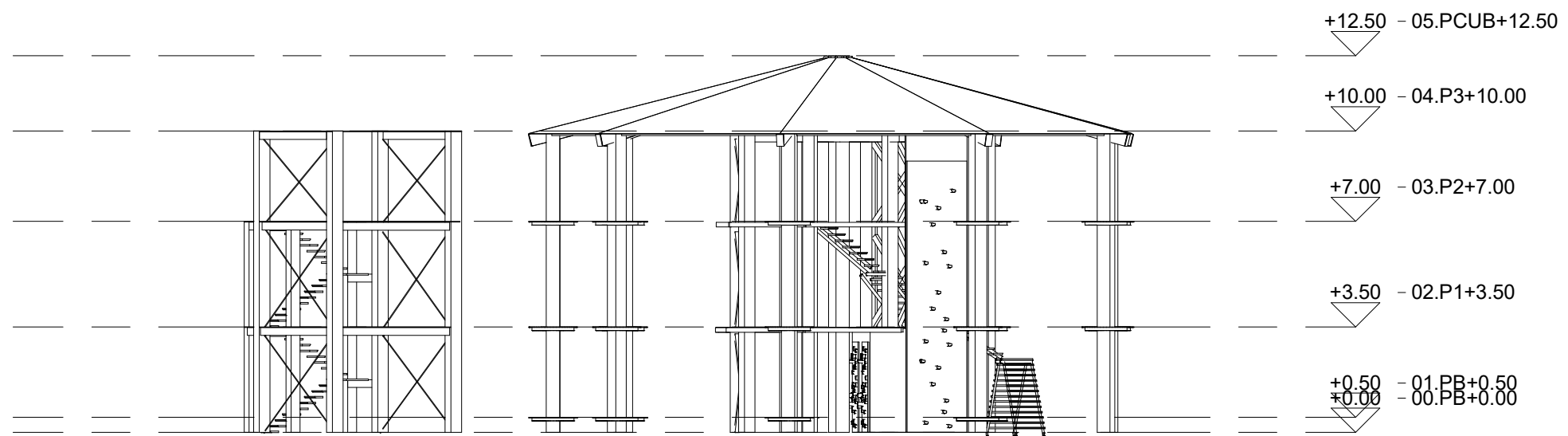






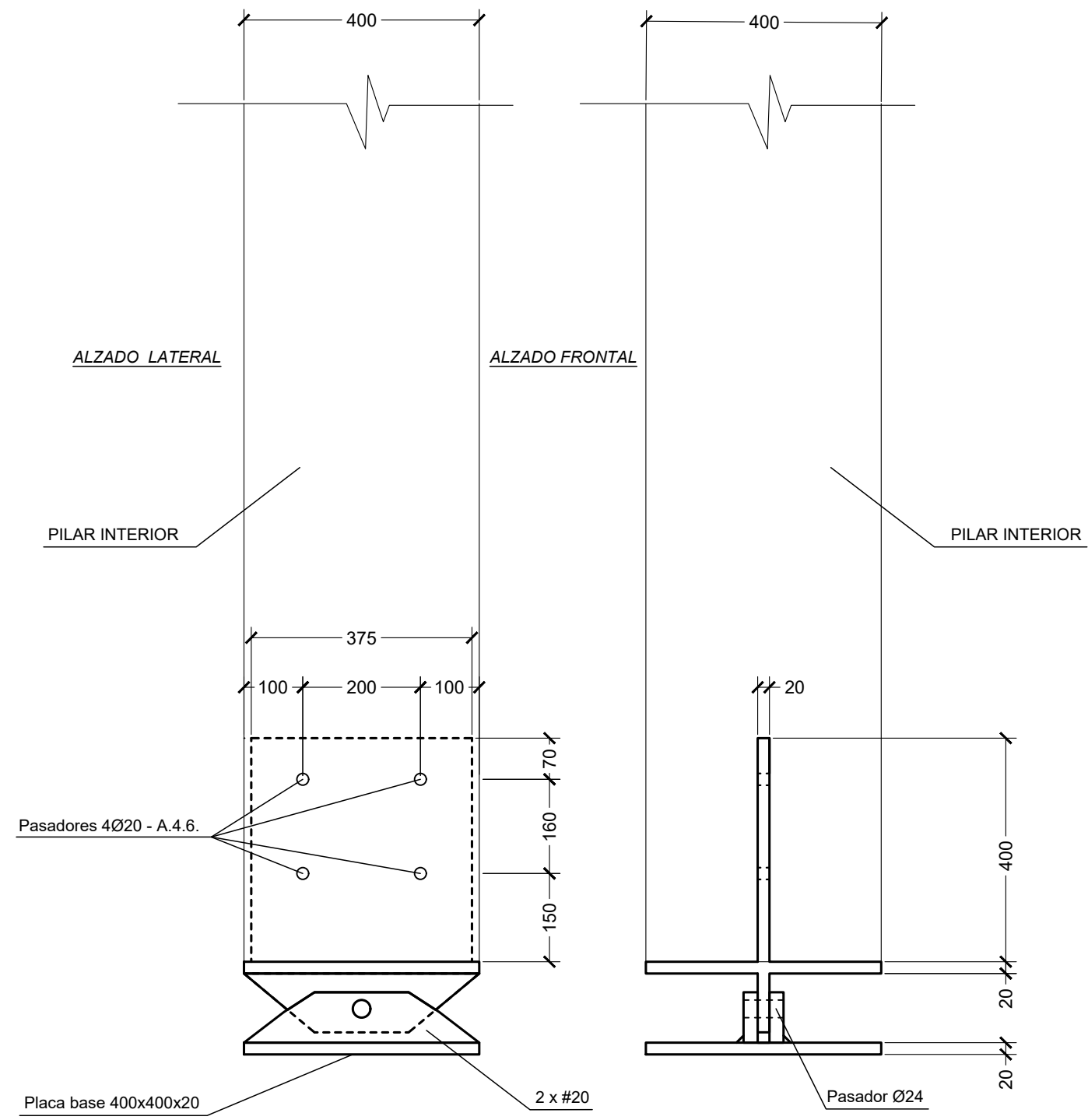






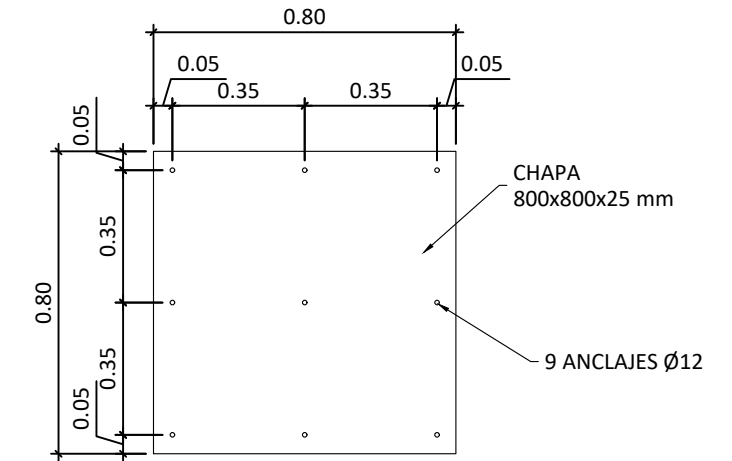


# UNIÓN 1: ARTICULACIÓN PILAR INTERIOR - CIMENTACIÓN



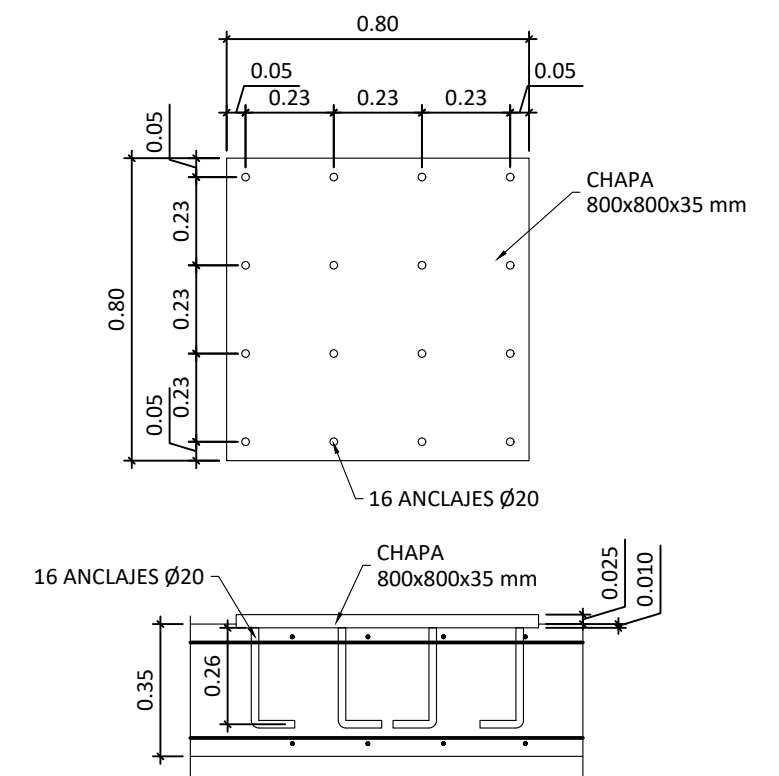
## PLACA DE ANCLAJE DE PILARES EXTERIORES

ESCALA 1:20  
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTAN EN METROS)



## PLACA DE ANCLAJE DE PILARES INTERIORES

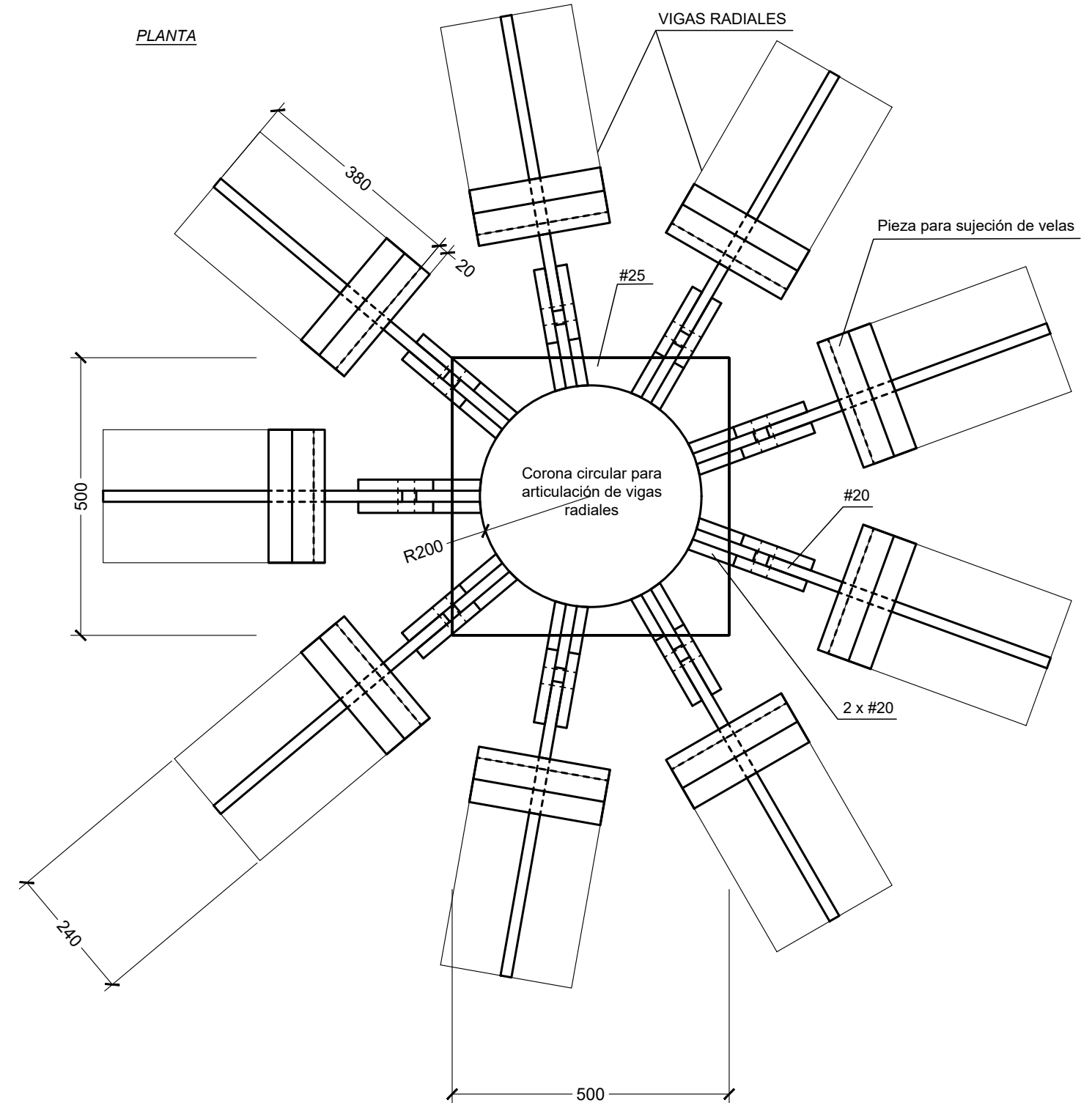
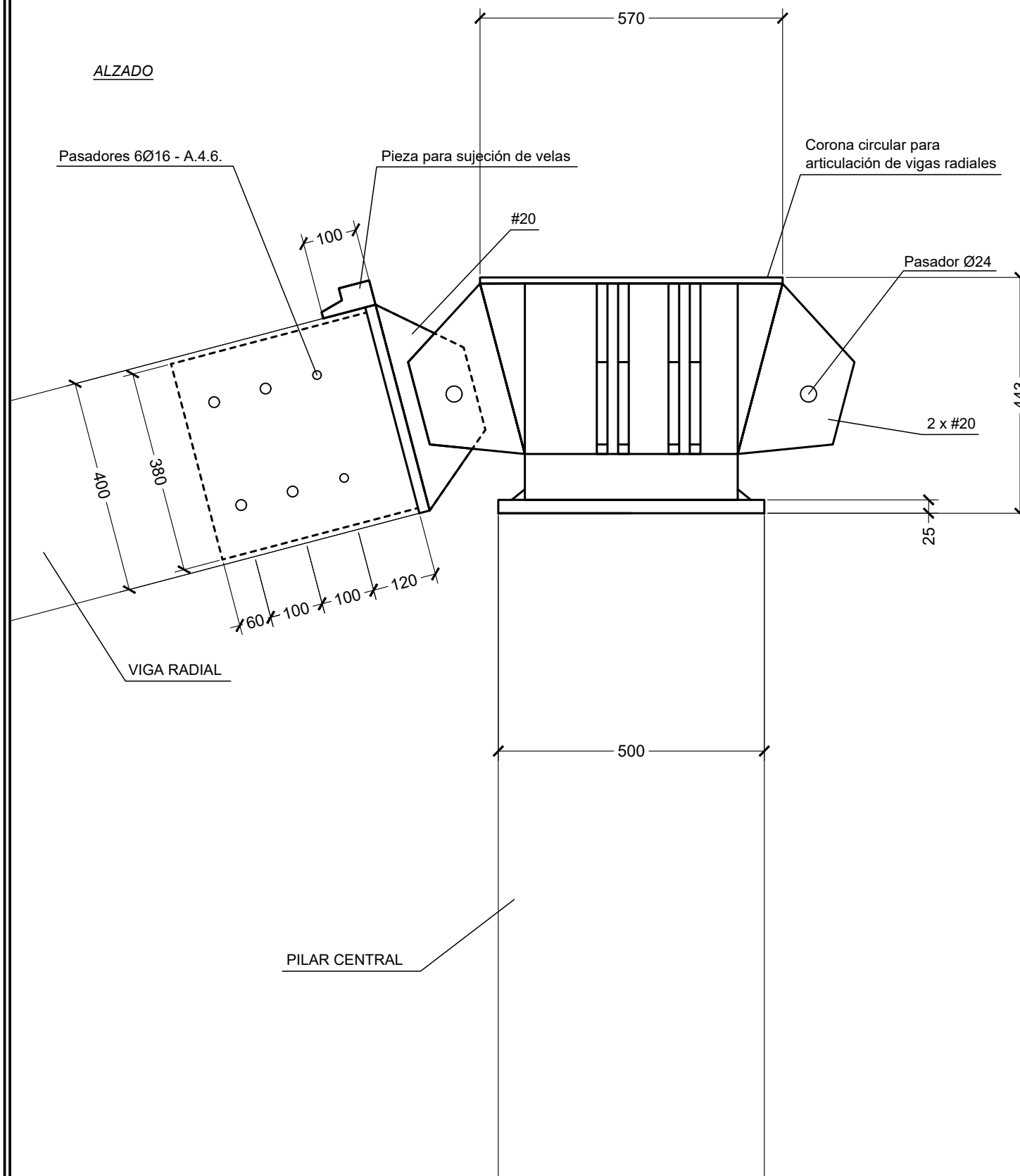
ESCALA 1:20  
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTAN EN METROS)



NOTA: SE QUEDARA EMBEBIDO LA PLACA DE ANCLAJE 1 CM DENTRO DE LA LOSA, PARA SITUAR A LA MISMA COTA LOS PILARES.

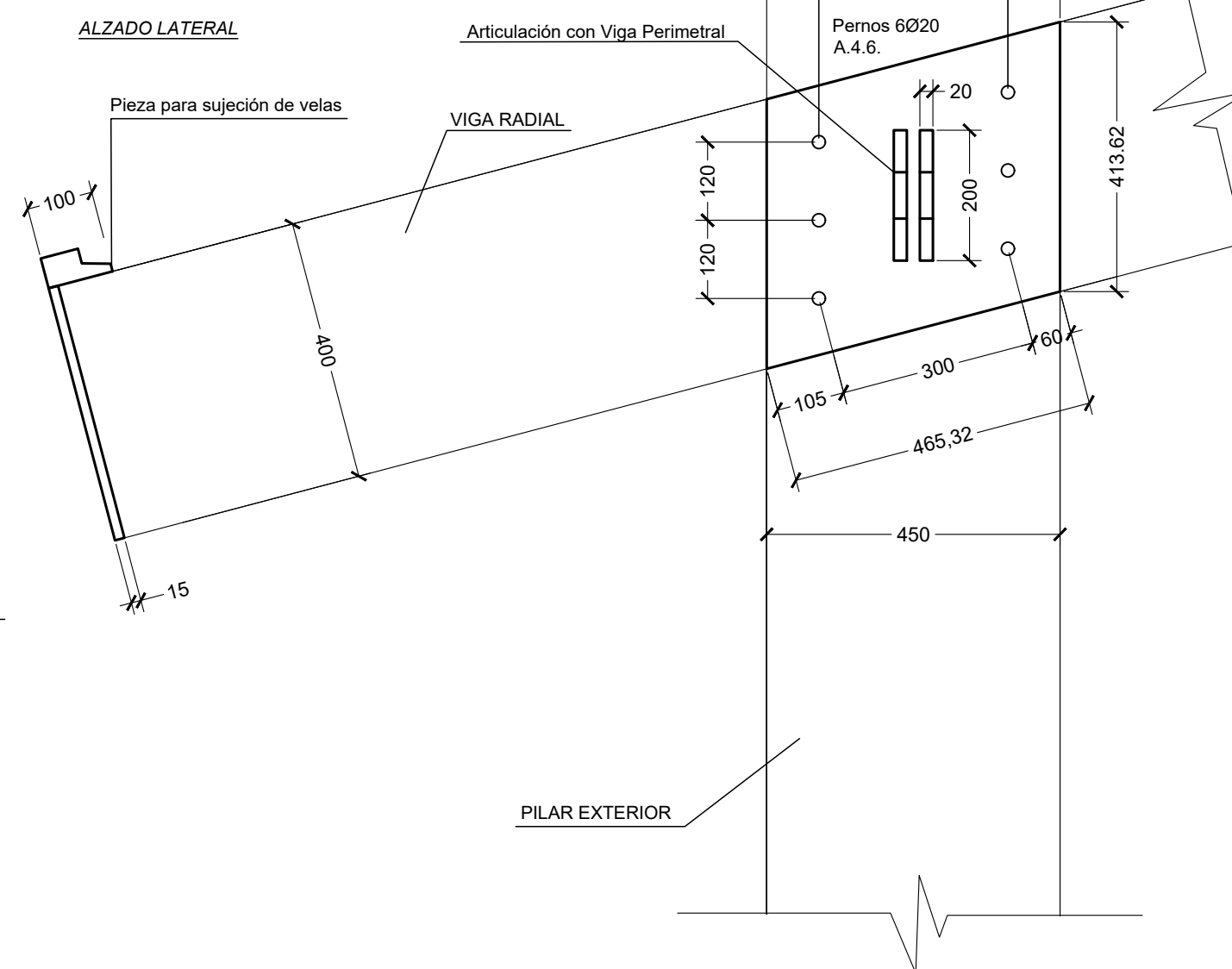
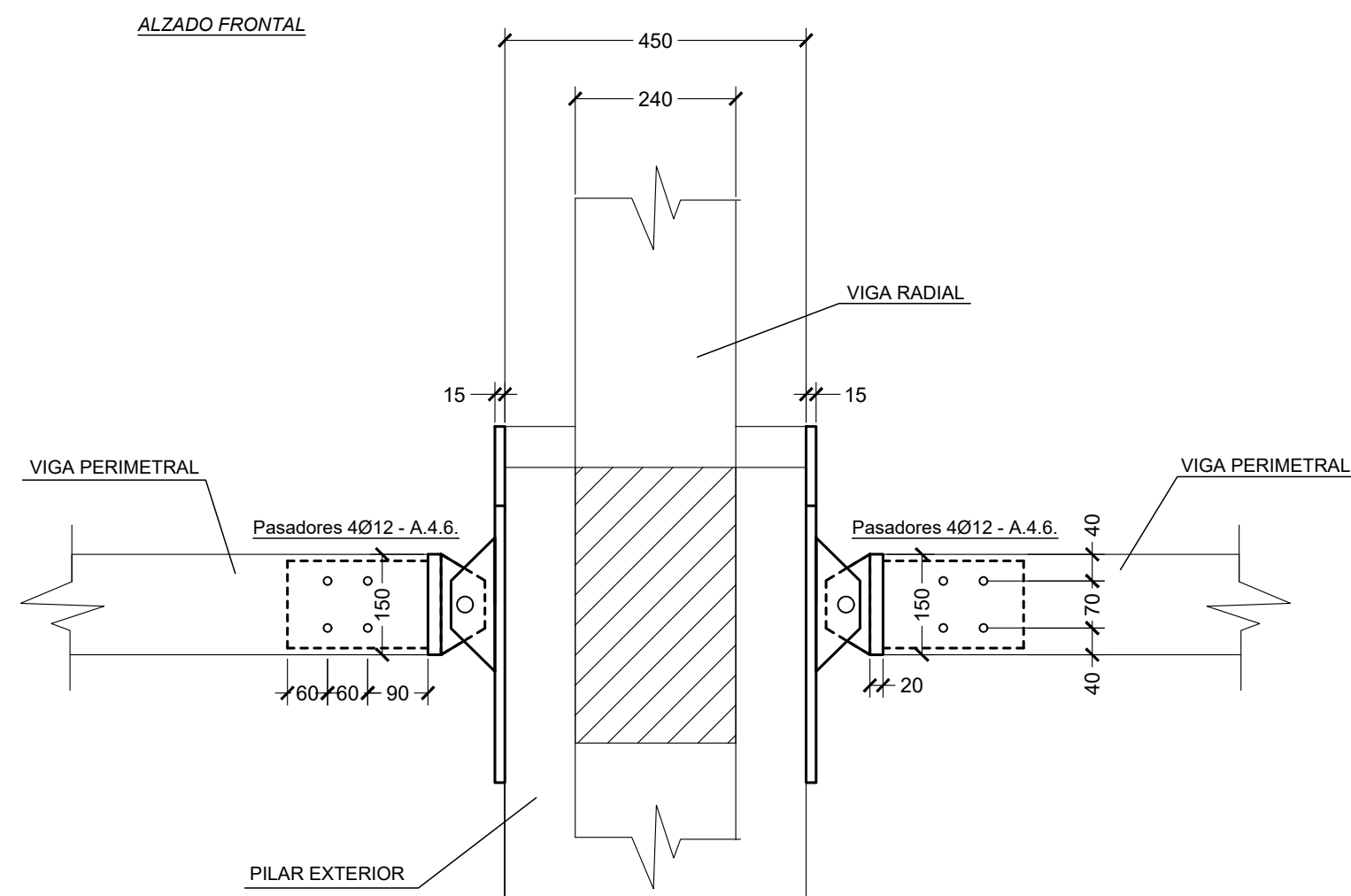
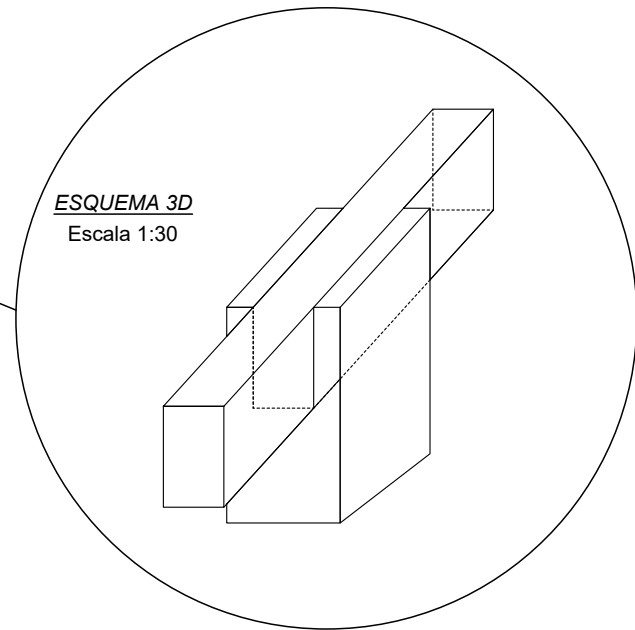
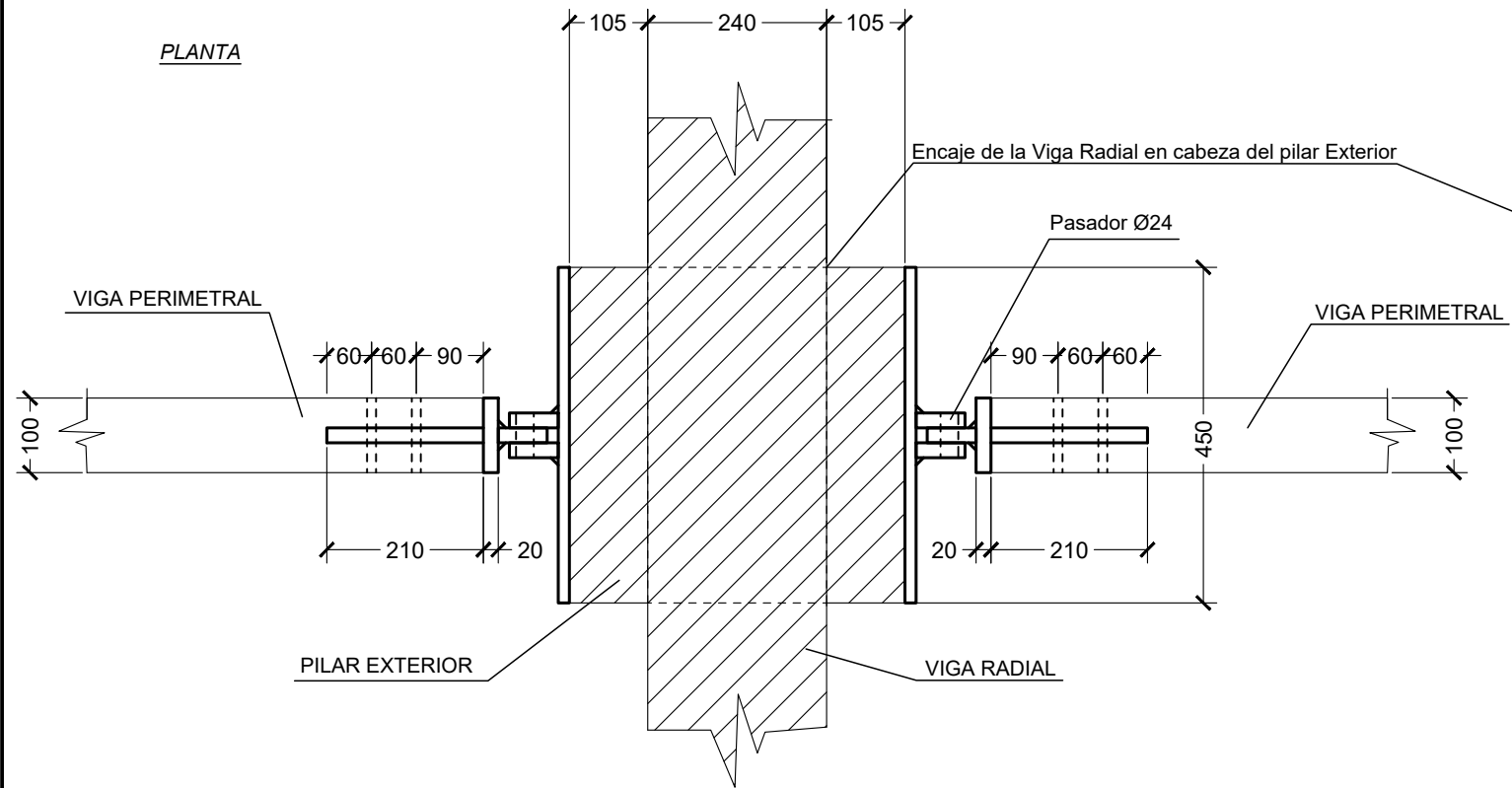
\* TODAS LAS UNIONES CON ACERO GALVANIZADO\*  
Cotas en mm

# UNIÓN 2: LLEGADA DE VIGAS RADIALES A CABEZA DE PILAR CENTRAL



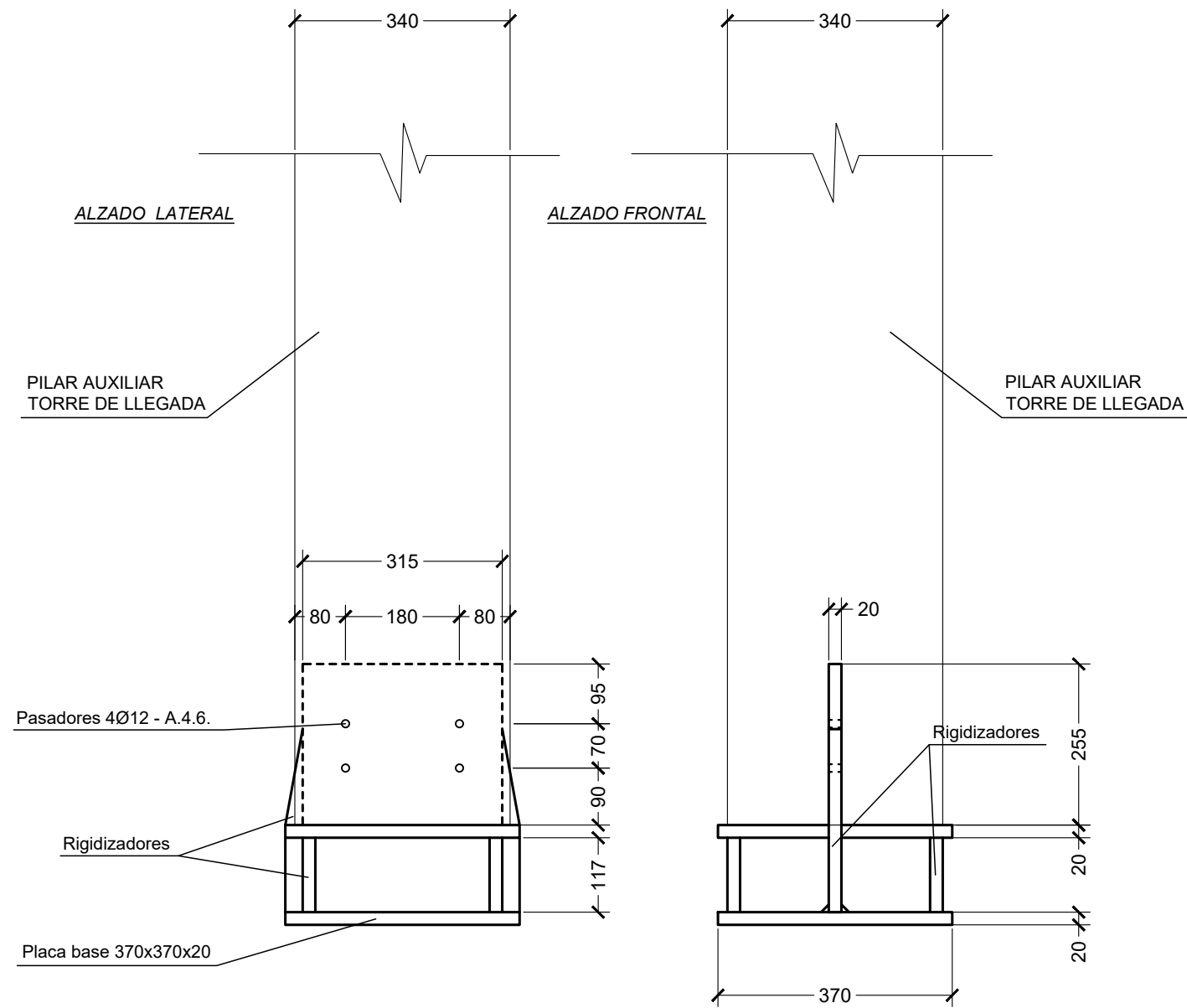
\* TODAS LAS UNIONES CON ACERO GALVANIZADO\*  
Cotas en mm

# UNIÓN 3: ENCUESTRO VIGA RADIAL - VIGA PERIMETRAL - PILAR EXTERIOR

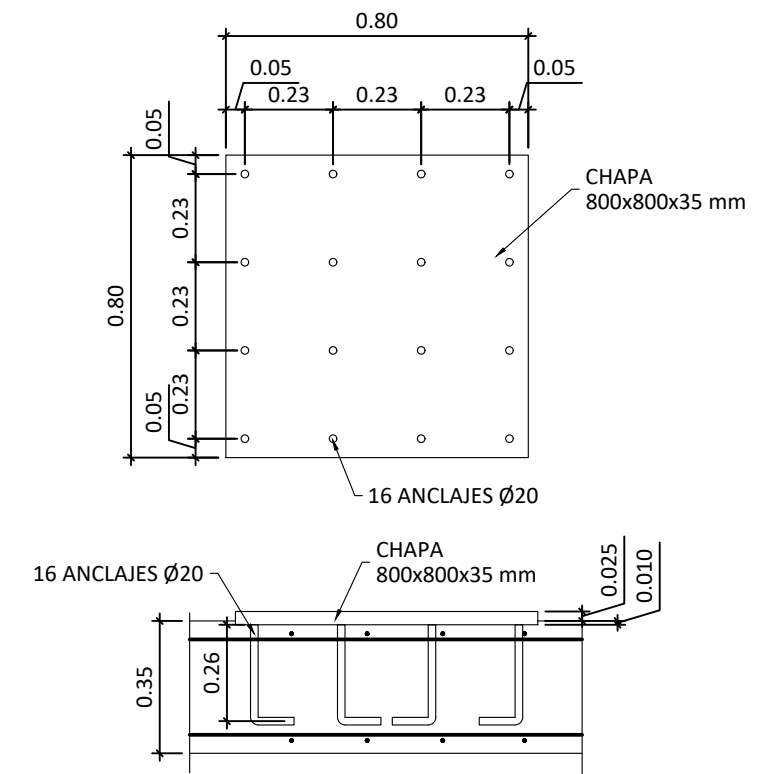


\* TODAS LAS UNIONES CON ACERO GALVANIZADO\*  
Cotas en mm

## UNIÓN 4: EMPOTRAMIENTO PILAR AUXILIAR - CIMENTACIÓN

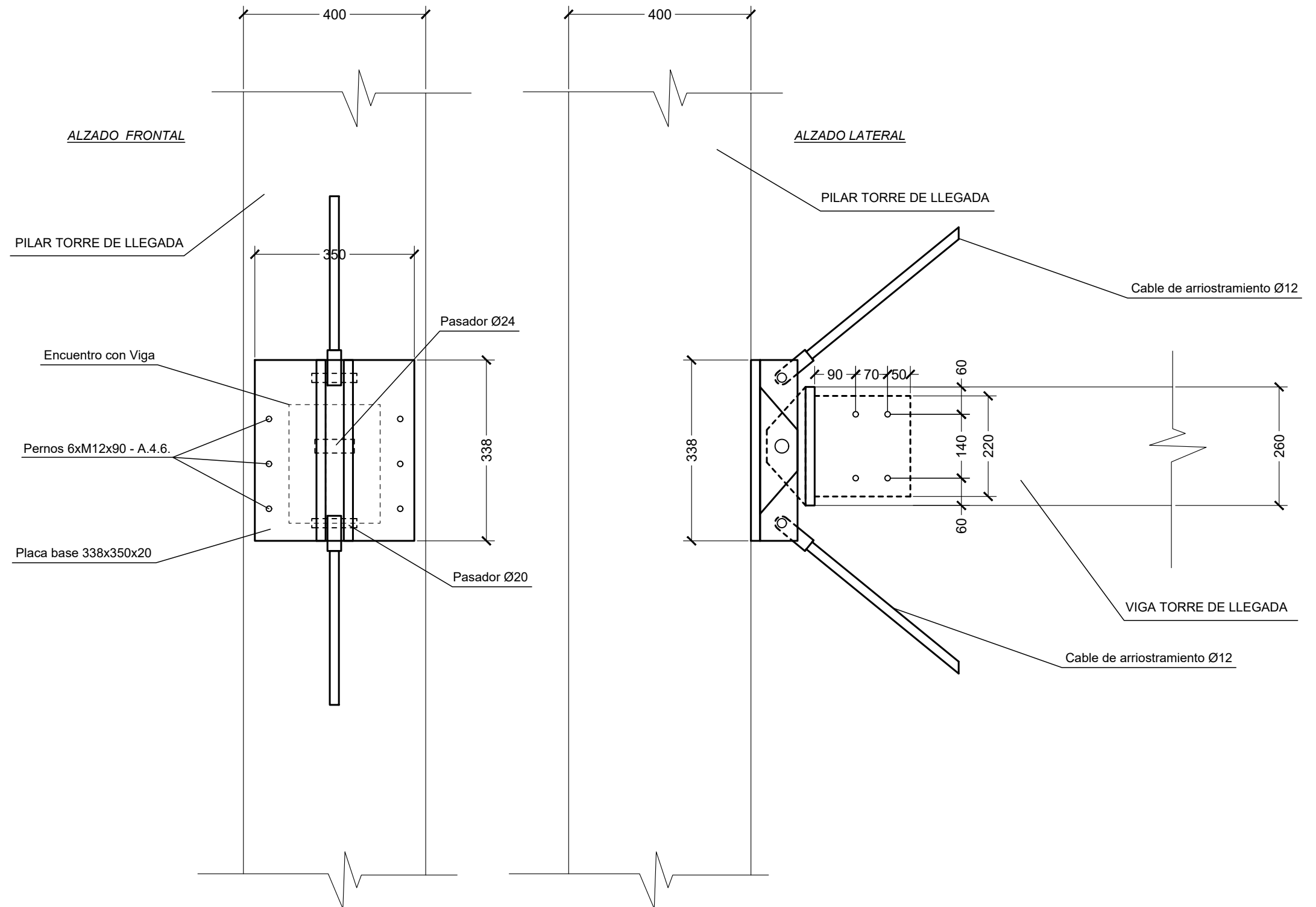


**PLACA DE ANCLAJE DE PILARES TORRE DE LLEGADA**  
 ESCALA 1:20  
 (NOTA: TODAS LAS COTAS ESTAN EN METROS)

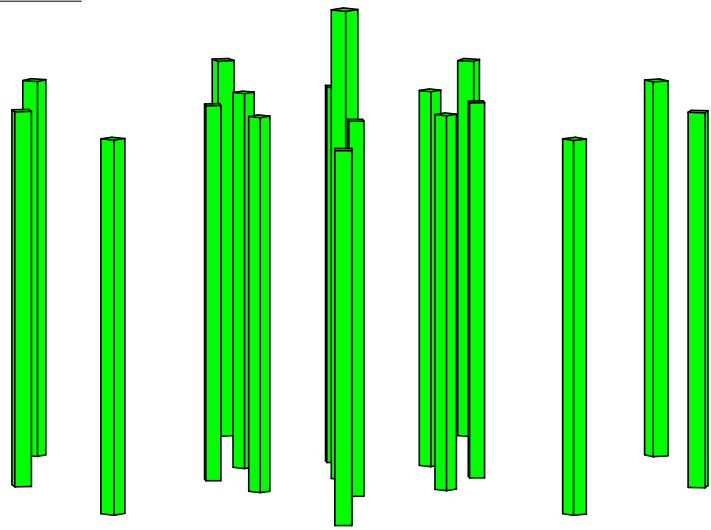


NOTA: SE QUEDARA EMBEBIDO LA PLACA DE ANCLAJE 1 CM DENTRO DE LA LOSA, PARA SITUAR A LA MISMA COTA LOS PILARES.

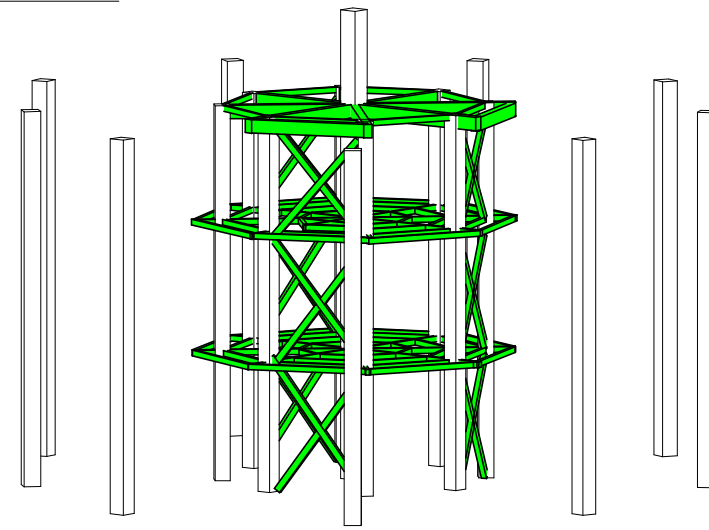
## UNIÓN 5: ENCUENTRO ENTRE VIGA - PILAR - CABLE DE ARRIOSTRAMIENTO



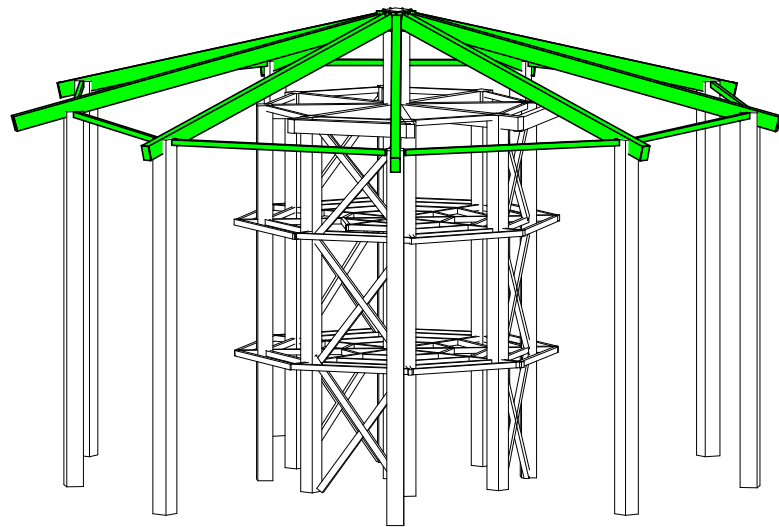
1 Fase 1



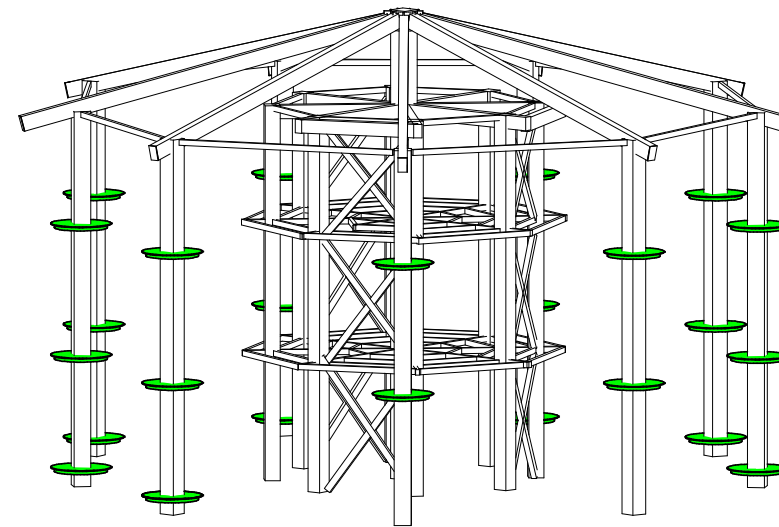
2 Fase 2



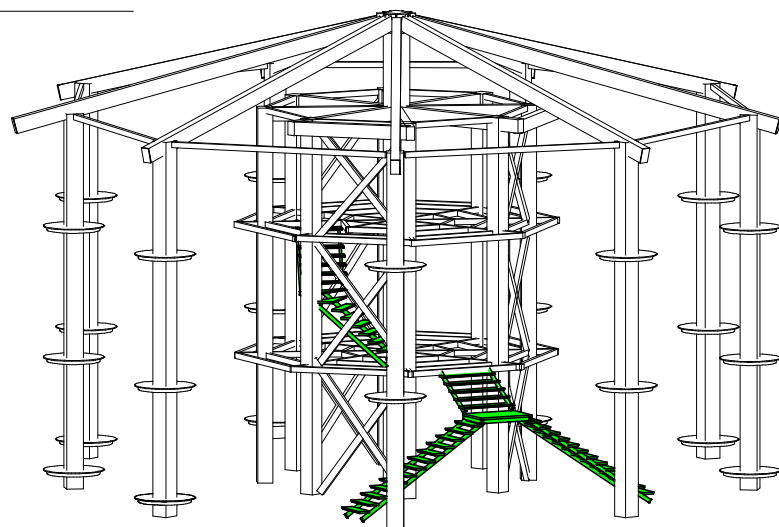
3 Fase 3



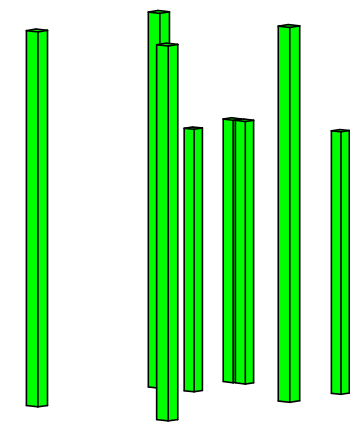
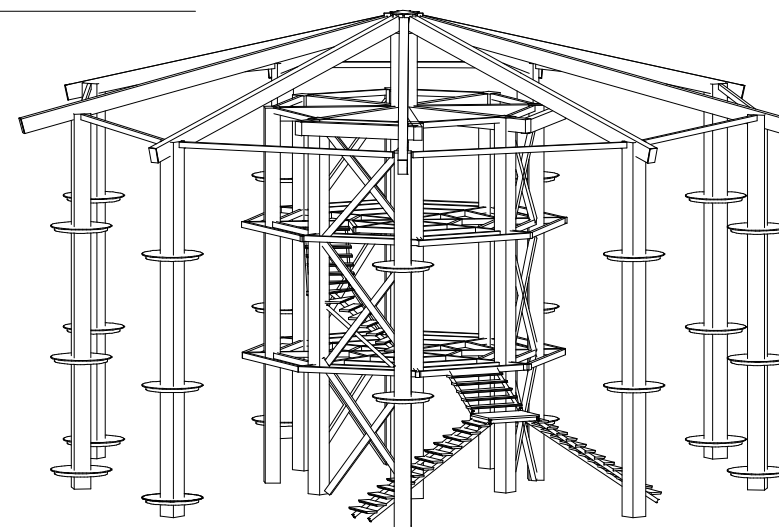
4 Fase 4



5 Fase 5

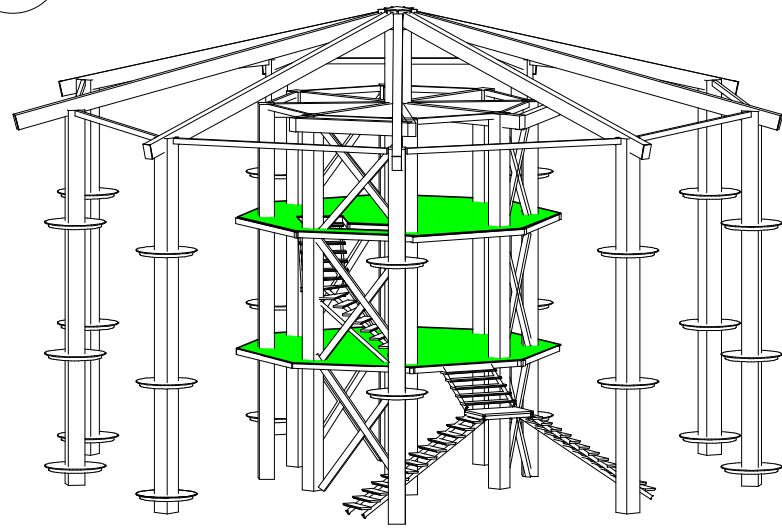


6 Fase 6

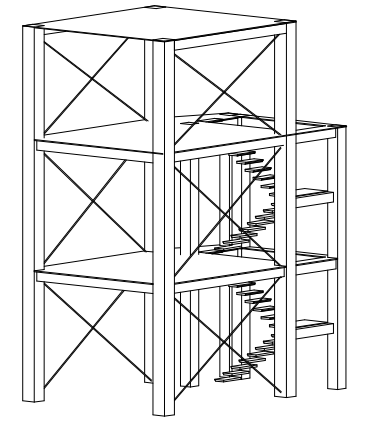
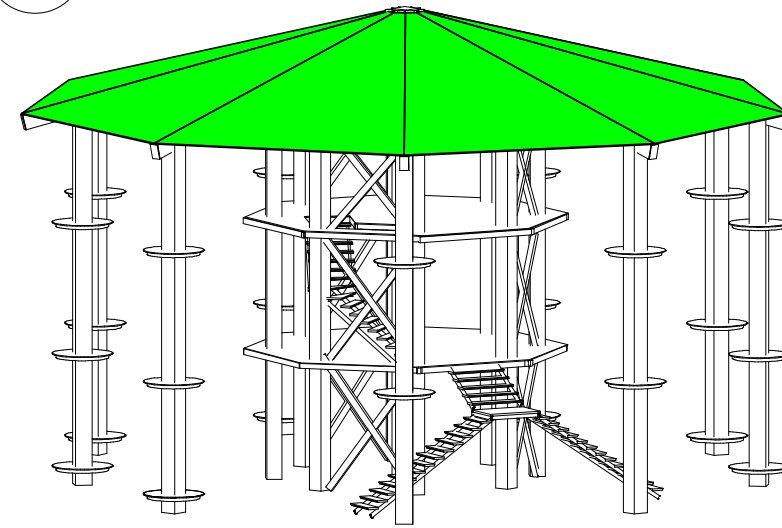
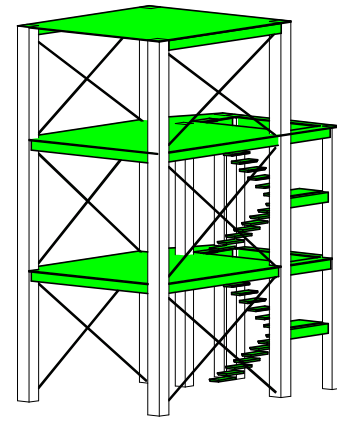




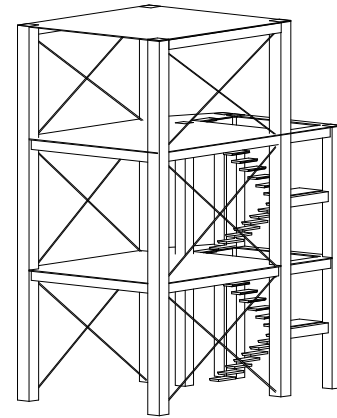
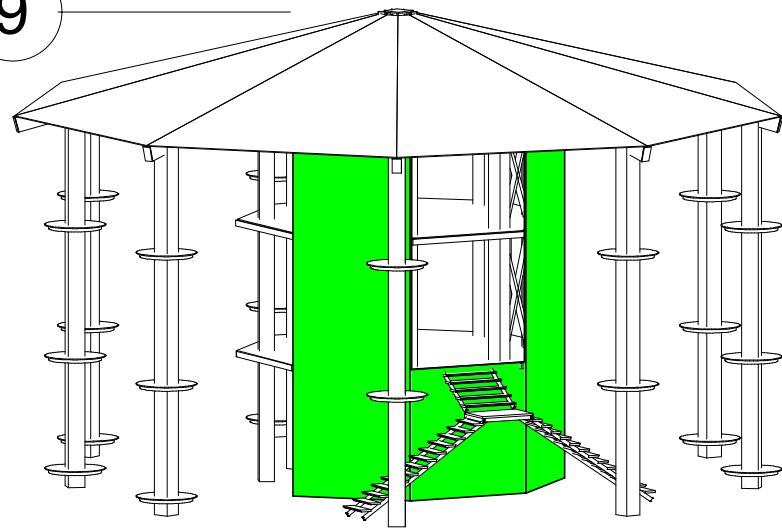
7 Fase 7



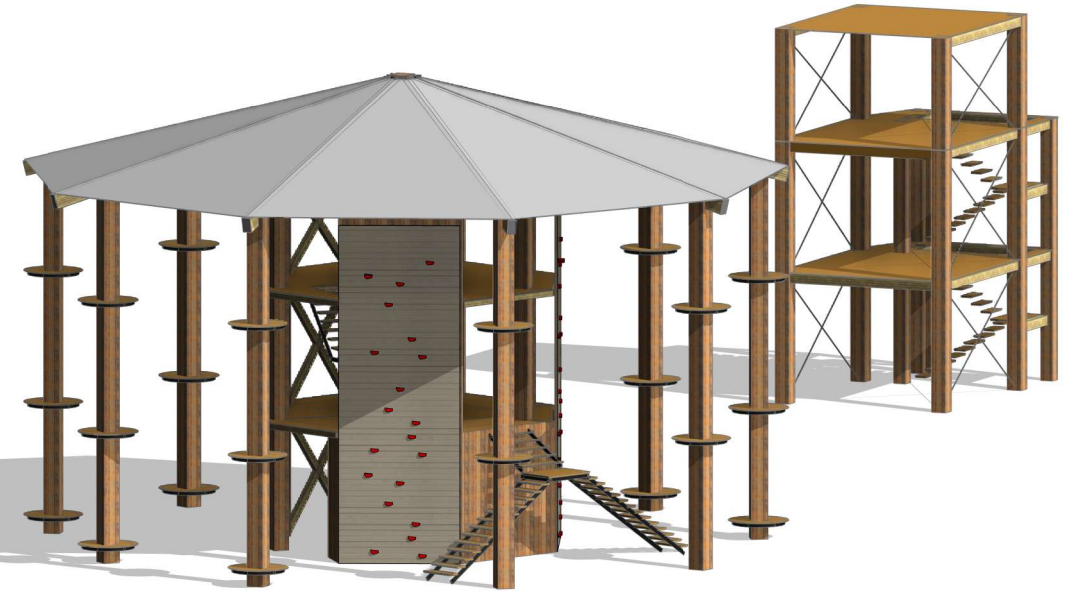
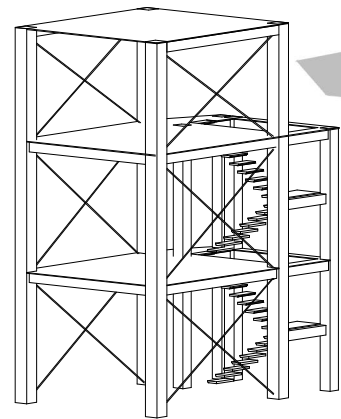
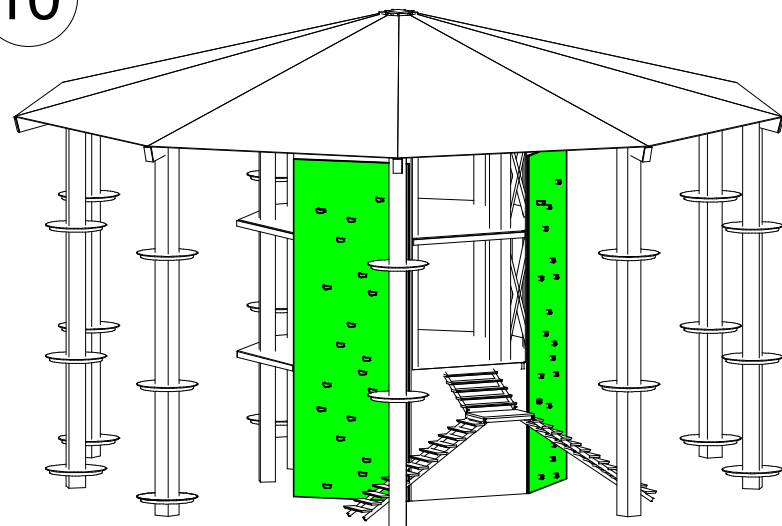
8 Fase 8



9 Fase 9



10 Fase 10

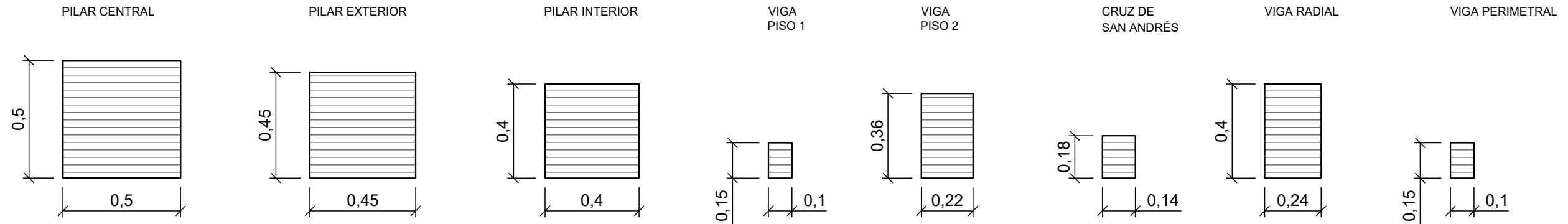


11 TORRES ACABADAS



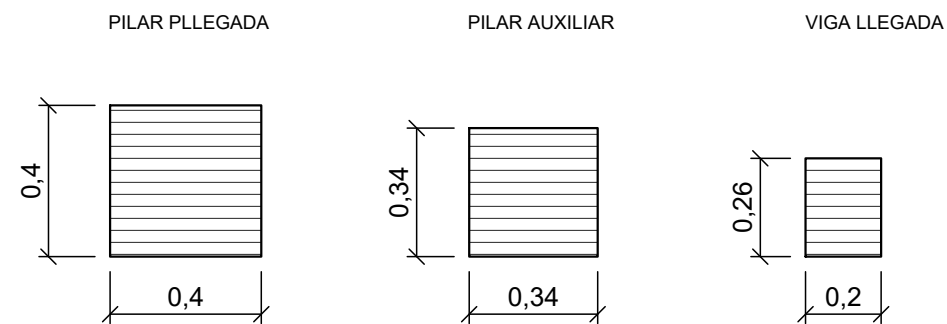
**PERFILERÍA DE MADERA LAMINADA ENCOLADA - TORRE PRINCIPAL**

Cotas en metros



**PERFILERÍA DE MADERA LAMINADA ENCOLADA - TORRE DE LLEGADA**

Cotas en metros



MADERA							
LOCALIZACION	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL					CONTROL	
	TIPIFICACION	RESISTENCIA DE CALCULO (a flexión)	DENSIDAD	COLA ADHESIVA	TRATAMIENTO	CLASE DE USO	COEFICIENTE γc
TODAS LAS SECCIONES	GL24-h	24 MPa	390 kg/m³	Poliuretano (PU)	Autoclave en sales hidrosolubles	Clase 3.2. Según CTE DB-SE-M	1.25

MOBILIARIO BÁSICO - BANCOS DE DESCANSO



MOBILIARIO BÁSICO - PAPELERAS CON SELECCIÓN DE RESIDUOS



MOBILIARIO BÁSICO - BANCOS DE DESCANSO



MOBILIARIO BÁSICO - BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS





