



# UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

## TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Sistema de construcción modular basado en unidades móviles apilables.

Autor/es

SERGIO BRAVO FERNÁNDEZ

Director/es

JOSÉ ANTONIO GÓMEZ CRISTÓBAL

Facultad

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Titulación

Grado en Ingeniería Mecánica

Departamento

INGENIERÍA MECÁNICA

Curso académico

2020-21



***Sistema de construcción modular basado en unidades móviles apilables.***, de  
SERGIO BRAVO FERNÁNDEZ

(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative  
Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los  
titulares del copyright.

© El autor, 2021

© Universidad de La Rioja, 2021

[publicaciones.unirioja.es](http://publicaciones.unirioja.es)

E-mail: [publicaciones@unirioja.es](mailto:publicaciones@unirioja.es)

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**

**ÍNDICE GENERAL**

Sistema de construcción modular basado  
en unidades móviles apilables

Autor: Sergio Bravo Fernández

Tutor: José Antonio Gómez Cristóbal

Departamento de Ingeniería Mecánica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de La Rioja  
2020/2021



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

ÍNDICE DE MEMORIA

1. OBJETO .....	1
2. ALCANCE.....	2
3. ANTECEDENTES .....	2
4. NORMAS Y REFERENCIAS .....	2
4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas .....	2
4.2. Bibliografía .....	4
4.3. Métodos, técnicas y herramientas utilizadas.....	5
4.4. Otras referencias.....	5
5. DISEÑO 3D DEL MÓDULO PREFABRICADO.....	6
5.1. Introducción .....	6
5.2. Estructura del suelo.....	7
5.3. Pilares y tubos para pluviales.....	11
5.4. Paredes laterales y carpinterías .....	12
5.5. Estructura del techo .....	15
5.6. Modo de transporte .....	22
6. DISEÑO 3D DE LA PASARELA CON ESCALERA DE TRAMEX.....	24
6.1. Introducción .....	24
6.2. Modelo de pasarela con escalera.....	24

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. ESTUDIOS PREVIOS.....	2
ANEXO I.I. MÓDULOS PREFABRICADOS.....	2
ANEXO I.I.I. Introducción .....	2
ANEXO I.I.II. Transporte .....	2
ANEXO I.I.III. Estructura del suelo .....	4
ANEXO I.I.IV. Pilares .....	6
ANEXO I.I.V. Paredes laterales .....	7
ANEXO I.I.VI. Estructura del techo .....	9
ANEXO I.I.VII. Carpinterías .....	11
ANEXO I.I.VIII. Particiones interiores .....	12
ANEXO I.I.IX. Instalación eléctrica .....	13
ANEXO I.I.X. Fontanería y saneamiento.....	14
ANEXO I.I.XI. Instalación de climatización.....	15
ANEXO I.I.XII. Cimentación o apoyos .....	15
ANEXO I.I.XIII. Conjunto modular.....	17
ANEXO I.II. ACCIONES CONSIDERADAS.....	23
ANEXO I.II.I. Acciones permanentes .....	23
ANEXO I.II.II. Acciones variables.....	25
ANEXO II. CÁLCULOS.....	38
ANEXO II.I. CÁLCULO DE CORREA INFERIOR.....	38
ANEXO II.I.I. Introducción .....	38
ANEXO II.I.II. Reacciones y diagramas de esfuerzos mediante prontuario.....	39
ANEXO II.I.III. Reacciones y diagramas de esfuerzos mediante Cype 3D.....	41
ANEXO II.I.IV. Flecha máxima mediante método de Doble Integración .....	44
ANEXO II.I.V. Flecha máxima mediante Segundo Teorema de Mohr .....	45
ANEXO II.I.VI. Flecha máxima mediante método de Carga Unitaria.....	46
ANEXO II.I.VII. Comprobación de la viga a CTE .....	48
ANEXO II.II. DISEÑO Y ANÁLISIS CON CYPE 3D DE PASARELA CON ESCALERA .....	50
ANEXO II.II.I. Introducción.....	50
ANEXO II.II.II. Procedimiento de diseño y cálculo.....	53
ANEXO II.II.III. Representación y conclusiones.....	56
ANEXO II.III. ESTUDIO DE LA POSIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO .....	58
ANEXO II.III.I. Introducción.....	58
ANEXO II.III.II. Caso 1 – Módulos en uso .....	58

ANEXO II.III.III. Caso 2 – Módulos vacíos.....	62
ANEXO II.III.IV. Conclusiones.....	66
ANEXO II.IV. DISEÑO Y ANÁLISIS CON CYPE 3D DE MÓDULO PREFABRICADO.....	69
ANEXO II.IV.I. Introducción .....	69
ANEXO II.IV.II. Caso 1 – Módulo único .....	73
ANEXO II.IV.III. Caso 2 – Dos módulos apilados .....	82
ANEXO II.V. CÁLCULO DE UNIÓN ATORNILLADA INFERIOR.....	93
ANEXO II.V.I. Introducción .....	93
ANEXO II.V.II. Procedimiento de cálculo.....	93

### ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1. VIGA LONGITUDINAL SUELO .....	1
PLANO 2. VIGA TRANSVERSAL SUELO .....	2
PLANO 3. PIEZA ESQUINA SUELO .....	3
PLANO 4. CORREAS TRANSVERSALES SUELO .....	4
PLANO 5. PILAR .....	5
PLANO 6. TUBO PVC.....	6
PLANO 7. PIEZA ESQUINA TECHO.....	7
PLANO 8. VIGA LONGITUDINAL TECHO.....	8
PLANO 9. VIGA TRANSVERSAL TECHO.....	9
PLANO 10. CORREA LONGITUDINAL TECHO 1 .....	10
PLANO 11. CORREA LONGITUDINAL TECHO 2 .....	11
PLANO 12. CORREA TRANSVERSAL TECHO .....	12
PLANO 13. PANEL PUR FRONTAL 1 .....	13
PLANO 14. PANEL PUR SUPERIOR PUERTA .....	14
PLANO 15. PANEL PUR SUPERIOR VENTANA .....	15
PLANO 16. PANEL PUR INFERIOR VENTANA .....	16
PLANO 17. PANEL PUR LATERAL .....	17
PLANO 18. PANEL PUR POSTERIOR 1 .....	18
PLANO 19. PANEL PUR POSTERIOR 2 .....	19
PLANO 20. PANEL PUR POSTERIOR 3 .....	20
PLANO 21. PILAR SISTEMA KIT .....	21
PLANO 22. DISEÑO 3D MÓDULO PREFABRICADO .....	22
PLANO 23. DISEÑO 3D MÓDULO SISTEMA KIT .....	23
PLANO 24. DISEÑO 3D PASARELA CON ESCALERA.....	24

ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

CAPITULO 1. – DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO .....	1
Artículo 1.1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICONES TÉCNICAS PARTICULARES .....	1
Artículo 1.2. DOCUMENTOS DEL PROYECTO.....	1
Artículo 1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....	2
Artículo 1.4. PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PLAZOS .....	2
CAPITULO 2. – CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS MATERIALES .....	2
Artículo 2.1. CONDICIONES GENERALES .....	2
Artículo 2.2. CONTROL DE MATERIALES.....	3
Artículo 2.3. ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES .....	3
Artículo 2.4. ACOPIO DE MATERIALES.....	3
Artículo 2.5. RECEPCIÓN DE MATERIALES.....	4
Artículo 2.6. MATERIALES NO ESPECIFICADOS .....	4
Artículo 2.7. ACEROS .....	5
Artículo 2.8. TUBOS DE PVC .....	6
Artículo 2.9. AISLANTE TÉRMICO FACHADA.....	7
Artículo 2.10. AISLANTE TÉRMICO SUELO .....	8
Artículo 2.11. AISLANTE TÉRMICO TECHO .....	8
Artículo 2.12. MATERIAL ELÉCTRICO.....	9
Artículo 2.13. PINTURA .....	9
Artículo 2.14. HERRAMIENTAS .....	9
CAPITULO 3. – EJECUCIÓN Y CONTROL DE LAS INSTALACIONES .....	9
Artículo 3.1. CONDICIONES GENERALES .....	9
Artículo 3.1.1. Ejecución de las instalaciones.....	9
Artículo 3.1.2. Servidumbres y servicios afectados.....	10
Artículo 3.1.3. Evitar contaminaciones .....	10
Artículo 3.1.4. Limpieza del entorno .....	11
Artículo 3.1.5. Coordinación con otras obras.....	11
Artículo 3.1.6. Pruebas mínimas para la recepción.....	11
Artículo 3.2. CONTROL DE EJECUCIÓN .....	11
Artículo 3.3. PRUEBAS .....	12

## ÍNDICE DE MEDICIONES

CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO .....	1
CAPÍTULO 2. AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO.....	2
CAPÍTULO 3. CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO.....	4
CAPÍTULO 4. EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO .....	5
CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA .....	6
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN.....	7

## ÍNDICE DE PRESUPUESTO

CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE MATERIALES.....	1
CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE MAQUINARIA .....	4
CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA.....	5
CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE UNIDADES DE OBRA TOTALES.....	6
CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO .....	6
CAPÍTULO 2. AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO.....	7
CAPÍTULO 3. CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO.....	9
CAPÍTULO 4. EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO .....	10
CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA .....	11
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN.....	12
CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE UNIDADES DE OBRA DESCOMPUESTOS.....	13
CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO .....	13
CAPÍTULO 2. AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO.....	14
CAPÍTULO 3. CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO .....	16
CAPÍTULO 4. EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO .....	17
CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA .....	18
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN.....	19
PRESUPUESTOS PARCIALES.....	20
CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO .....	20
CAPÍTULO 2. AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO.....	21
CAPÍTULO 3. CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO .....	22
CAPÍTULO 4. EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO .....	23
CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA .....	24
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN.....	25
RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	26

Logroño, a 22 de junio de 2021

Autor del presente documento:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'S' followed by a long, sweeping horizontal stroke that extends to the right.

---

Sergio Bravo Fernández

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**

**MEMORIA**

Sistema de construcción modular basado  
en unidades móviles apilables

Autor: Sergio Bravo Fernández

Tutor: José Antonio Gómez Cristóbal

Departamento de Ingeniería Mecánica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de La Rioja  
2020/2021



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

### AGRADECIMIENTOS

Por ti, abuelo,

Nos has dejado en el último tramo de estos duros y largos cuatro años de carrera. Desgraciadamente, no podré celebrar contigo que he conseguido el objetivo.

Me he prometido a mí mismo que estarías orgulloso de mí. Y, afortunadamente, este es el primer paso para conseguirlo. Sé, que allá donde estés, sentirás la misma alegría y satisfacción que yo, y que ofrecerás de nuevo la sonrisa que tanto te caracterizaba.

Por otra parte, agradecer a mi familia todo el apoyo que me ha brindado en todo este periodo. Sólo vosotros sabéis lo mucho que me ha costado y lo mucho que he sufrido para llegar a este punto.

Sois las personas que me habéis dado las suficientes fuerzas como para no rendirme y sacar adelante todos los momentos difíciles.

Finalmente, agradecer a mi tutor José Antonio por su profesionalidad y por toda la ayuda que me ha brindado, para poder sacar este Proyecto adelante. Y a mis compañeros, en especial a Javier Extremiana, porque sin ellos todo hubiese sido más difícil.

**Muchas gracias.**

## ÍNDICE DE MEMORIA

1.	OBJETO .....	1
2.	ALCANCE.....	2
3.	ANTECEDENTES .....	2
4.	NORMAS Y REFERENCIAS .....	2
4.1.	Disposiciones legales y normas aplicadas .....	2
4.2.	Bibliografía .....	4
4.3.	Métodos, técnicas y herramientas utilizadas.....	5
4.4.	Otras referencias.....	5
5.	DISEÑO 3D DEL MÓDULO PREFABRICADO.....	6
5.1.	Introducción .....	6
5.2.	Estructura del suelo.....	7
5.3.	Pilares y tubos para pluviales .....	11
5.4.	Paredes laterales y carpinterías .....	12
5.5.	Estructura del techo .....	15
5.6.	Modo de transporte .....	22
6.	DISEÑO 3D DE LA PASARELA CON ESCALERA DE TRAMEX.....	24
6.1.	Introducción .....	24
6.2.	Modelo de pasarela con escalera.....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1. Diseño módulo prefabricado final.....	6
Figura 5.2. Detalles de las vigas longitudinales del suelo .....	7
Figura 5.3. Detalle de las pestañas en las vigas longitudinales del suelo .....	7
Figura 5.4. Detalle de las vigas transversales del suelo .....	8
Figura 5.5. Detalles de las piezas esquina del suelo.....	8
Figura 5.6. Detalle de unión atornillada.....	9
Figura 5.7. Ensamblaje Suelo 1.....	9
Figura 5.8. Ensamblaje Suelo 2.....	9
Figura 5.9. Distribución de tableros del suelo.....	10
Figura 5.10. Ensamblaje Suelo 3.....	10
Figura 5.11. Detalle del pilar .....	11
Figura 5.12. Detalle del pilar con el tubo de PVC.....	11
Figura 5.13. Ensamblaje Pilares y Tubos de PVC.....	12
Figura 5.14. Diseño carpinterías exteriores (ventana y puerta).....	13
Figura 5.15. Ensamblaje Cara Frontal.....	13
Figura 5.16. Ensamblaje Caras Laterales.....	14
Figura 5.17. Ensamblaje Cara Posterior .....	14
Figura 5.18. Ensamblaje Carpinterías Exteriores .....	15
Figura 5.19. Detalles de las vigas longitudinales del techo .....	16
Figura 5.20. Detalle del canalón para pluviales.....	16
Figura 5.21. Detalle Vigas Transversales Techo .....	17
Figura 5.22. Detalles de la pieza esquina del techo .....	17
Figura 5.23. Ensamblaje Techo 1.....	18
Figura 5.24. Detalle pestañas en C.....	18
Figura 5.25. Ensamblaje Techo 2.....	19
Figura 5.26. Ensamblaje Techo 3.....	19
Figura 5.27. Detalle unión de correas .....	19
Figura 5.28. Detalle apoyo de correas longitudinales.....	20
Figura 5.29. Distribución lamas metálicas techo .....	20
Figura 5.30. Ensamblaje Techo 4.....	21
Figura 5.31. Ensamblaje Techo 5.....	21
Figura 5.32. Diseño Final del Módulo Prefabricado .....	21
Figura 5.33. Detalle Pilares Sistema KIT .....	22
Figura 5.34. Ensamblaje KIT 1 .....	22
Figura 5.35. Ensamblaje KIT 2 .....	23
Figura 5.36. Ensamblaje KIT 3 .....	23
Figura 6.1. Diseño 3D de la pasarela con escalera de tramex (1) .....	24
Figura 6.2. Diseño 3D de la pasarela con escalera de tramex (2) .....	25
Figura 6.3. Conjunto de dos unidades móviles con pasarela y escalera .....	25

## 1. OBJETO

El presente documento constituye el Trabajo de Fin de Grado [TFG] del Proyecto correspondiente al diseño de un "Sistema de construcción modular basado en unidades móviles apilables".

El principal objetivo de la elaboración del presente Proyecto es proporcionar la información necesaria para el diseño y desarrollo de una de las unidades modulares. Así como, la determinación de las diferentes acciones a las que se verá sometido, para un posterior cálculo y análisis mediante CYPE 3D.

Con esto, se pretende proyectar un sistema modular de construcción basado en el ensamblaje de varias unidades o contenedores móviles, que puedan apilarse para formar estructuras en altura. Se planteará el diseño de tal manera que, permitan proyectar estructuras configurables y transportables que respondan en cada momento a las necesidades del cliente y que integren todos los servicios necesarios.

Este Proyecto, por tanto, tiene los siguientes objetivos:

- Llevar a cabo una búsqueda detallada de información acerca de las unidades móviles; tanto sobre los materiales a utilizar, como los procedimientos de transporte y montaje, características de las piezas, etc.
- Identificar y valorar las principales características que diferencian unos módulos de otros; a fin de poder desarrollar posteriormente un nuevo modelo.
- Diseño 3D de una unidad móvil desde cero, atendiendo a la información obtenida anteriormente. Tratando de describir con suficiente nivel de detalle el diseño objeto de este Proyecto y de todas las consideraciones que se han tomado.
- Diseño 3D de una pasarela con escalera de tramex con barandilla; atendiendo a la normativa vigente. Y su posterior análisis mediante CYPE 3D. A fin de comprobar su correcto funcionamiento ante diversas sollicitaciones.
- Determinar las acciones a las que se verá sometido el módulo diseñado en una situación real, tanto para el caso de un módulo único, como para dos módulos apilados. Para ello, se atenderá a la normativa en cuestión.
- Realizar un análisis mediante CYPE 3D del comportamiento de la estructura metálica del módulo ante dichas acciones. Tanto para el caso de un módulo único, como para dos módulos apilados.
- Realizar una serie de cálculos adicionales: como el análisis de una de las correas transversales inferiores, una unión atornillada y el estudio de que, a la hora de apilar dos módulos, puedan deslizarse; y sea necesario emplear algún elemento que lo impida.

## 2. ALCANCE

A lo largo de este TFG se tratará de manera detallada el diseño de un módulo prefabricado o unidad móvil, desde cero. El diseño se llevará a cabo sin tener en cuenta el tema económico. Es decir, sin la necesidad de obtener un modelo más económico que los existentes en la actualidad.

Ante esto, se tratará de obtener un modelo aceptable que no sobrepase en gran medida el presupuesto de módulos actuales.

No se tratará en profundidad la existencia de posibles elementos de sujeción y de las instalaciones necesarias en el módulo; como, por ejemplo, la instalación eléctrica, instalación de saneamiento, instalación de climatización, ...

Tanto los documentos de "Mediciones" y "Presupuesto" como el "Pliego de condiciones", se han desarrollado planteando la instalación de dos módulos apilados junto con la pasarela y escalera de tramex (teniendo en cuenta también la maquinaria necesaria para su colocación).

## 3. ANTECEDENTES

Con fecha 16/11/2020 fue remitido un escrito, por parte de la Universidad de La Rioja, acordando el compromiso entre el tutor José Antonio Gómez Cristóbal, profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica, y el alumno Sergio Bravo Fernández, para la realización y tutela del correspondiente Trabajo de Fin de Grado.

El presente documento representa y ejecuta el mencionado Proyecto o Trabajo de Fin de Grado.

## 4. NORMAS Y REFERENCIAS

### 4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

A lo largo del desarrollo del presente TFG, se ha hecho uso de determinada normativa vigente. A continuación, se detallan las normas y documentos consultados en el presente proyecto:

- Código Técnico de la Edificación (CTE): el Código Técnico de la Edificación establece las exigencias que se deben cumplir en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad. Se debe garantizar la seguridad de las personas, el bienestar y la protección del medio ambiente.
  - CTE-DB-SE-AE (Documento Básico. Seguridad Estructural. Acciones en la edificación).
  - CTE-DB-SE-A (Documento Básico. Seguridad Estructural. Acero).
  - CTE-DB-SUA-1 (Documento Básico. Seguridad de utilización y accesibilidad. Seguridad frente al riesgo de caídas).

- Norma UNE-EN 13501-1 de 2019: clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Normativa respecto a ensayos:
  - UNE-EN ISO 6892-1:2020: Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente.
  - UNE-EN ISO 1461:2010: Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.
  - UNE-EN ISO 14713-2:2020: Recubrimientos de cinc. Directrices y recomendaciones para la protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Parte 2: Galvanización en caliente.
  - UNE-EN 1090-2:2019: Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para las estructuras de acero.
  - UNE-EN ISO 14122-3: Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanentes a máquinas. Parte 3: Escaleras, escalas de escalones y guardacuerpos.
  - UNE-53111/12: para tuberías de PVC.

## 4.2. Bibliografía

- ALGECO. (2021). *Cimentación transportable en Módulos Prefabricados | Algeco*.  
<https://www.algeco.es/servicios-360/implantacion-en-el-sitio/cimentacion>
- ARCHISPACE. (2020). *The whole installation process of China prefab Flat-pack container house in 6 minutes*. <https://www.youtube.com/watch?v=perXu5873v4>
- BALAT. (2015). *Transporte de módulos prefabricados*. <http://blog.balat.com/balat-transporte-de-modulos-prefabricados/>
- BUDYNAS, RICHARD G. NISBETT, K. J. (2014). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. Igarss 2014, 1, 1–5*.
- CONTAINEX. (2015). *Assembly of Modular Buildings*.  
<https://www.youtube.com/watch?v=YHIQhk3bu3g>
- JJC Houses. (2019). *Detachable flat pack container house Installation Notes*.  
<https://www.youtube.com/watch?v=y6Sb0K6R3BY>
- K-HOME. (2019). *¿How to build a container house?*  
<https://www.youtube.com/watch?v=PcYp66q3x9E>
- KARMOD. (2021a). *Construcción Modular | Edificios Modulares*.  
<https://karmod.com/es/productos/construcción-modular>
- KARMOD. (2021b). *Contenedor Alojamiento | Container Hotels Diseños*.  
<https://karmod.com/es/productos/alojamiento-contenedor>
- KARMOD. (2021c). *Modulos Prefabricados En Kit | Módulo Prefabricado*.  
<https://karmod.com/es/productos/modulos-prefabricados-en-kit>
- MDEC. (2018). *MDF y Aglomerado, ¿en qué se diferencian? - Emedec*.  
<https://www.emedec.com/mdf-aglomerado-en-que-se-diferencian/>
- PANELAIS. (2021a). *Panel Cubierta PUR/PIR 3 Grecas | Panelais*.  
<https://panelais.com/producto/panel-cubierta-pur-pir-3-grecas/>
- PANELAIS. (2021b). *Panel Fachada/Divisiones PUR/PIR Fijación Vista | Panelais*.  
<https://panelais.com/producto/panel-fachada-divisiones-pur-pir-fijacion-vista/>
- PREFABRI, E. (2021a). *Módulos en kit. Construcciones prefabricadas modulares desmontables*.  
<https://www.europa-prefabri.com/portfolio-item/modulos-en-kit/#toggle-id-2>
- PREFABRI, E. (2021b). *Módulos prefabricados y casetas de obra*. <https://www.europa-prefabri.com/portfolio-item/modulos-prefabricados/>
- RELESA. (2021). *TABLAS DE CARGAS*.
- SPANS. (2021). *Paneles interiores – SPANS*. <https://www.spans.es/paneles-interiores/>
- YUVAM. (2020). *240x600cm Yuvam Sandwich Panel Flat Pack Demountable Container*.  
<https://www.youtube.com/watch?v=CVOTFvKPUFU>

### 4.3. Métodos, técnicas y herramientas utilizadas

A lo largo de la realización de este proyecto se ha precisado el uso de distintos programas o softwares; ya sea para el diseño 3D del módulo prefabricado, como para el cálculo de estructuras u otras actividades.

A continuación, se enumeran y especifican los softwares utilizados:

- SOLIDWORKS 2019: se trata de un software de diseño CAD 3D (Diseño Asistido por Computadora) para modelizar piezas y ensamblajes 3D y planos en 2D. Este software ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. Utilizado también a la hora de desarrollar planos.
- CYPE 3D: se trata de un ágil y eficaz programa, pensado para realizar el cálculo de estructuras en tres dimensiones de barras de hormigón, acero, mixtas de hormigón y acero, de aluminio, de madera, o de cualquier material, incluido el dimensionamiento de uniones y de cimentación.
- GENERADOR DE PRECIOS DE CYPE: se trata de una herramienta que incluye precios descompuestos, información comercial sobre productos de fabricantes y las correspondientes instrucciones de uso y mantenimiento.
- AUTOCAD: se trata de un software de diseño asistido por ordenador, utilizado para dibujo 2D y modelado 3D.
- PRESTO: se trata de una programa integrado de gestión del coste y del tiempo orientado a BIM para edificación y obra civil que comprende las diferentes necesidades de todos los agentes que intervienen en todas las fases. Utilizado para desarrollar los documentos de Mediciones y Presupuesto.
- MENDELEY: se trata de un gestor de referencias bibliográficas, un lector de PDF, un sistema para almacenar y organizar documentos, un buscador de información científica y una red social académica en la que compartir citas bibliográficas y publicaciones. Permite referenciar conforme a la norma APA.

### 4.4. Otras referencias

Además, se ha hecho uso de los siguientes documentos:

- Prontuario Básico de Estructuras Simples.
- Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (Richard G. Budynas y J.Keith Nisbett).
- Ingeniería gráfica y diseño (Jesús Félez y M<sup>a</sup> Luisa Martínez).

## 5. DISEÑO 3D DEL MÓDULO PREFABRICADO

### 5.1. Introducción

A continuación, atendiendo conjuntamente al ANEXO I.I., se presentan las diferentes características y peculiaridades que se han tenido en cuenta a la hora de realizar el diseño final del módulo prefabricado. Inicialmente, es necesario determinar las dimensiones del módulo. Cabe destacar que, hoy en día, existe gran diversidad de módulos diferentes en cuanto a su uso o funcionalidad y sus dimensiones; ya sea desde cabinas o quioscos de pequeñas dimensiones hasta módulos contenedor de grandes dimensiones para comedores, habitaciones, etc.

Por tanto, dado el hecho de que el principal objetivo de este proyecto consiste en diseñar un módulo prefabricado orientado a vivienda y fácil de transportar, se ha establecido una dimensiones de 6 metros de largo, 2'5 metros de ancho y 2'5 metros de alto.

Aumentando la anchura del módulo, se hubiese incrementado los costes de transporte debido a la necesidad de utilizar un transporte más sofisticado debido a las restricciones en cuanto a la anchura máxima en camiones.

Se consideran unas dimensiones adecuadas y típicas de módulos prefabricados estándar, ya que ofrecen una gran facilidad para ser transportados y colocados. E incluso, con este tipo de módulos, se podría plantear la instalación de un conjunto modular mediante la unión de varios ofreciendo una gran versatilidad a la hora de distribuir las estancias y permitiendo aumentar el espacio disponible para cada una de ellas.

En este caso, el diseño se ha llevado a cabo mediante el software SOLIDWORKS 2019, ya que permite diseñar cada una de las piezas del modelo y, por otra parte, permite realizar todos los ensamblajes necesarios para obtener el módulo en cuestión. Tal como se observa en la Figura 5.1. Diseño módulo prefabricado final.

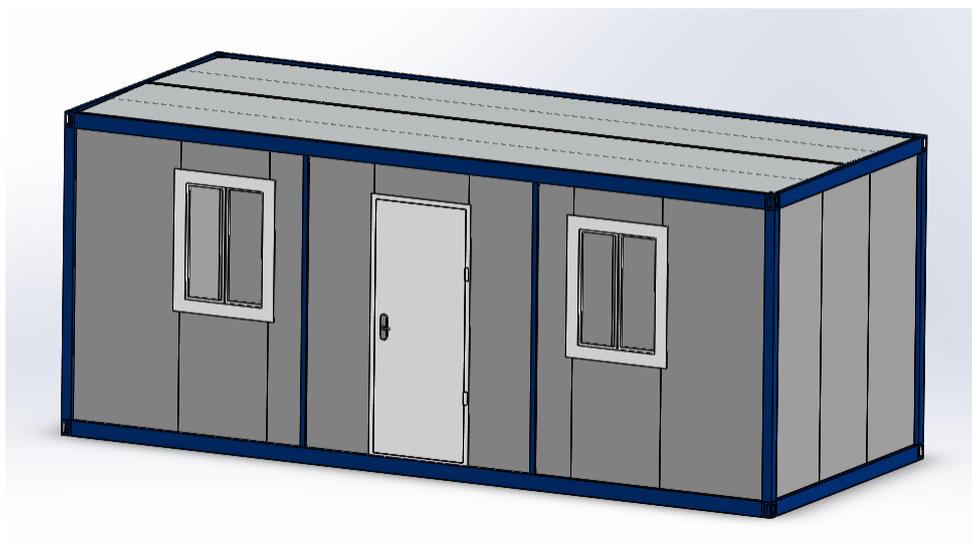


Figura 5.1. Diseño módulo prefabricado final

## 5.2. Estructura del suelo

Atendiendo al ANEXO I.I. en su apartado correspondiente a la estructura del suelo, se puede destacar que el módulo prefabricado cuenta con dos vigas longitudinales de acero galvanizado S275 conformado en frío, y otras dos vigas transversales con las mismas características. Se tratan de vigas de sección irregular y de 2 milímetros de espesor y acabado con imprimación antioxidante y de color azul.

Respecto a las vigas longitudinales, se trata de dos piezas de 5840 mm de longitud, 80 mm de anchura (sin contar apoyos soldados), y 120 mm de altura. Cabe destacar que irían atornilladas en sus extremos a las piezas esquina mediante dos roscas métricas ISO DIN 13 (M 12) con tuerca y arandela.

La sección de estas vigas cuenta con un carril superior de 40 milímetros de hueco actuando como riel, necesario para poder colocar los paneles sándwich PUR de manera adecuada y sin necesidad de ser atornillados. También cuenta con 11 apoyos soldados con una separación de medio metro entre ellos y de sección rectangular hueca (dimensiones 56 x 36 x 2 mm); estos servirán como apoyo de las correas transversales y contarán con agujeros de M10 en los extremos para poder atornillar las correas e impedir el giro de estas en cualquier dirección. A continuación, se muestran detalles de las vigas longitudinales:

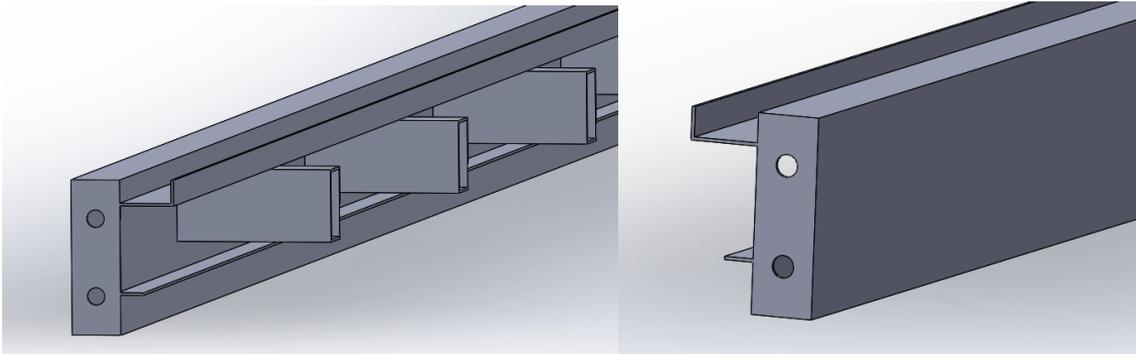


Figura 5.2. Detalles de las vigas longitudinales del suelo

Por último, cabe destacar que cuentan con dos pestañas cuadradas (dimensiones 40 x 40 x 5 mm) separadas 1,94 metros, que permitirán fijar o atornillar dos perfiles rectangulares huecos en sus extremos. Posteriormente se realiza un comentario acerca de estas barras.

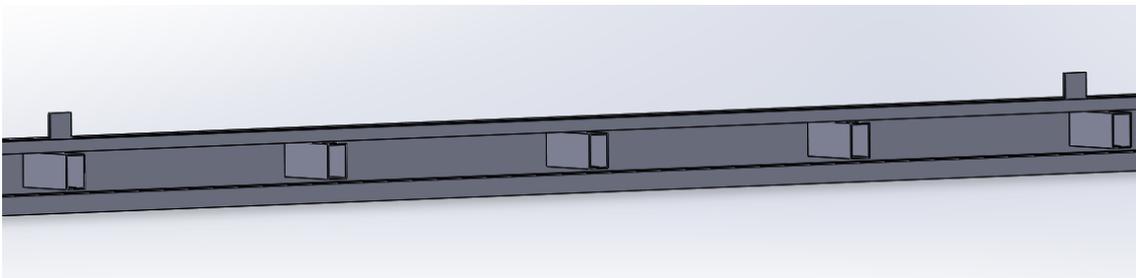


Figura 5.3. Detalle de las pestañas en las vigas longitudinales del suelo

Las vigas transversales se han diseñado de manera similar que las longitudinales; ya que su sección también debe contar con el carril o riel de 40 milímetros de hueco, necesario para poder colocar los paneles sándwich PUR de las caras laterales sin necesidad de atornillarlos.

También cuenta con 4 apoyos soldados con una separación de medio metro entre ellos y de sección rectangular hueca (dimensiones 60 x 40 x 2 mm); sin embargo, a diferencia de las vigas longitudinales, estos apoyos tienen una función diferente. En lugar de servir como apoyo de las correas, se han diseñado de tal manera que la cara superior de estos esté nivelada con la cara superior de las correas; permitiendo así poder colocar los tableros del suelo de manera correcta y nivelada.

En este caso, las dimensiones de estas vigas son las siguientes: 2340 mm de longitud, 80 mm de anchura (sin tener en cuenta los apoyos) y 120 mm de altura.

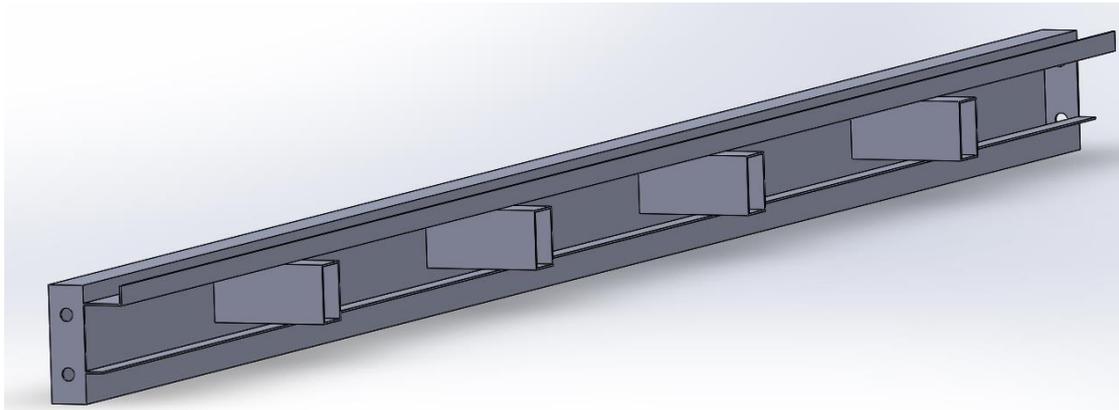


Figura 5.4. Detalle de las vigas transversales del suelo

Como se ha comentado anteriormente, tanto las vigas longitudinales como las transversales, irán atornilladas a 4 piezas esquina. Son piezas de 80 mm de longitud, 80 mm de anchura y 120 mm de altura. Esta pieza cuenta, en la zona superior, con 3 agujeros M12 para las roscas métricas ISO DIN 13 (M 12) necesarias para poder atornillar los pilares; es decir, en este caso, los pilares irán atornillados por dentro y no por fuera; posibilidad que se estudió en el ANEXO I.I. en su apartado correspondiente a pilares.

Además, cabe destacar que cuenta con un agujero cuadrado superior, diseñado para poder encajar correctamente los tubos cuadrados de PVC para evacuación de aguas pluviales. También cuenta con dos secciones abiertas de 80 x 50 mm en las caras de la pieza que dan hacia el exterior. Estos agujeros permitirán poder atornillar de manera sencilla los pilares e, incluso, poder utilizar elementos de sujeción en caso de ser necesario a la hora de instalar un conjunto modular. Finalmente, se le dará un acabado con imprimación antioxidante y color azul.

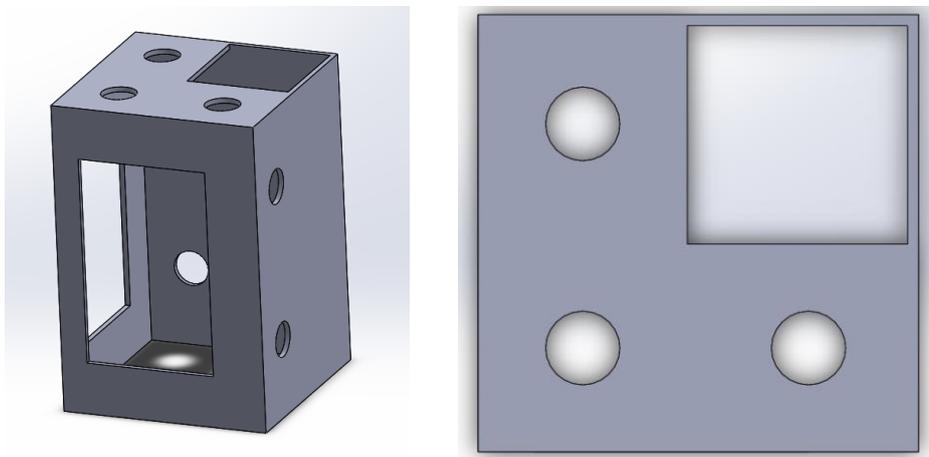


Figura 5.5. Detalles de las piezas esquina del suelo

A continuación, en la Figura 5.6. Detalle de unión atornillada, se muestra un detalle de cómo quedaría la unión de las tres piezas; dando forma a la estructura del bastidor del suelo.

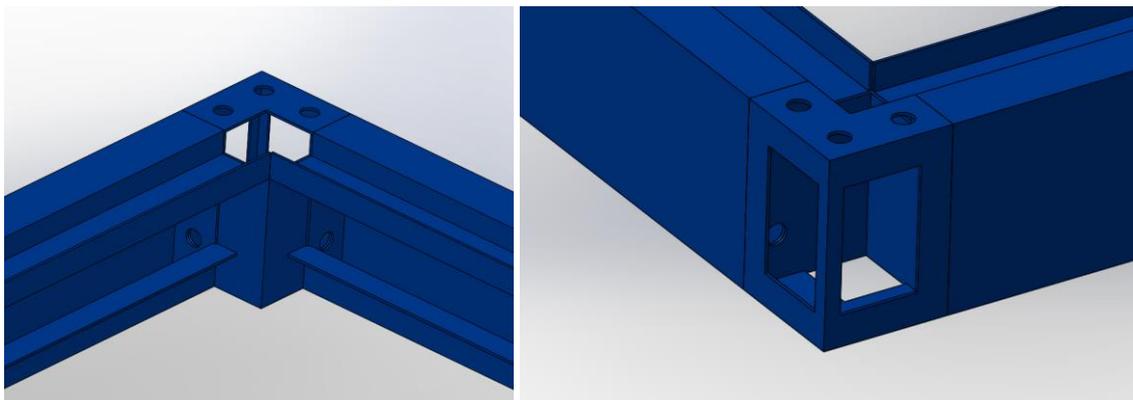


Figura 5.6. Detalle de unión atornillada

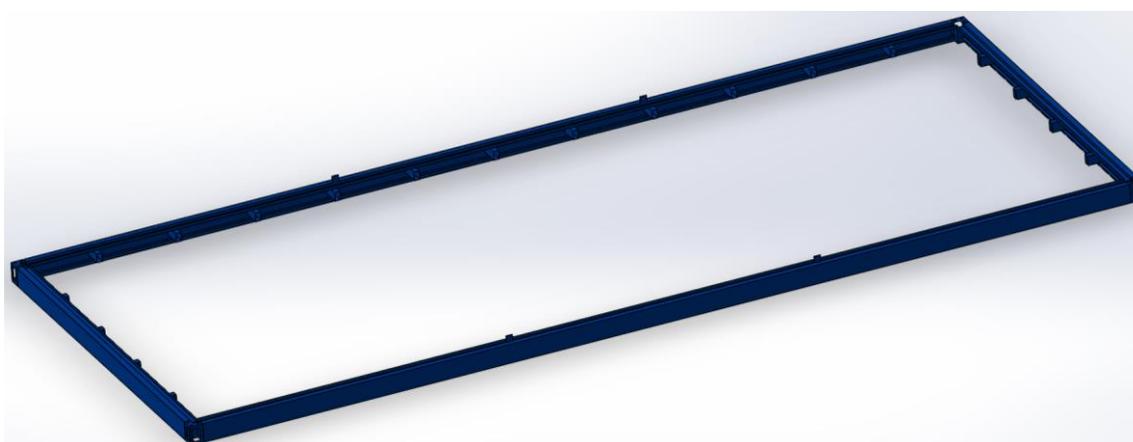


Figura 5.7. Ensamblaje Suelo 1

Atendiendo a la Figura 5.7. Ensamblaje Suelo 1, únicamente quedaría añadir las 11 correas de acero galvanizado encargadas de soportar los tableros escogidos para el suelo. Se tratan de correas de acero de perfil rectangular hueco de dimensiones: 60 mm de altura, 40 mm de anchura, 2 mm de espesor y 2496 mm de longitud. Además, como se ha comentado anteriormente, contarán con un agujero M10 en los extremos para poder atornillarlas a los apoyos.



Figura 5.8. Ensamblaje Suelo 2

Finalmente, quedaría escoger el tipo de material a emplear para el suelo. En este caso, se decidió utilizar varios tableros de aglomerado hidrófugo de 19 milímetros de espesor con revestimiento vinílico de PVC de 2 milímetros de espesor de color marrón.

Se han utilizado tableros de la siguientes dimensiones: dos tableros de 2340 x 420 x 19 mm en los extremos, de tal manera que queden apoyados en los soportes de las vigas transversales y en la primera de las correas; y cinco tableros de 2340 x 1000 x 19 mm, de tal manera que, cada tablero quede apoyado en 3 de las correas intermedias.

Gracias al diseño de los apoyos en ambas vigas, los tableros quedarán perfectamente alineados y se podrán atornillar a estos mediante tornillos autorroscantes.

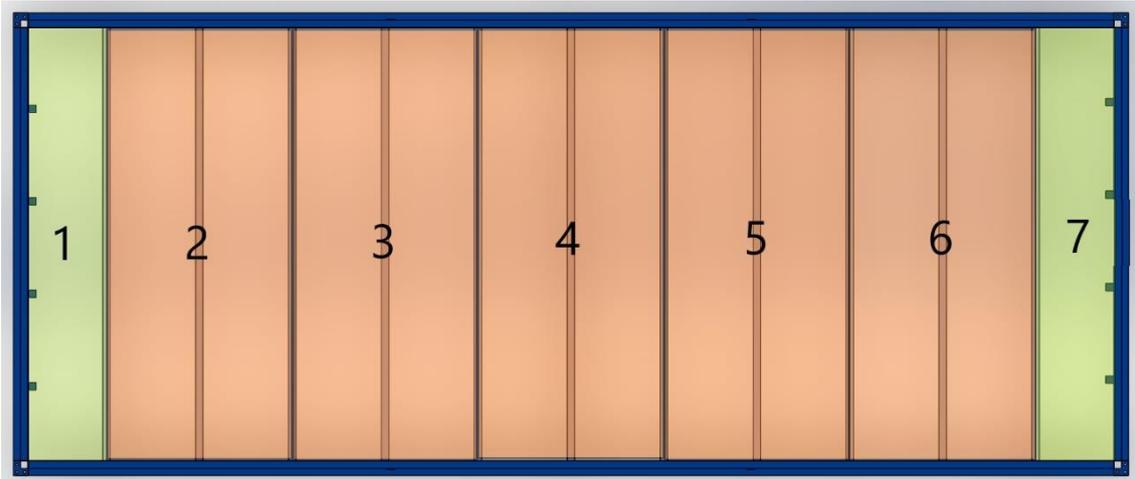


Figura 5.9. Distribución de tableros del suelo



Figura 5.10. Ensamblaje Suelo 3

### 5.3. Pilares y tubos para pluviales

El módulo prefabricado contará con 4 pilares de sección en L de acero galvanizado S275 conformado en frío, de las siguientes dimensiones: 2260 x 80 x 80 mm y 3 mm de espesor. Dichos pilares se atornillan a la base y cubierta mediante 3 roscas métricas ISO DIN 13 (M12). Como se ha comentado anteriormente, las piezas esquina cuentan con dos secciones abiertas para facilitar el ser atornilladas.

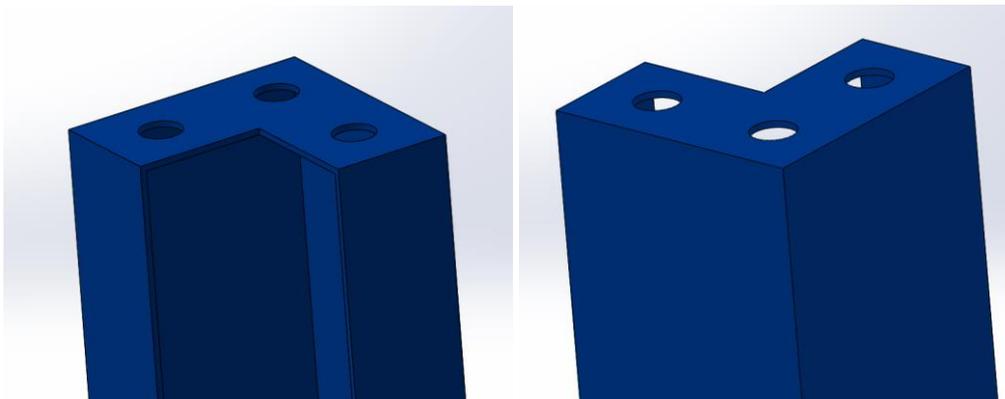


Figura 5.11. Detalle del pilar

Por el interior del pilar se fija la bajante de aguas pluviales de cubierta mediante tubos de PVC. En este caso, se decidió utilizar, por cuestión de facilidad a la hora de montaje, tubos cuadrados de sección 40 x 40 x 2 mm y 2264 mm de longitud.

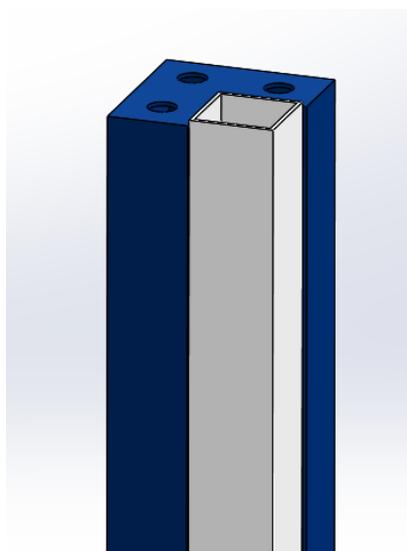


Figura 5.12. Detalle del pilar con el tubo de PVC

Atendiendo a la información proporcionada en el ANEXO I.I. en su apartado correspondiente a pilares, existe la posibilidad forrar el interior de los pilares con una capa de lana de roca para aislar mejor el sistema de evacuación de aguas. E incluso, se puede utilizar cinta a prueba de agua o silicona en los extremos para fijarlos y evitar la infiltración de agua al interior.

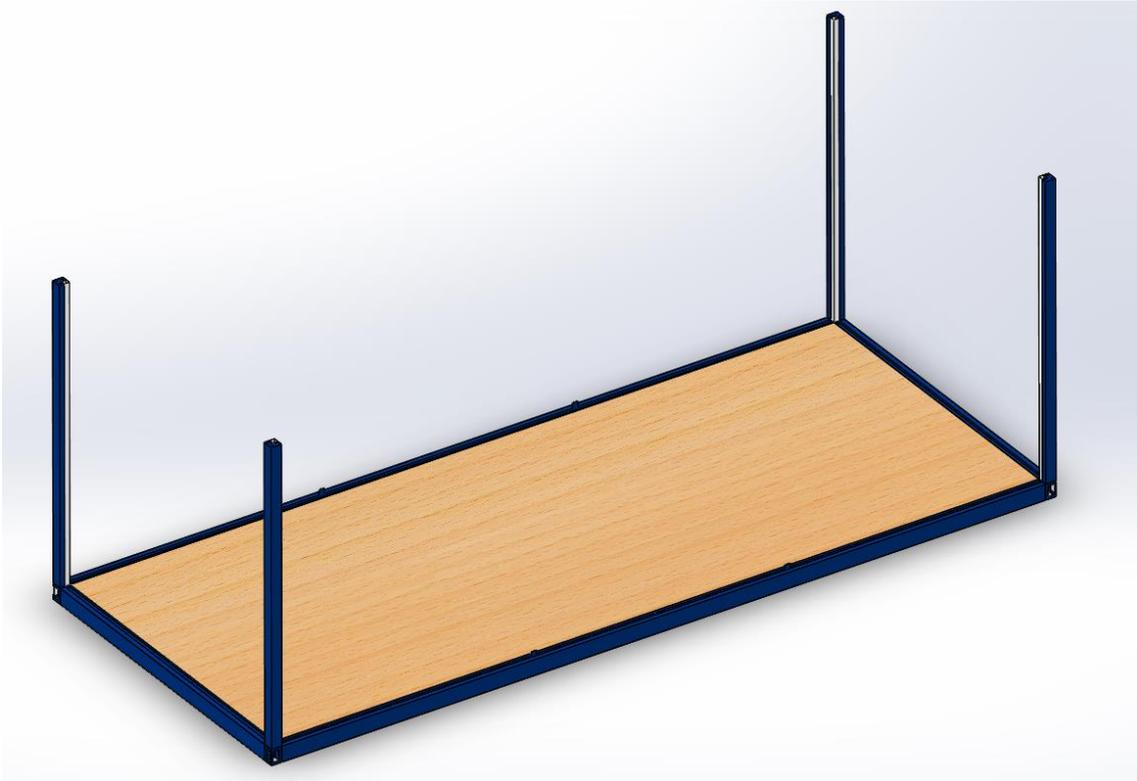


Figura 5.13. Ensamblaje Pilares y Tubos de PVC

#### 5.4. Paredes laterales y carpinterías

El siguiente paso consiste en determinar cuál va a ser el material aislante de las fachadas. En este caso, se han seleccionado paneles sándwich termoacústicos AIS PRT. Caracterizados por su junta simétrica y por estar compuestos por dos chapas de acero prelacado sobre base galvanizada; una exterior personalizable en terminación, colores y perfilados y una interior con o sin micro nervadura, que están adheridas en un proceso de fabricación continua a un núcleo duro de espuma de **poliuretano (PUR)** de densidad media  $40 \text{ kg/m}^3$ , con sistema de fijación vista mediante machihembrado; permitiendo una unión rápida, estanca y estética entre varias placas.

A la hora de determinar las dimensiones de estos paneles se deberá tener en cuenta tanto las dimensiones del módulo como de las carpinterías exteriores que se deseen colocar. En función del número de ventanas, puertas, etc, serán podrán plantear unas dimensiones u otras. En este caso, el módulo cuenta con:

- Dos ventanas con perfilaría de PVC blanco. Se tratan de ventanas correderas de dos hojas, con vidrio de 4 milímetros, con montaje de marco y contramarco. En los documentos correspondientes a “Presupuesto” y “Mediciones” se puede encontrar una descripción más detallada.  
Dimensiones: **750 x 1000 mm.**
- Puertas de acceso metálica con marcos de aluminio termolacado en polvo, y hoja de acero con aislamiento intermedio de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media  $40 \text{ kg/m}^3$ . Acabado en color blanco RAL 9010, cerradura especial con un punto de cierre, premarco y tapajuntas.  
Dimensiones: **800 x 2000 mm.**

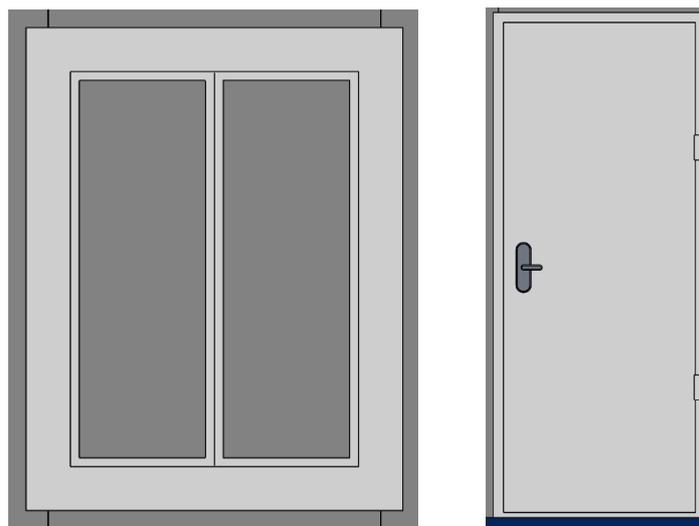


Figura 5.14. Diseño carpinterías exteriores (ventana y puerta)

En este diseño, tanto las dos ventanas como la puerta irán situadas en la fachada frontal o principal. Por tanto, se detalla a continuación el número de paneles necesarios y sus dimensiones en función de la cara del módulo a analizar:

**CARA FRONTAL O FACHADA PRINCIPAL:**

- 4 paneles PUR: 885 x 2296 x 40 mm.
- 1 panel PUR: 800 x 296 x 40 mm (panel superior de la puerta).
- 2 paneles PUR: 750 x 296 x 40 mm (paneles superiores de las ventanas).
- 2 paneles PUR: 750 x 1000 x 40 mm (paneles inferiores de las ventanas).

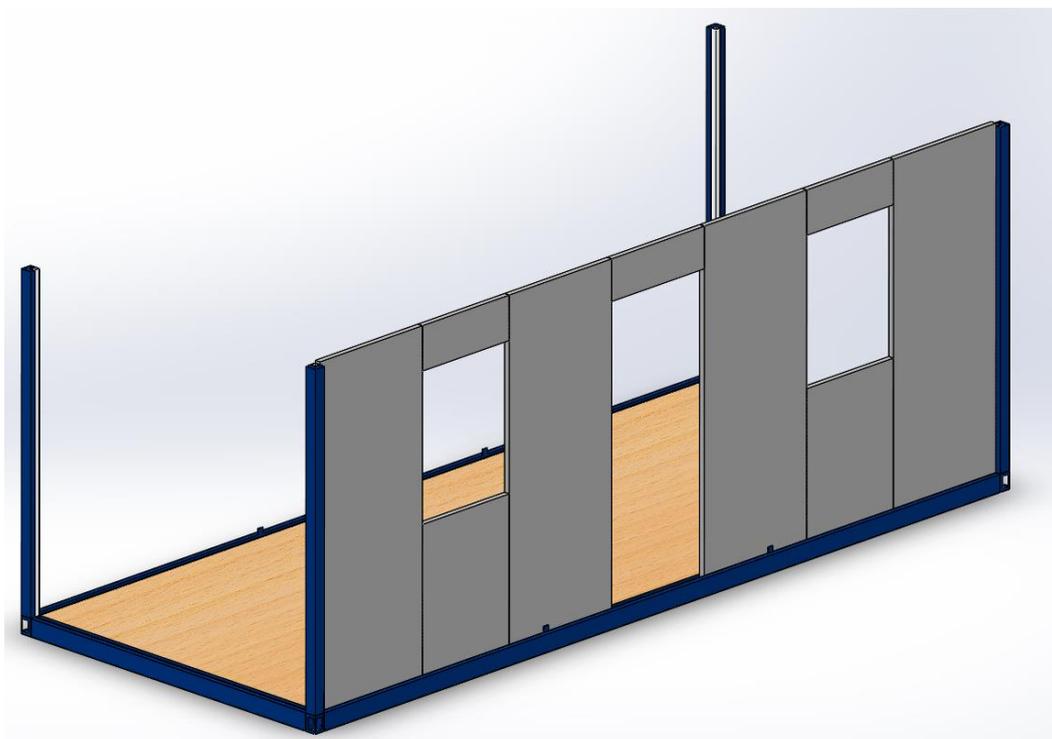


Figura 5.15. Ensamblaje Cara Frontal

**CARAS LATERALES:**

- 6 paneles PUR: 780 x 2296 x 40 mm.

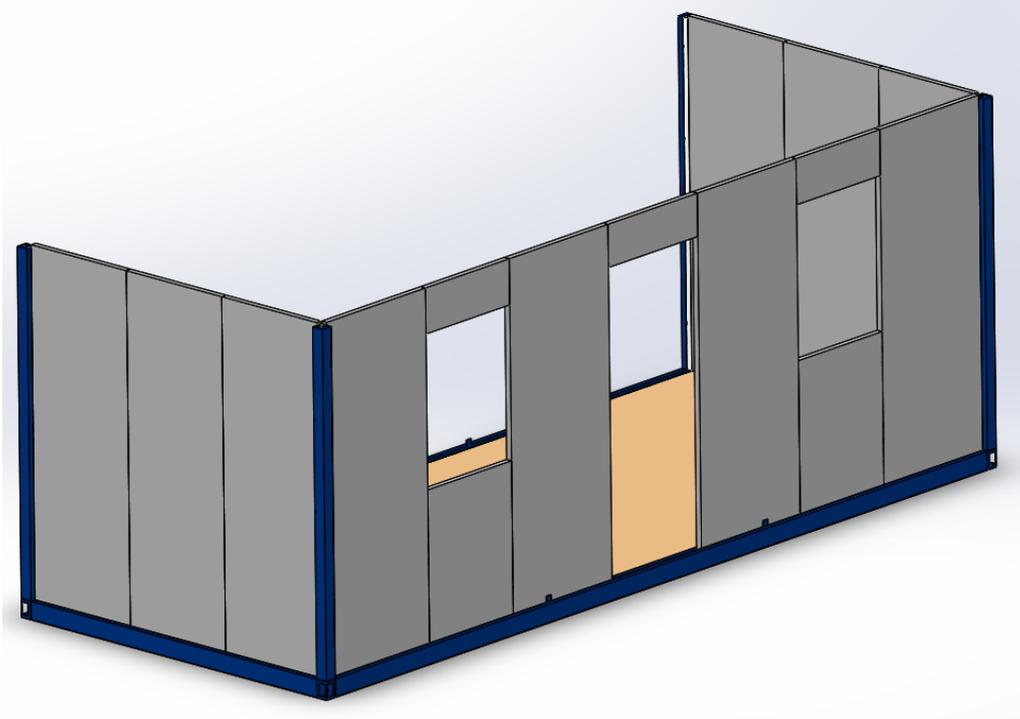


Figura 5.16. Ensamblaje Caras Laterales

**CARA POSTERIOR:**

- 4 paneles PUR: 885 x 2296 x 40 mm.
- 1 panel PUR: 800 x 2296 x 40 mm.
- 2 paneles PUR: 750 x 2296 x 40 mm.

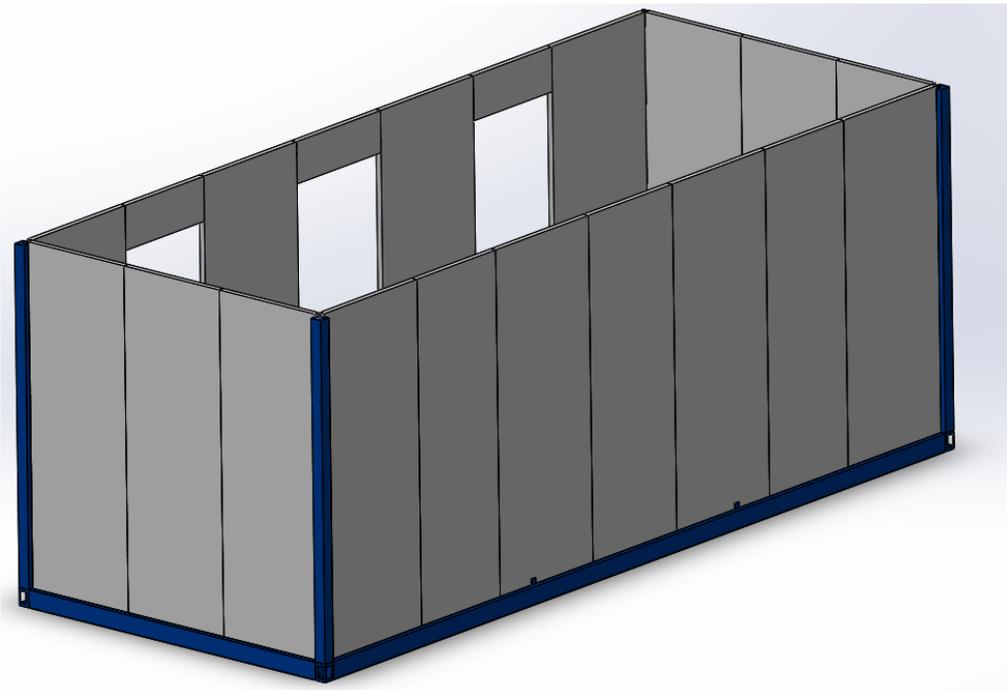


Figura 5.17. Ensamblaje Cara Posterior

Finalmente, se incluyen las carpinterías exteriores:

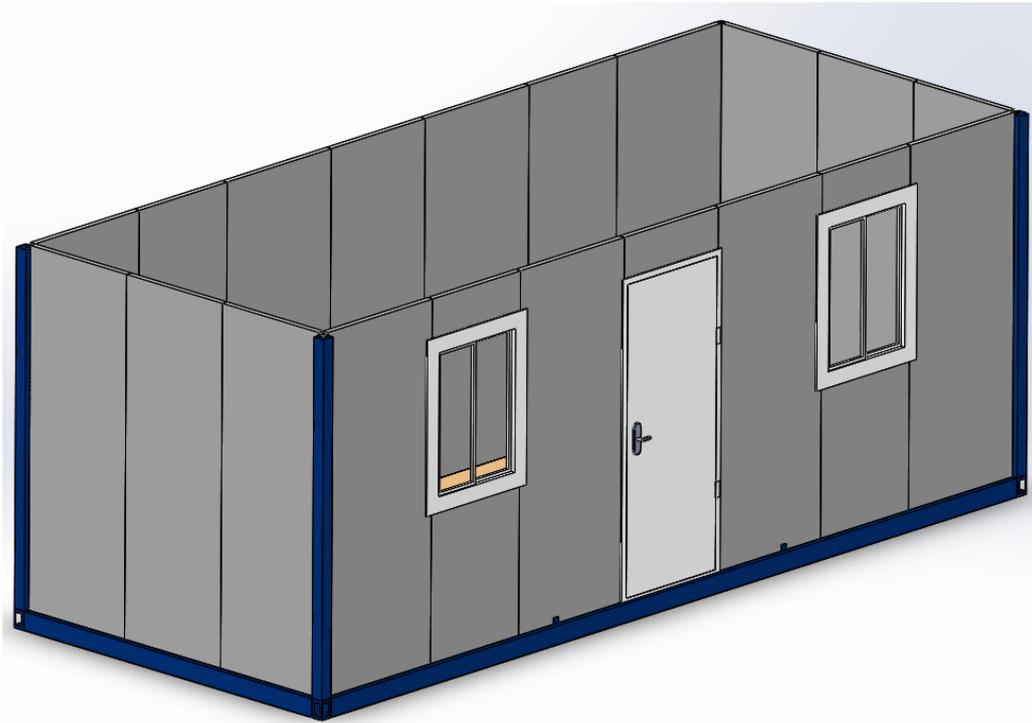


Figura 5.18. Ensamblaje Carpinterías Exteriores

### 5.5. Estructura del techo

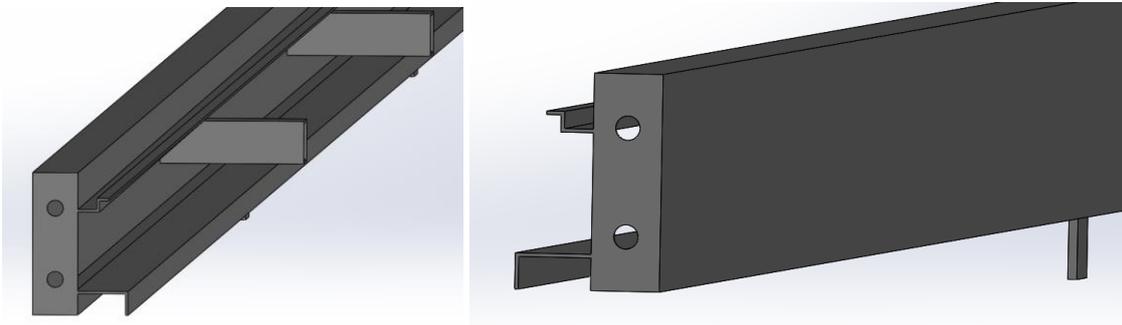
De igual manera que el bastidor del suelo, el bastidor del techo también está formado por dos vigas longitudinales y dos vigas transversales de acero galvanizado S275 conformado en frío de 2 milímetros de espesor. En este caso, las secciones no coincidirían con las de la estructura inferior ya que se debe disponer los raíles o canalones correspondientes a la evacuación de aguas pluviales. Su acabado también será de color azul y con imprimación antioxidante.

Las dimensiones de las vigas longitudinales del techo coinciden con las del suelo: 5840 mm de longitud, 80 mm de anchura (sin contar apoyos soldados), y 120 mm de altura. Además, también irían atornilladas a las piezas esquina mediante dos roscas métricas ISO DIN 13 (M12) en sus extremos.

La sección de estas vigas cuenta con un carril o riel de 40 milímetros de hueco en la parte inferior de la sección, permitiendo encajar los paneles aislantes entre este y el carril o riel de las vigas inferiores. Cuenta con 3 apoyos soldados con una separación de 1460 mm entre ellos y de sección cuadrada hueca (dimensiones 36 x 36 x 2 mm); estos servirán como apoyo de las correas transversales inferiores del techo y contarán con agujeros de M10 en los extremos para poder atornillar las correas e impedir el giro de estas en cualquier dirección.

Por último, como se ha comentado anteriormente, la diferencia de estas con las de la estructura del suelo es que cuenta con un carril o canalón soldado para favorecer la evacuación de aguas pluviales. Se trata de un canalón con una ligera inclinación de 0,11º desde el extrema hacia el centro del vano.

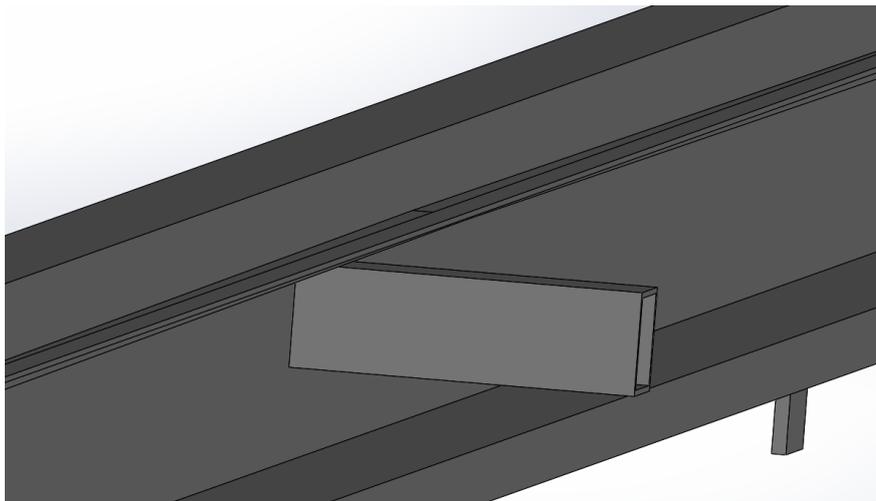
A continuación, en la Figura 5.19. Detalles de las vigas longitudinales del techo, se muestran detalles de las vigas longitudinales de la estructura del techo.



*Figura 5.19. Detalles de las vigas longitudinales del techo*

Por último, cabe destacar que, al igual que para el suelo, cuentan con dos pestañas cuadradas en la parte inferior de la viga (dimensiones 40 x 40 x 5 mm) separadas 1,94 metros, que permitirán atornillar dos perfiles rectangulares huecos en sus extremos.

En la Figura 5.20. Detalle del canalón para pluviales, se muestra un detalle del canalón para aguas pluviales; apreciándose cierta inclinación:

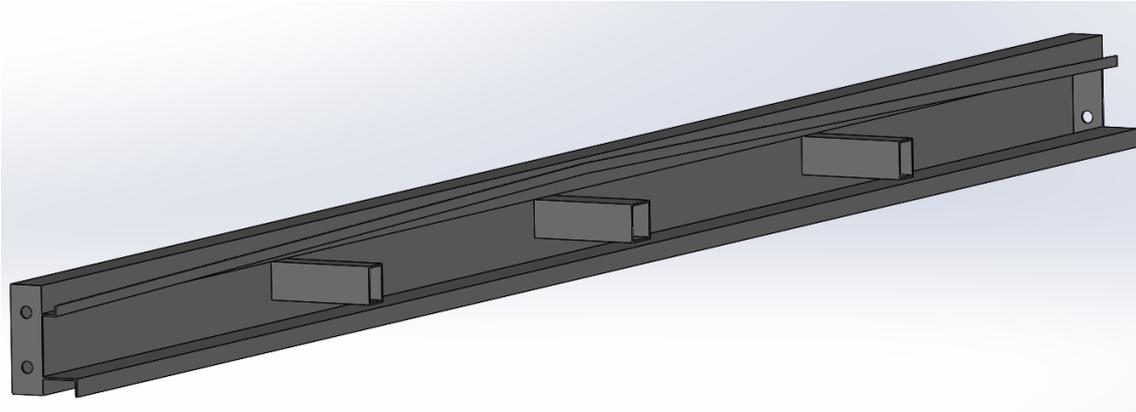


*Figura 5.20. Detalle del canalón para pluviales*

Las vigas transversales se han diseñado de manera similar que las longitudinales; ya que su sección también debe contar con el carril o riel de 40 milímetros de hueco, necesario para poder colocar los paneles sándwich PUR de las caras laterales sin necesidad de atornillarlos.

También cuenta con 3 apoyos soldados con una separación de 585 mm entre ellos y de sección rectangular hueca (dimensiones 30 x 42 x 2 mm para los apoyos extremos y 40 x 42 x 2 mm para el apoyo central); sin embargo, a diferencia de las vigas longitudinales, estos apoyos están diseñados como soportes para las correas transversales superiores. Con el objetivo de conseguir dar, posteriormente, cierta inclinación a la chapa metálica superior y así favorecer la caída de las aguas pluviales hacia los canalones instalados.

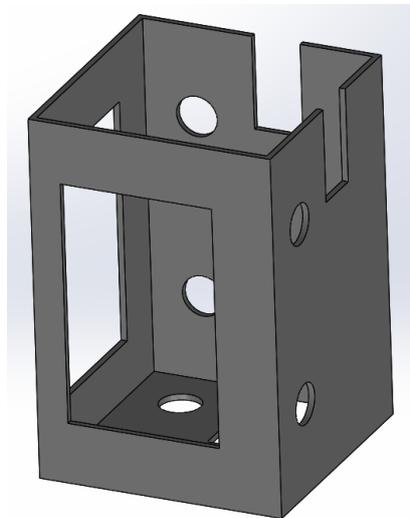
Las dimensiones de estas vigas son las siguientes: 2340 mm de longitud, 80 mm de anchura (sin tener en cuenta los apoyos) y 120 mm de altura. Y, en este caso, se trata de un canalón con una inclinación de 1º desde el extremo hacia el centro del vano.



*Figura 5.21. Detalle Vigas Transversales Techo*

Al igual que para la estructura inferior, tanto las vigas longitudinales como las transversales, irán atornilladas a 4 piezas esquina. Son piezas con las mismas características que las piezas esquina del suelo; cuyas dimensiones son: 80 mm de longitud, 80 mm de anchura y 120 mm de altura.

Como principal diferencia respecto a las piezas esquina inferiores, es que cuentan con dos agujeros más para facilitar la caída, a los tubos cuadrados de PVC, de las aguas pluviales que vienen de los canalones.



*Figura 5.22. Detalles de la pieza esquina del techo*

A continuación, en la Figura 5.23. Ensamblaje Techo 1, se muestra una figura de cómo quedaría el ensamblaje inicial del bastidor del techo:

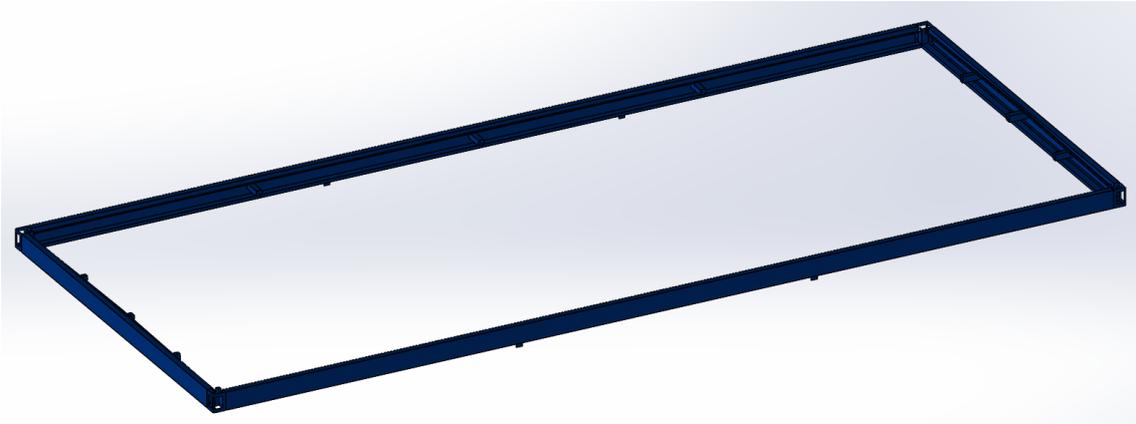


Figura 5.23. Ensamblaje Techo 1

Atendiendo a la Figura 5.23. Ensamblaje Techo 1, quedaría añadir las 3 correas transversales de acero galvanizado encargadas de soportar los materiales aislantes escogidos para el techo. Se tratan de correas de acero de perfil cuadrado hueco de dimensiones: 40 mm de altura, 40 mm de anchura, 2 mm de espesor y 2496 mm de longitud. Además, contarán con un agujero M10 en los extremos para poder atornillarlas a los apoyos. Cabe destacar también, que dichas correas cuentan con 3 pestañas en "C" soldadas.

Estas pestañas servirán para atornillar las correas longitudinales superiores, de tal manera que estas quedarían fijadas a las correas inferiores y con apoyo en los soportes de las vigas transversales. Cada correa consta de dos pestañas de 30 mm de hueco y una pestaña central de 40 mm de hueco (en función de las dimensiones de las correas superiores); con una separación entre ellas de 585 mm entre ellas.

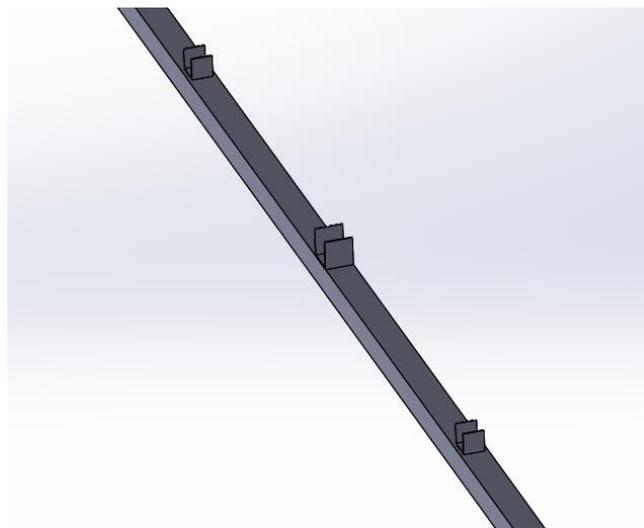


Figura 5.24. Detalle pestañas en C

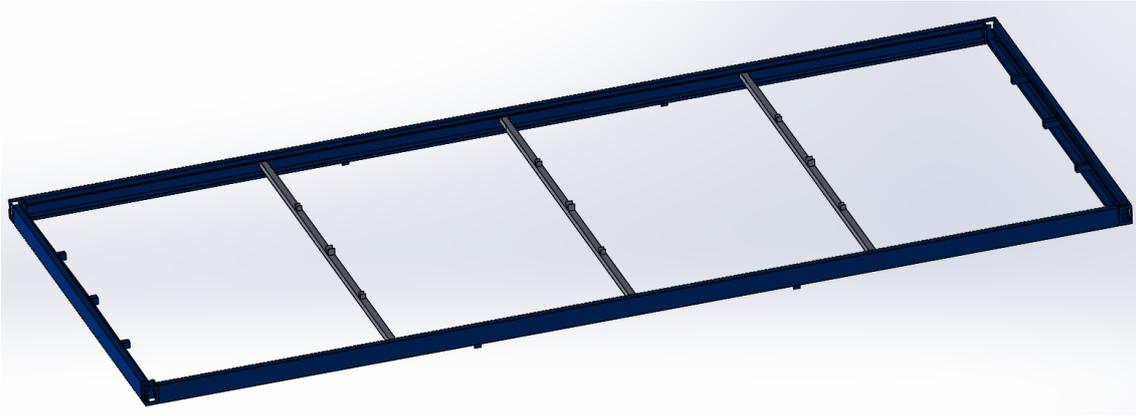


Figura 5.25. Ensamblaje Techo 2

A continuación, quedaría añadir las 3 correas longitudinales de acero galvanizado. Se tratan de dos tipos de correas de acero de perfil cuadrado hueco de dimensiones: correa central de 40 mm de altura, 40 mm de anchura, 2 mm de espesor y 5888 mm de longitud; resto de correas de 30 mm de altura, 30 mm de anchura, 2 mm de espesor y 5888 mm de longitud.

Además, contarán con un tres agujeros M10 a lo largo de su longitud (separación de 1484 mm) para poder atornillarlas a las pestañas.

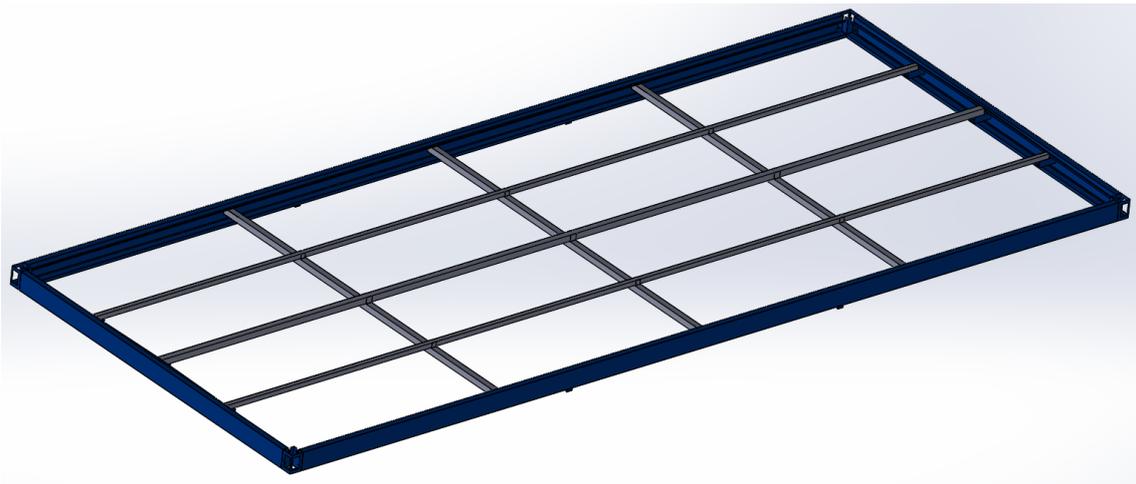


Figura 5.26. Ensamblaje Techo 3

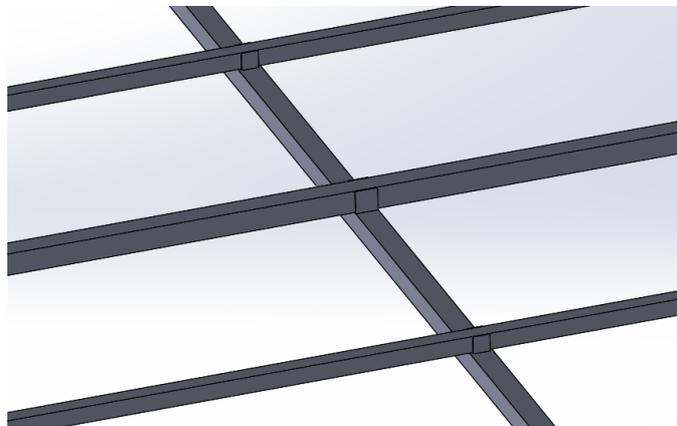


Figura 5.27. Detalle unión de correas

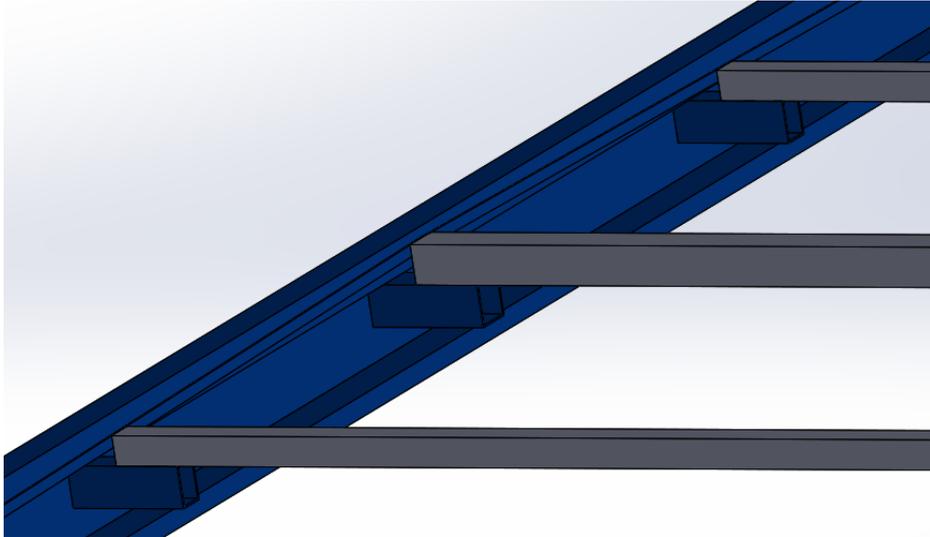


Figura 5.28. Detalle apoyo de correas longitudinales

Finalmente, se procede a colocar las diferentes capas aislantes del techo. El material aislante, en este caso, se trata de aislamiento de fibra de vidrio con lámina de vapor de unos 80 milímetros de espesor.

Además, en la parte inferior de la estructura del techo, se colocarán 8 lamas metálicas prelacadas de 0,8 mm de espesor (1460 x 1248 mm). En la parte superior, se colocará una chapa perfilada de acero galvanizado con 5 grecas de 0,8 mm de espesor (dos laterales y una central más 2 intermedias con un paso entre grecas de 250 mm, para darle mayor resistencia).

Esta chapa irá atornillada a lo largo de una pestaña que sobresale en los canalones de pluviales e, incluso, a las correas mediante tornillos autorroscantes. En este caso, también se podría utilizar cinta a prueba de agua para evitar infiltraciones de agua al interior en los extremos de la chapa.

Además, según se indica en el ANEXO I.I. en el apartado correspondiente a la estructura del techo, se suelen doblar los bordes de la chapa hacia los canalones para favorecer la caída del agua a los canalones y evitar infiltraciones hacia el interior.

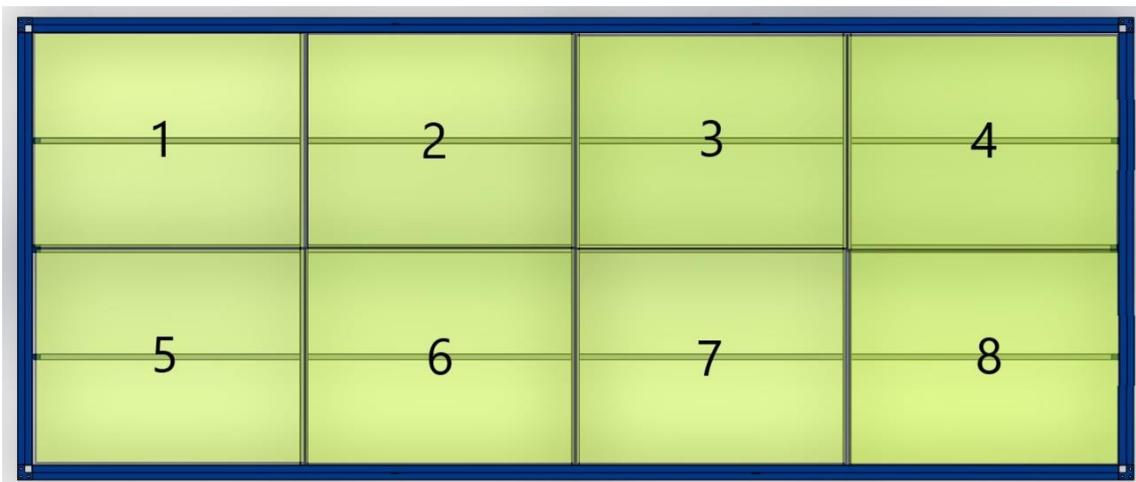


Figura 5.29. Distribución lamas metálicas techo

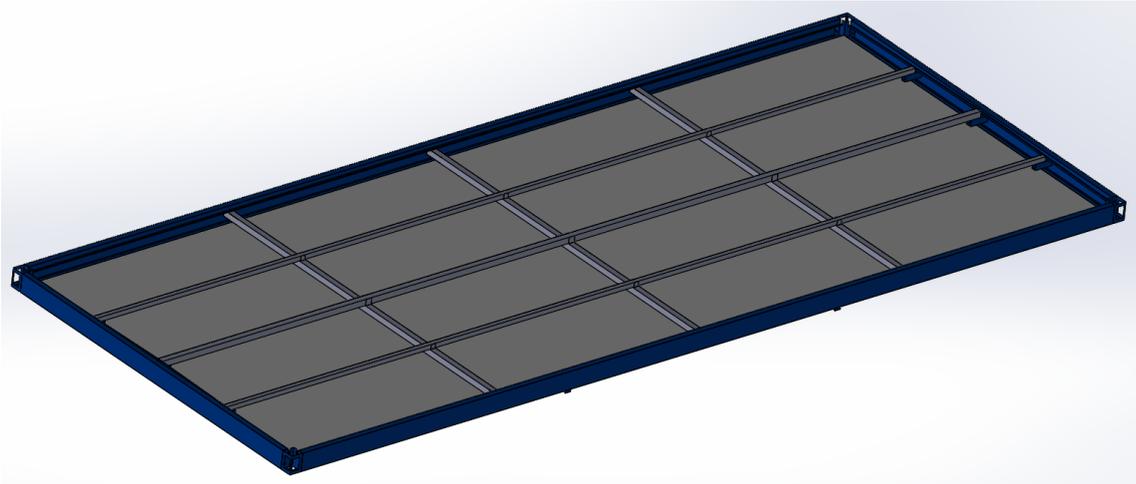


Figura 5.30. Ensamblaje Techo 4

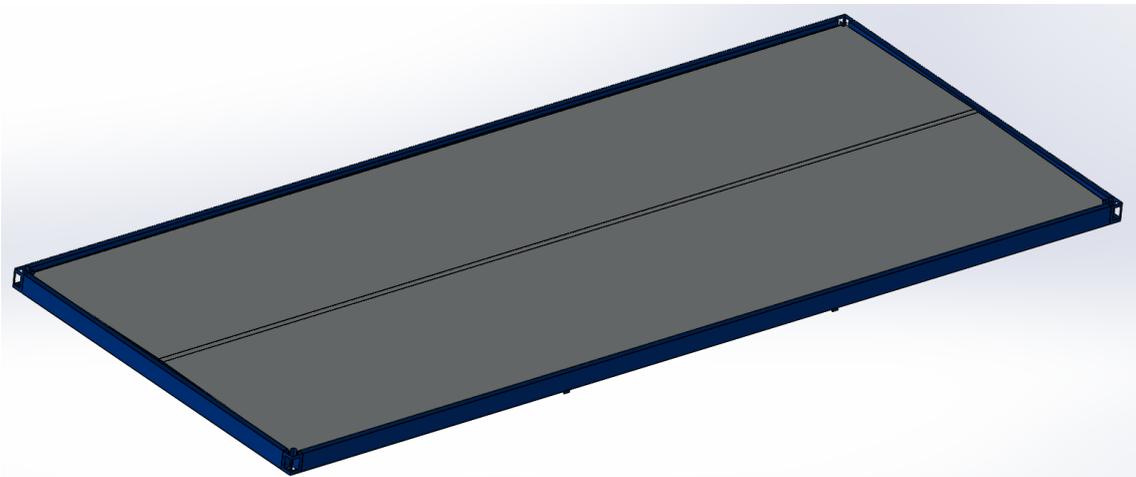


Figura 5.31. Ensamblaje Techo 5

Finalmente, una vez diseñado todo el ensamblaje correspondiente a la estructura del techo, se une al ensamblaje mostrado en la Figura 5.18. Ensamblaje Carpinterías Exteriores; obteniendo el diseño final del módulo prefabricado objeto de este proyecto. Además, se han añadido 4 viguetas de sección rectangular hueca de 40 x 20 x 2260 mm y 2 mm de espesor. Estas van atornilladas a las pestañas de las vigas longitudinales inferiores y superiores.

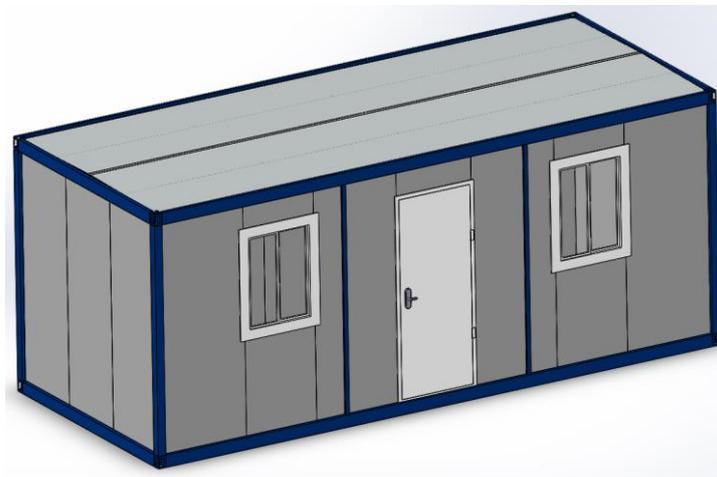


Figura 5.32. Diseño Final del Módulo Prefabricado

## 5.6. Modo de transporte

Como se comenta en el ANEXO I.I. en el apartado correspondiente a transporte, existen varias posibilidades en cuanto a la forma de transportar este tipo de módulos. En este caso, se ha diseñado el módulo de manera que pueda ser transportado mediante el sistema KIT o FLAT PACK con el objetivo de optimizar el espacio de transporte, su precio y de tiempo de montaje.

Es decir, se ha diseñado de tal manera que se permita enviar los módulos en forma de paquete; formado por la estructura de cubierta y estructura de suelo unidas por sus esquinas y con los materiales restantes en su interior.

El montaje en sistema KIT inicial es bastante sencillo, únicamente serán necesarios 4 pilares con sección en L de acero galvanizado conformado en frío adicionales, de las siguientes dimensiones: 80 x 80 x 160 mm.

El procedimiento de montaje es similar al montaje de los pilares del módulo. Estos se atornillan a la base y cubierta mediante 3 roscas métricas ISO DIN 13 (M12). Además, cabe destacar que, al igual que a la hora del montaje del módulo final, las piezas esquina cuentan con dos secciones abiertas para facilitar el atornillar los pilares.

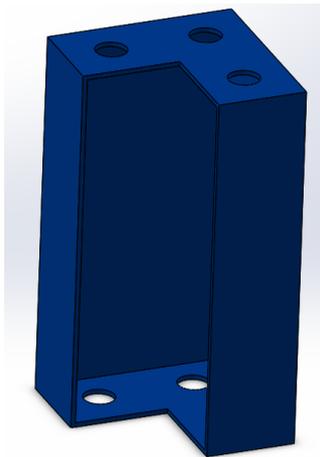
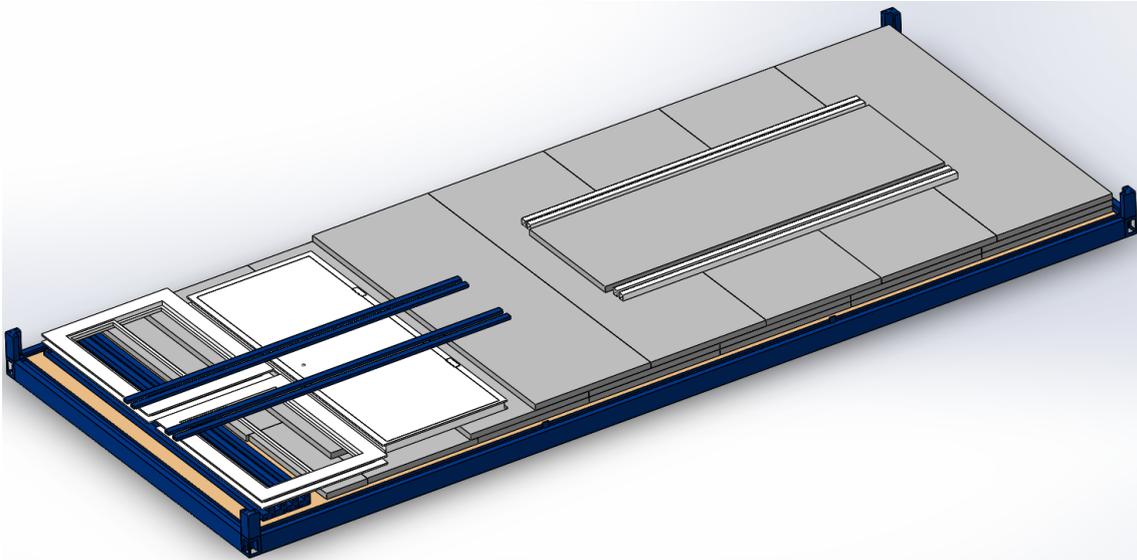


Figura 5.33. Detalle Pilares Sistema KIT



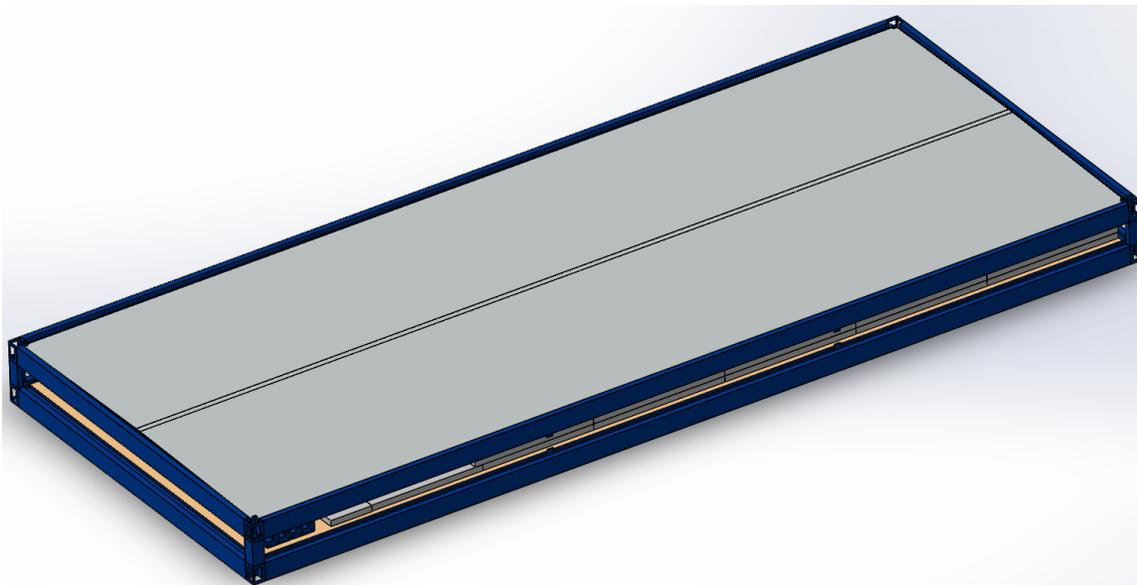
Figura 5.34. Ensamblaje KIT 1

A continuación, como se ha comentado anteriormente, se colocan sobre los tableros de aglomerado tanto los paneles PUR como carpinterías exteriores, pilares, tubos de PVC, etc. Se deberán colocar de manera que permita optimizar adecuadamente el espacio, con el fin reducir el máximo las dimensiones finales.



*Figura 5.35. Ensamblaje KIT 2*

Finalmente, se coloca la estructura del techo y se atornilla nuevamente a los nuevos pilares. Cabe destacar que, las pestañas existentes en las vigas longitudinales superiores e inferiores permitirán colocar o atornillar en ellos una chapa perimetral para cerrar el contorno.



*Figura 5.36. Ensamblaje KIT 3*

Atendiendo a la Figura 5.36. Ensamblaje KIT 3, cabe destacar que las dimensiones finales del módulo en sistema KIT son las siguientes: 2500 mm de anchura, 6000 mm de longitud y 400 mm de altura.

## 6. DISEÑO 3D DE LA PASARELA CON ESCALERA DE TRAMEX

### 6.1. Introducción

A continuación, atendiendo conjuntamente al ANEXO II.III., se presenta el diseño que se ha llevado a cabo para la pasarela con escalera de tramex. Se ha tratado de conseguir un modelo que se ajuste a la normativa vigente y con el objetivo de que, a la hora de apilar dos módulos, permita acceder al módulo superior.

En la Tabla II.8. Resumen de medición, obtenido mediante CYPE 3D, se puede observar que series de perfiles se han escogido, su peso individual en kg y el peso total de acero en kg. Por tanto, cabe destacar que se ha realizado mediante acero laminado con secciones huecas tanto rectangulares como circulares. Además, se ha hecho uso también de tirantes a modo de cruces de San Andrés en algunas zonas de la estructura.

Para una mayor descripción del modelo, se recomienda acudir a dicho Anexo; ya que se describe tanto la normativa que se ha seguido como las consideraciones que se han tomado para su cumplimiento.

### 6.2. Modelo de pasarela con escalera

A continuación, se ofrecen varias imágenes del modelo final, a fin de dar un aspecto visual ante una situación real. Al igual que el diseño del módulo prefabricado, se ha realizado mediante el software SOLIDWORKS 2019.

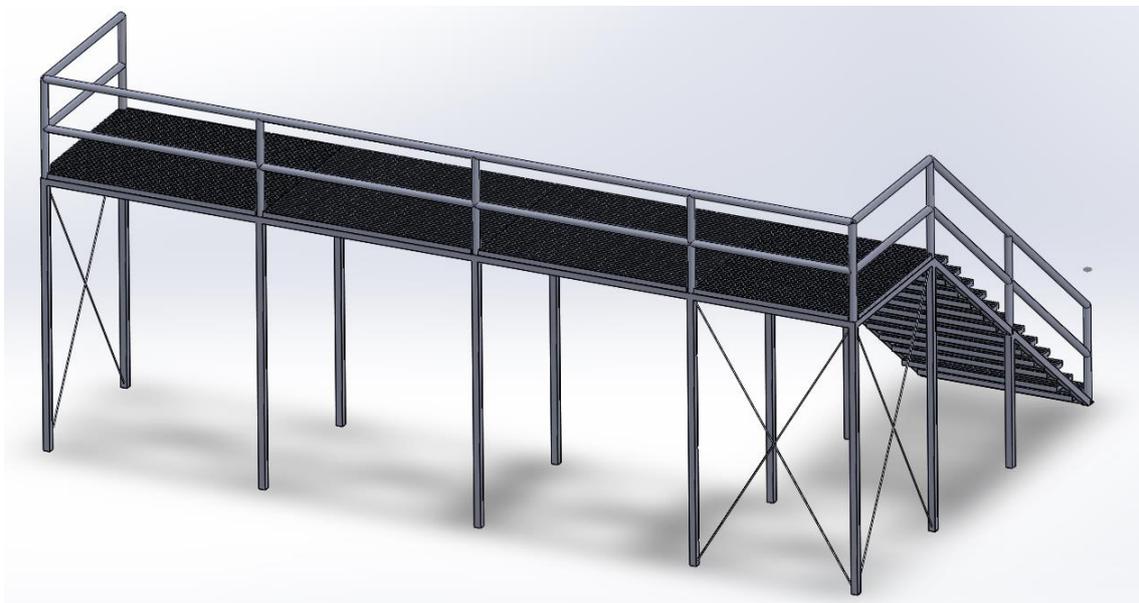


Figura 6.1. Diseño 3D de la pasarela con escalera de tramex (1)



Figura 6.2. Diseño 3D de la pasarela con escalera de tramex (2)

Finalmente, en la Figura 6.3. Conjunto de dos unidades móviles con pasarela y escalera, se puede observar cómo quedaría el conjunto final conformado por las unidades móviles apiladas y la pasarela con escalera:

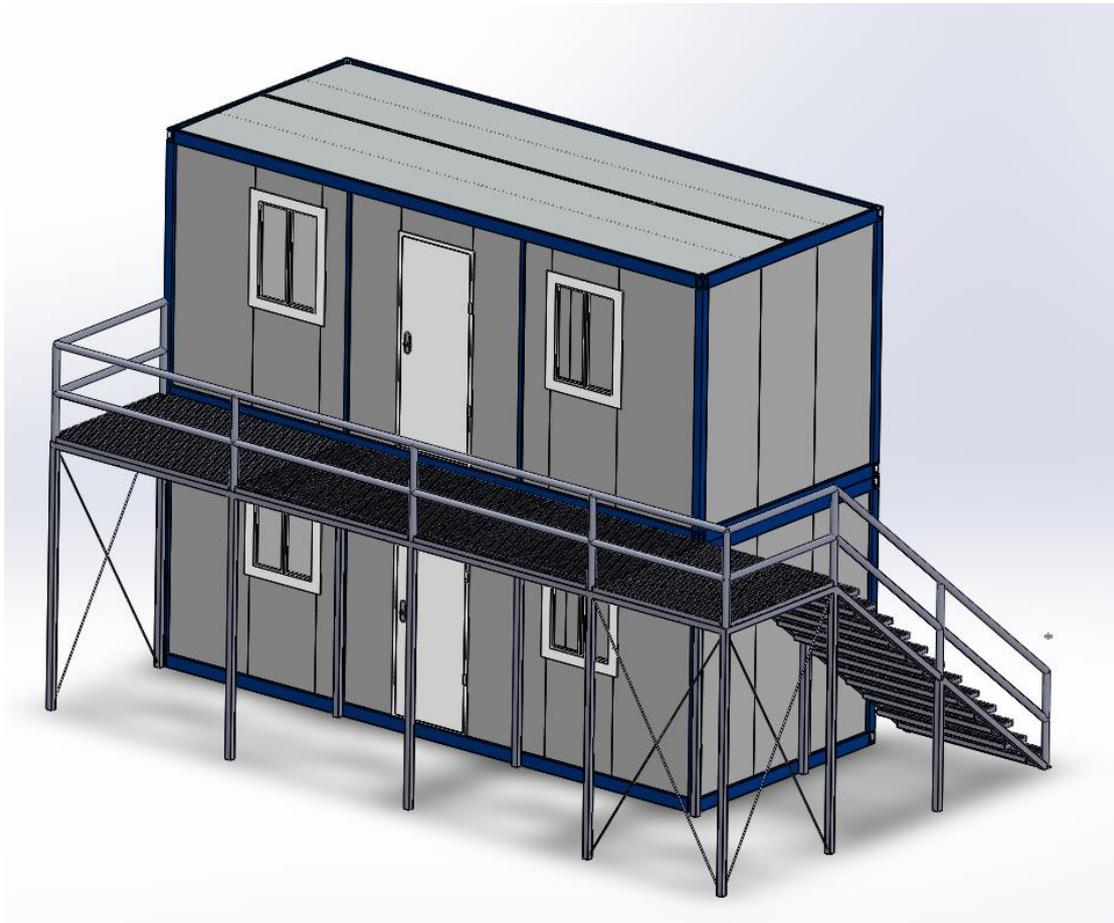


Figura 6.3. Conjunto de dos unidades móviles con pasarela y escalera

Logroño, a 22 de junio de 2021

Autor del presente documento:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'S' followed by a long horizontal stroke that curves upwards at the end.

---

Sergio Bravo Fernández

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**

**ANEXOS**

**Sistema de construcción modular basado  
en unidades móviles apilables**

Autor: Sergio Bravo Fernández

Tutor: José Antonio Gómez Cristóbal

Departamento de Ingeniería Mecánica

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de La Rioja

2020/2021



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. ESTUDIOS PREVIOS.....	2
ANEXO I.I. MÓDULOS PREFABRICADOS.....	2
ANEXO I.I.I. Introducción .....	2
ANEXO I.I.II. Transporte .....	2
ANEXO I.I.III. Estructura del suelo .....	4
ANEXO I.I.IV. Pilares .....	6
ANEXO I.I.V. Paredes laterales .....	7
ANEXO I.I.VI. Estructura del techo .....	9
ANEXO I.I.VII. Carpinterías .....	11
ANEXO I.I.VIII. Particiones interiores .....	12
ANEXO I.I.IX. Instalación eléctrica .....	13
ANEXO I.I.X. Fontanería y saneamiento.....	14
ANEXO I.I.XI. Instalación de climatización.....	15
ANEXO I.I.XII. Cimentación o apoyos .....	15
ANEXO I.I.XIII. Conjunto modular.....	17
ANEXO I.II. ACCIONES CONSIDERADAS.....	23
ANEXO I.II.I. Acciones permanentes .....	23
ANEXO I.II.II. Acciones variables.....	25
ANEXO II. CÁLCULOS.....	38
ANEXO II.I. CÁLCULO DE CORREA INFERIOR.....	38
ANEXO II.I.I. Introducción .....	38
ANEXO II.I.II. Reacciones y diagramas de esfuerzos mediante prontuario.....	39
ANEXO II.I.III. Reacciones y diagramas de esfuerzos mediante Cype 3D.....	41
ANEXO II.I.IV. Flecha máxima mediante método de Doble Integración .....	44
ANEXO II.I.V. Flecha máxima mediante Segundo Teorema de Mohr .....	45
ANEXO II.I.VI. Flecha máxima mediante método de Carga Unitaria.....	46
ANEXO II.I.VII. Comprobación de la viga a CTE .....	48
ANEXO II.II. DISEÑO Y ANÁLISIS CON CYPE 3D DE PASARELA CON ESCALERA .....	50
ANEXO II.II.I. Introducción.....	50
ANEXO II.II.II. Procedimiento de diseño y cálculo.....	53
ANEXO II.II.III. Representación y conclusiones.....	56
ANEXO II.III. ESTUDIO DE LA POSIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO .....	58
ANEXO II.III.I. Introducción.....	58
ANEXO II.III.II. Caso 1 – Módulos en uso .....	58

---

ANEXO II.III.III. Caso 2 – Módulos vacíos.....	62
ANEXO II.III.IV. Conclusiones.....	66
ANEXO II.IV. DISEÑO Y ANÁLISIS CON CYPE 3D DE MÓDULO PREFABRICADO.....	69
ANEXO II.IV.I. Introducción .....	69
ANEXO II.IV.II. Caso 1 – Módulo único .....	73
ANEXO II.IV.III. Caso 2 – Dos módulos apilados .....	82
ANEXO II.V. CÁLCULO DE UNIÓN ATORNILLADA INFERIOR.....	93
ANEXO II.V.I. Introducción .....	93
ANEXO II.V.II. Procedimiento de cálculo.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Transporte de módulos totalmente armados (BALAT, 2015) .....	2
Figura I.2. Transporte de módulos en sistema KIT (PREFABRI, 2021b) .....	3
Figura I.3. Diferentes posibilidades de medio de transporte (PREFABRI, 2021a) .....	3
Figura I.4. Tableros MDF y de aglomerado (MDEC, 2018) .....	4
Figura I.5. Tableros de Betopan .....	4
Figura I.6. Uniones soldadas (ARCHISPACE, 2020) (YUVAM, 2020) .....	5
Figura I.7. Unión atornillada (K-HOME, 2019) .....	5
Figura I.8. Uniones atornilladas por fuera (KARMOD, 2021c) (YUVAM, 2020) .....	6
Figura I.9. Unión atornillada por dentro (K-HOME, 2019) (ARCHISPACE, 2020) .....	6
Figura I.10. Tubos de PVC cuadrados y redondos .....	6
Figura I.11. Unidades móviles con barras en celosía (KARMOD, 2021b) .....	7
Figura I.12. Panel Fachada PUR/PIR de fijación vista (PANELAIS, 2021b) .....	7
Figura I.13. Sistema de fijación macho-hembra .....	8
Figura I.14. Clasificación al fuego; Norma UNE-EN 13501-1 2019 .....	8
Figura I.15. Colocación de paneles mediante railes (YUVAM, 2020) .....	9
Figura I.16. Colocación de paneles mediante fijaciones (ARCHISPACE, 2020) .....	9
Figura I.17. Disposición de las correas y ejemplo de chapa trapezoidal (K-HOME, 2019) .....	10
Figura I.18. Colocación del aislamiento en la estructura del techo (K-HOME, 2019) .....	10
Figura I.19. Panel PUR/PIR de 3 Greclas (PANELAIS, 2021a) .....	10
Figura I.20. Deformación de los bordes de la chapa metálica (JJC Houses, 2019) .....	11
Figura I.21. Puerta exterior e interior .....	11
Figura I.22. Tipos de ventanas .....	12
Figura I.23. Particiones interiores en conjunto modular .....	13
Figura I.24. Modelo partición interior (SPANS, 2021) .....	13
Figura I.25. Ejemplos de instalación eléctrica .....	14
Figura I.26. Ejemplo de baño en un módulo .....	14
Figura I.27. Radiador eléctrico y aire acondicionado tipo Split .....	15
Figura I.28. Cimentación transportable (ALGECO, 2021) .....	15
Figura I.29. Soluciones de cimentación con materiales tradicionales .....	16
Figura I.30. Cimentación a base de solera y zapatas de hormigón .....	16
Figura I.31. Dormitorio y comedor en conjuntos modulares (PREFABRI, 2021b) .....	17
Figura I.32. Caso de cimentación a base de solera de hormigón (PREFABRI, 2021b) .....	17
Figura I.33. Elemento de sujeción de módulos (CONTAINEX, 2015) .....	18
Figura I.34. Colocación de juntas de goma o burletes (CONTAINEX, 2015) .....	18
Figura I.35. Colocación de juntas de goma o burletes (2) (CONTAINEX, 2015) .....	18
Figura I.36. Colocación de chapa metálica inferior (CONTAINEX, 2015) .....	19
Figura I.37. Colocación de aislamiento extra y carcasa interior (CONTAINEX, 2015) .....	19
Figura I.38. Colocación de aislamiento y chapa inferior en puerta interior (CONTAINEX, 2015) .....	20
Figura I.39. Colocación de aislamiento extra y carcasa interior (CONTAINEX, 2015) .....	20
Figura I.40. Remates finales con silicona (CONTAINEX, 2015) .....	20
Figura I.41. Conjunto modular sencillo con escaleras para acceso (KARMOD, 2021a) .....	21
Figura I.42. Conjunto modular con escalera y pasillos intermedios (KARMOD, 2021a) .....	21
Figura I.43. Cubiertas a dos aguas en conjuntos modulares (KARMOD, 2021a) .....	22
Figura I.44. Valor básico de la velocidad del viento, $v_b$ .....	27
Figura II.1. Modelo a analizar .....	38
Figura II.2. Sección rectangular hueca. ....	39

Figura II.3. Viga simple empotrada: carga uniforme $q$ en todo el vano.....	39
Figura II.4. Diagrama de cortantes.....	40
Figura II.5. Diagrama de flectores.....	41
Figura II.6. Propiedades del perfil seleccionado.....	41
Figura II.7. Modelo en CYPE 3D.....	42
Figura II.8. Reacciones obtenidas con CYPE 3D.....	42
Figura II.9. Diagrama de cortantes obtenido con CYPE 3D.....	42
Figura II.10. Diagrama de flectores obtenido con CYPE 3D.....	43
Figura II.11. Flecha máxima según CYPE 3D.....	43
Figura II.12. Deformada según CYPE 3D.....	43
Figura II.13. Modelo ficticio.....	46
Figura II.14. Viga simple empotrada: carga puntual $F$ centrada.....	46
Figura II.15. Prontuario de perfiles huecos rectangulares.....	48
Figura II.16. Apartado 6.2.6 Resistencia de las secciones a flexión.....	48
Figura II.17. Apartado 6.2.4 Resistencia de las secciones a corte.....	49
Figura II.18. Apartado 6.2.8 Interacción de esfuerzos en secciones.....	49
Figura II.19. Dimensiones escalera y pasarela.....	51
Figura II.20. Diseño de la estructura.....	53
Figura II.21. Introducción del paño.....	53
Figura II.22. Definición de las cargas en el paño.....	54
Figura II.23. Introducción de cargas horizontales.....	54
Figura II.24. Perfiles utilizados.....	55
Figura II.25. Deformada e isovalores de la ventana activa.....	55
Figura II.26. Estructura completa en 3D (1).....	56
Figura II.27. Estructura completa en 3D (2).....	56
Figura II.28. Dirección longitudinal módulo inferior Caso 1.....	59
Figura II.29. Dirección longitudinal módulo superior Caso 1.....	60
Figura II.30. Dirección transversal módulo inferior Caso 1.....	61
Figura II.31. Dirección transversal módulo superior Caso 1.....	62
Figura II.32. Dirección longitudinal módulo inferior Caso 2.....	63
Figura II.33. Dirección longitudinal módulo superior Caso 2.....	64
Figura II.34. Dirección transversal módulo inferior Caso 2.....	65
Figura II.35. Dirección transversal módulo superior Caso 2.....	66
Figura II.36. Bridge Fitting en módulos marítimos.....	67
Figura II.37. Elemento de sujeción basado en pletinas de contención.....	67
Figura II.38. Empleo de carcasas exteriores a lo largo del perímetro del módulo.....	68
Figura II.39. Pletinas de contención para módulo inferior.....	68
Figura II.40. Selección de perfil en CYPE 3D.....	69
Figura II.41. Selección de vinculación exterior para nudos de apoyo en CYPE 3D.....	70
Figura II.42. Diseño inicial módulo con CYPE 3D.....	70
Figura II.43. Introducción de correas en la estructura del módulo en CYPE 3D.....	71
Figura II.44. Cruces de San Andrés en Fachada Frontal y Posterior.....	72
Figura II.45. Cruz de San Andrés en Fachadas Laterales.....	72
Figura II.46. Menú de Datos de Obra en CYPE 3D.....	73
Figura II.47. Carga de nieve para Caso 1.....	74
Figura II.48. Sobrecarga de uso para Caso 1.....	74
Figura II.49. Viento a $0^\circ$ para Caso 1.....	76
Figura II.50. Viento a $90^\circ$ para Caso 1.....	77

Figura II.51. Comprobación barras exteriores para Caso 1 .....	78
Figura II.52. Comprobación de elementos para Caso 1 .....	78
Figura II.53. Comprobación correas transversales para Caso 1 .....	79
Figura II.54. Comprobación final de elementos para Caso 1 .....	79
Figura II.55. Representación 3D de la estructura en CYPE 3D .....	80
Figura II.56. Tensión / Aprovechamiento para Caso 1 .....	80
Figura II.57. Flecha xy para Caso 1 .....	81
Figura II.58. Flecha xz para Caso 1 .....	81
Figura II.59. Deformada e isovalores para Caso 1 .....	82
Figura II.60. Peso módulo superior para Caso 2 .....	83
Figura II.61. Carga de nieve para Caso 2 .....	84
Figura II.62. Sobrecarga de uso para Caso 2 .....	85
Figura II.63. Viento a 0º para Caso 2 .....	87
Figura II.64. Viento a 90º para Caso 2 .....	88
Figura II.65. Comprobación inicial de elementos para Caso 2 .....	89
Figura II.66. Comprobación final de elementos para Caso 2 .....	90
Figura II.67. Tensión / Aprovechamiento para Caso 2 .....	90
Figura II.68. Flecha xy para Caso 2 .....	91
Figura II.69. Flecha xz para Caso 2 .....	91
Figura II.70. Deformada e isovalores para Caso 2 .....	92
Figura II.71. Detalle unión atornillada inferior (1) .....	94
Figura II.72. Detalle unión atornillada (2) .....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1. Pesos propios de piezas del bastidor del suelo .....	23
Tabla I.2. Pesos propios de piezas del bastidor del techo.....	23
Tabla I.3. Pesos propios de paneles aislantes .....	24
Tabla I.4. Pesos propios de piezas exteriores y tubos de pluviales.....	24
Tabla I.5. Pesos propios de carpinterías exteriores .....	24
Tabla I.6. Valores características de las sobrecargas de uso.....	25
Tabla I.7. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas .....	26
Tabla I.8. Valores del coeficiente de exposición ce.....	28
Tabla I.9. Coeficientes para tipo de entorno.....	28
Tabla I.10. Paramentos verticales .....	29
Tabla I.11. Coeficientes de presión para viento a 0º .....	30
Tabla I.12. Valores presiones estáticas para viento a 0º.....	30
Tabla I.13. Coeficientes de presión para viento a 90º .....	30
Tabla I.14. Valores presiones estáticas para viento a 90º.....	31
Tabla I.15. Cubiertas planas .....	31
Tabla I.16. Coeficientes de presión para viento a 0º (cubierta plana).....	32
Tabla I.17. Valor aproximado de coeficiente de presión para zonas F, G y H.....	32
Tabla I.18. Valores presiones estáticas para viento a 0º (cubierta plana).....	32
Tabla I.19. Coeficientes de presión para viento a 90º (cubierta plana).....	32
Tabla I.20. Valor aproximado de coeficiente de presión para zonas F, G, H e I.....	33
Tabla I.21. Valores presiones estáticas para viento a 90º (cubierta plana).....	33
Tabla I.22. Coeficientes de presión para viento a 0º .....	33
Tabla I.23. Valores presiones estáticas para viento a 0º.....	34
Tabla I.24. Coeficientes de presión para viento a 90º .....	34
Tabla I.25. Valores presiones estáticas para viento a 90º.....	34
Tabla I.26. Coeficientes de presión para viento a 0º (cubierta plana).....	35
Tabla I.27. Valor aproximado de coeficiente de presión para zonas F, G y H.....	35
Tabla I.28. Valores presiones estáticas para viento a 0º (cubierta plana).....	35
Tabla I.29. Coeficientes de presión para viento a 90º (cubierta plana).....	36
Tabla I.30. Valor aproximado de coeficiente de presión para zonas F, G, H e I.....	36
Tabla I.31. Valores presiones estáticas para viento a 90º (cubierta plana).....	36
Tabla II.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso. ....	38
Tabla II.2. Tabla de cargas de tramex (RELESA, 2021).....	52
Tabla II.3. Cálculo del precio de tramex.....	52
Tabla II.4. Características mecánicas.....	57
Tabla II.5. Resumen de medición .....	57

# ANEXO I

# ESTUDIOS PREVIOS

ANEXO I.I. – MÓDULOS PREFABRICADOS

ANEXO I.II. – ACCIONES CONSIDERADAS

## ANEXO I. ESTUDIOS PREVIOS

### ANEXO I.I. MÓDULOS PREFABRICADOS

#### ANEXO I.I.I. Introducción

Antes de llevar a cabo el diseño del módulo prefabricado en cuestión, se propuso realizar una previa búsqueda de información para, así, analizar las diferentes soluciones que pueden encontrarse en modelos reales. Como es obvio, cada empresa lleva a cabo el diseño de sus módulos acorde a unas características o peculiaridades propias.

Por ello, se ha realizado un análisis, por partes, atendiendo a cada una de esas peculiaridades y se han escogido y adaptado al diseño las que, bajo criterio personal, se han considerado más adecuadas. También cabe destacar que, al igual que cada modelo tiene alguna diferencia respecto a los demás, muchos de ellos coinciden en numerosas características.

A continuación, se realizará una explicación de cada una de las posibilidades estudiadas a fin de establecer diferentes alternativas que permitan un ulterior desarrollo.

#### ANEXO I.I.II. Transporte

Existen varias posibilidades en cuanto a la forma de transportar este tipo de módulos. Una de las ventajas que ofrecen es que pueden ser transportados con gran facilidad. Ya sea totalmente montados y de manera independiente, como totalmente desmontados o en sistema KIT (FLAT PACK). Además de su transporte mediante camiones, también existe la posibilidad de transportar estos módulos mediante contenedores por vía marítima.

En caso de optar por transportar módulos ya **montados**, únicamente sería necesario izarlos mediante una grúa desde los refuerzos situados en las esquinas del ensamblaje del techo y situarlos correctamente en el camión correspondiente. Por ejemplo, la empresa "BALAT" ofrece este tipo de transporte:



Figura I.1. Transporte de módulos totalmente armados (BALAT, 2015)

Por otra parte, se han analizado otras dos alternativas de transporte de módulos prefabricados desmontados. El principal objetivo de estas es reducir costes de transporte en caso de proyectos de exportación, ya que permite enviar varios módulos en un solo camión o contenedor.

Por un lado, se cuenta con el **sistema KIT o FLAT PACK**, que consiste en enviar los módulos en forma de paquete; formado por la estructura de cubierta y estructura de suelo unidas por sus extremos o esquinas y con los materiales restantes en su interior (pilares del módulo, paneles aislantes, carpinterías, ...).

Se trata de una alternativa usada por un gran número de empresas como, por ejemplo, “EUROPA PREFABRI” o “KARMOD”; ya que ofrece al cliente tanto la optimización del espacio de transporte (y su precio) y la optimización de tiempo de montaje del módulo:



Figura I.2. Transporte de módulos en sistema KIT (PREFABRI, 2021b)



Figura I.3. Diferentes posibilidades de medio de transporte (PREFABRI, 2021a)

Por otro lado, se cuenta con el **sistema MECANO** (desmontado), que permite una mayor optimización del espacio de transporte al enviar el módulo completamente desarmado. La principal desventaja respecto al sistema KIT es que será necesario el montaje de las estructuras del suelo y techo. Además, se trata de la única alternativa de transporte para módulos con un ancho superior a 2,50 metros. Ya que sería necesario emplear un tipo de transporte especial en caso de utilizar el sistema KIT y, por tanto, se incrementaría considerablemente el precio.

### ANEXO I.I.III. Estructura del suelo

El primer aspecto a tener en cuenta, y que es similar en la mayoría de los módulos, es que la estructura principal del bastidor del suelo está formada por dos vigas longitudinales y otras dos vigas transversales de acero galvanizado conformadas en frío; de unos 2 o 3 milímetros de espesor. Además, todos ellos cuentan con correas transversales de perfil omega o perfil rectangular hueco unidas a las vigas longitudinales a través de sus extremos mediante sistemas de pernos.

Una de las principales diferencias entre unos módulos y otros, respecto a la estructura del suelo, es el material aislante utilizado para el suelo.

Por ejemplo, en el caso de los módulos ofrecidos por “EUROPA PREFABRI”, se utilizan tableros de **aglomerado hidrófugo** de unos 19 milímetros de espesor con revestimiento vinílico de PVC de 2 milímetros de espesor de color marrón. Y en el caso de los módulos ofrecidos por “KARMOD”, se utilizan tableros de **Betopan** de unos 14 milímetros de espesor con revestimiento vinílico de PVC de 2 milímetros de espesor.

Además, en otros casos, se podrían utilizar paneles de **MDF** ya que son similares al aglomerado. O, incluso, paneles de **poliuretano o fibra de vidrio** de diferentes espesores en caso de zonas de calor o frío extremo que necesiten aislamiento complementario.

Se puede llevar a cabo una mejora de los acabados del revestimiento vinílico PVC de color marrón/gris por otros componentes, como tarima flotante, revestimiento vinílico de otros colores o espesor, revestimiento en goma o caucho, o una lámina de aluminio estriado. Estas diferentes mejoras son posibles en función del uso de cada proyecto, así como de cada presupuesto.



Figura I.4. Tableros MDF y de aglomerado (MDEC, 2018)



Figura I.5. Tableros de Betopan

Por otra parte, existe una serie de opciones o alternativas especiales en función de determinadas circunstancias o posibilidades (PREFABRI, 2021b):

- Reforzar la estructura del suelo, utilizando vigas y correas de acero con mayor espesor. Permitiendo soportar cargas de hasta 10 kN/m<sup>2</sup> (en caso de, por ejemplo, tener que soportar grandes cargas como equipos especiales o armarios eléctricos).
- Sustitución de un panel aglomerado por otra alternativa, como un panel contrachapado fenólico y antihumedad. O, incluso, otro tipo de revestimientos, como fibro-cemento, madera o similar.

- Sustituir el panel de aglomerado por suelo de cemento mediante una placa preparada directamente in situ sobre la que se vierte el cemento. Ofreciendo mayor solidez y permitiendo todo tipo de acabados: cerámicos, tarima flotante, etc.

Otra aspecto a analizar, y de gran importancia, es el tema de las uniones con las piezas de las esquinas (entre vigas longitudinales y transversales). Existe la posibilidad de unir las mediante **uniones atornilladas** o **uniones soldadas**.

La principal desventaja de utilizar uniones soldadas es que dichos módulos nunca podrían llegar a transportarse en sistema Mecano, ya que no podrían desmontarse por piezas. Además, en caso de quedar inutilizados o que, simplemente, se quieran almacenar, sería necesario disponer de un gran espacio en el almacén ya que no se podría desmontar por piezas o por partes. Sin embargo, las uniones atornilladas ofrecen una mayor versatilidad y mayor número de posibilidades.

Por ejemplo, los módulos ofrecidos por la empresa china "ARCHISPACE" o la empresa turca "YUVAM", cuentan con uniones soldadas; cómo se observa en la Figura I.6. Uniones soldadas. Sin embargo, los módulos ofrecidos por la empresa china "K-HOME" cuentan con uniones atornilladas; cómo se puede observar en la Figura I.7. Unión atornillada .



Figura I.6. Uniones soldadas (ARCHISPACE, 2020) (YUVAM, 2020)



Figura I.7. Unión atornillada (K-HOME, 2019)

#### ANEXO I.I.IV. Pilares

Los pilares están formados por perfiles asimétricos de acero galvanizado conformado en frío y espesor de 2 a 3 mm (incluso más en caso de ser necesario). Dichos pilares se atornillan a la base y cubierta mediante tornillería especial.

Existen dos formas de atornillar estos pilares a la base y cubierta; la primera de ellas consiste en atornillarlos por dentro, como, por ejemplo, en los módulos de las empresas “K-HOME” o “ARCHISPACE”, y la segunda de ellas consiste en atornillarlos por fuera, como es el caso de los módulos de “KARMOD” y “YUVAM”.



Figura I.8. Uniones atornilladas por fuera (KARMOD, 2021c) (YUVAM, 2020)



Figura I.9. Unión atornillada por dentro (K-HOME, 2019) (ARCHISPACE, 2020)

Por el interior del pilar se fija la bajante de aguas pluviales de cubierta mediante tubos de PVC. En este caso, cabe la posibilidad de utilizar tubos cuadrados o redondos en función de las necesidades. La mayoría de los módulos existente soluciones este problema mediante tubos redondos de unos 75 mm de diámetro.



Figura I.10. Tubos de PVC cuadrados y redondos

Además, existe la posibilidad forrar el interior de los pilares con una capa de lana de roca para aislar mejor el sistema de evacuación de aguas. E, incluso, se puede utilizar cinta a prueba de agua en los extremos para evitar la infiltración de agua al interior.

Otra peculiaridad a destacar consiste en que, si los módulos son de grandes dimensiones y se quiere llevar a cabo la instalación de un conjunto modular mediante la unión de varios módulos (ya sea en fila o apilados), será necesario emplear barras auxiliares en las fachadas del módulos; ya sean colocados de manera vertical o a modo de cruz de San Andrés; a fin de garantizar que la estructura del módulo se comporta de manera adecuada ante distintas sollicitaciones.



Figura I.11. Unidades móviles con barras en celosía (KARMOD, 2021b)

#### ANEXO I.I.V. Paredes laterales

En este tipo de módulos, los cerramientos laterales se suelen realizar con paneles sándwich termoacústicos **AIS PRT** de fijación vista. Se caracterizan por su junta simétrica y por estar compuestos por dos chapas de acero prelacado sobre base galvanizada; una exterior personalizable en terminación, colores y perfilados y una interior con o sin micro nervadura, que están adheridas en un proceso de fabricación continua a un núcleo duro de espuma de **poliuretano (PUR)** o de **poliisocianurato (PIR)** de una densidad de **36-40 kg/m<sup>3</sup>**. También pueden utilizarse otro tipo de materiales como la **espuma de poliuretano (EPS)** con una densidad de **14 kg/m<sup>3</sup>**, como es el caso de los módulos de la empresa “Karmod”. Además, cabe destacar que esa misma empresa utiliza como revestimiento exterior e interior **pintura electrostática RAL 9002**.

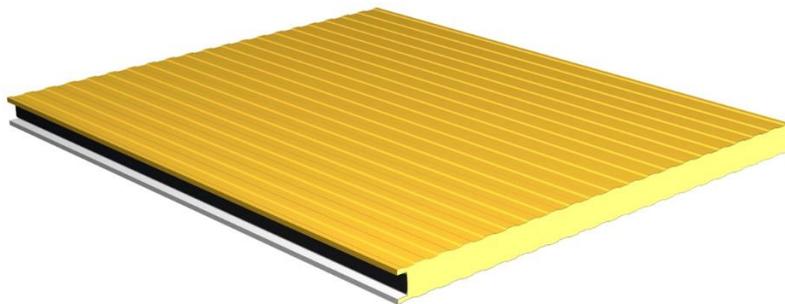


Figura I.12. Panel Fachada PUR/PIR de fijación vista (PANELAIS, 2021b)

Se trata de un panel diseñado para paredes, tabiques, fachadas y falsos techos, apoyados o no sobre cualquier soporte metálico. Un sistema de macho hembra lateral conforma la junta simétrica entre dos paneles, permitiendo una unión rápida, estanca y estética varias placas. La junta estanca permite un aislamiento hermético, donde las condiciones de aislamiento térmico son críticas.

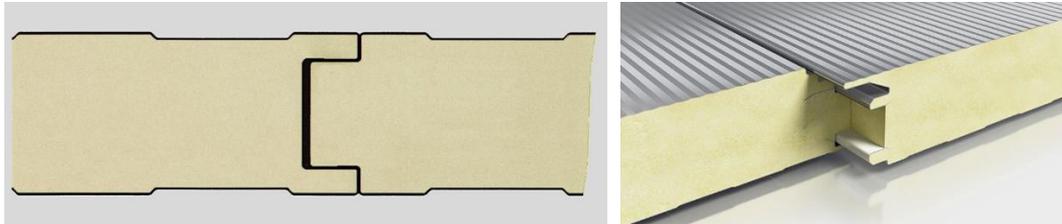


Figura I.13. Sistema de fijación macho-hembra

Se cuenta con espesores de entre 30 y 200 milímetros, en función del aislamiento que se quiera obtener. Normalmente, en este tipo de módulos, se suele utilizar un espesor en torno a 40 milímetros.

Respecto a sus clasificación respecto al fuego, la empresa “PANELAIS” ha clasificado este tipo de paneles como B-s2, d0; según la Norma UNE-EN 13501-1 de 2019. Dicha clasificación concreta que se trata de materiales combustibles, pero con contribución muy limitada al fuego (B). Además, se ha clasificado como un material con una opacidad de los humos media (s2), es decir, con una velocidad de propagación y producción total de humos media. Y, por último, se ha clasificado como un material con una caída de gotas o de partículas inflamadas nula (d0).

Clasificación según: (clasificación principal)	COMBUSTIBILIDAD	Aplicación final			COMBUSTIBLE	CONTRIBUCIÓN AL FUEGO	
		paredes techos	suelos	Productos lineales para aislamiento térmico de tuberías			
		A1	A1 <sub>FL</sub>	A1 <sub>L</sub>	NO	NO grado máximo	
		A2	A2 <sub>FL</sub>	A2 <sub>L</sub>	NO	NO grado menor duración de la llama ≤20s	
		B	B <sub>FL</sub>	B <sub>L</sub>	SI	SI Muy limitada	
		C	C <sub>FL</sub>	C <sub>L</sub>	SI	SI Limitada	
		D	D <sub>FL</sub>	D <sub>L</sub>	SI	SI Media	
		E	E <sub>FL</sub>	E <sub>L</sub>	SI	SI alta	
		F	F <sub>FL</sub>	FL	Sin clasificar, sin comportamiento determinado		
Clasificaciones adicionales según:	OPACIDAD DE HUMOS	Cantidad y velocidad de emisión			Baja	s1	<b>Observaciones:</b> Las clases A1, A1 <sub>FL</sub> y A1 <sub>L</sub> ; E, E <sub>FL</sub> y E <sub>L</sub> , y F, F <sub>FL</sub> y F <sub>L</sub> no se clasifican bajo este concepto.
				Media	s2		
				Alta	s3		
	CAIDA DE GOTAS O DE PARTÍCULAS INFLAMADAS	Sin caída (UNE-EN 13823:2002) en 600s				d0	<b>Observaciones:</b> Las clases A1, A1 <sub>FL</sub> y A1 <sub>L</sub> y F, F <sub>FL</sub> y F <sub>L</sub> no se clasifican bajo este concepto.
		Sin caída (UNE-EN 13823:2002) durante más 10s				d1	
		Ni d0, ni d1				d2	

Figura I.14. Clasificación al fuego; Norma UNE-EN 13501-1 2019.

Por último, cabe destacar una pequeña diferencia entre varios módulos; que consiste en la forma de colocar los paneles. Existen módulos en los que se colocan a través de railes en el suelo y techo, y cuyas medidas coinciden con el espesor de los paneles. Para poder hacerlo de esta manera, es necesario izar la estructura del techo mediante una grúa e ir colocando los paneles a medida que se van fijando los pilares con la estructura del techo. Por otro lado, se pueden colocar mediante railes en la parte inferior y siendo fijados mediante tornillos en la parte superior. A continuación, se muestran varias figuras de montaje representando ambos casos:



Figura I.15. Colocación de paneles mediante railes (YUVAM, 2020)



Figura I.16. Colocación de paneles mediante fijaciones (ARCHISPACE, 2020)

#### ANEXO I.I.VI. Estructura del techo

De igual manera que el bastidor del suelo, el bastidor del techo también está formado por dos vigas longitudinales y dos vigas transversales de acero galvanizado conformado en frío de 2 a 3 milímetros de espesor. En este caso, las secciones no coincidirían con las de la estructura inferior ya que se debe disponer los raíles o canalones correspondientes a la evacuación de aguas pluviales. Estos pueden disponerse de varias formas, ya sea soldados directamente a las vigas longitudinales o, por otra parte, atornillados a estas o a las correas.

Transversalmente se colocan perfiles omega o perfiles rectangulares huecos de acero galvanizado a modo de correas, que soportan la chapa trapezoidal (de unos 0,6 milímetros de espesor). Proporcionan además resistencia mecánica y, mediante secciones distinto tamaño, se consigue dar la doble pendiente a la cubierta, vertiendo las aguas a los canalones con sus respectivas bajantes de PVC.

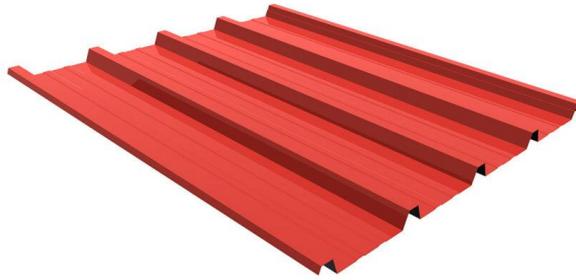


Figura I.17. Disposición de las correas y ejemplo de chapa trapezoidal (K-HOME, 2019)

El falso techo interior está formado por lamas metálicas prelacadas de unos 0,8 milímetros de espesor. Y entre el falso techo y la chapa de cubierta se coloca aislamiento de fibra de vidrio con lámina de vapor de unos 80 milímetros de espesor.



Figura I.18. Colocación del aislamiento en la estructura del techo (K-HOME, 2019)

También cabe la posibilidad de poder utilizar otros materiales aislantes. Por ejemplo, en lugar de utilizar varias correas para contar con un falso techo, se podría disponer paneles PUR/PIR de 3 grecas (dos laterales y una central, para darle mayor resistencia mecánica) o paneles de espuma de poliestireno (EPS), al igual que en las fachadas, sobre correas transversales.



Figura I.19. Panel PUR/PIR de 3 Grecas (PANELAIS, 2021a)

En algunos casos, con el fin de facilitar la caída de las aguas pluviales a los correspondientes canalones, se suele deformar los bordes de la chapa metálica superior a base de golpes. De

acuerdo a lo mostrado en la Figura I.20. Deformación de los bordes de la chapa metálica (JJC Houses, 2019).



*Figura I.20. Deformación de los bordes de la chapa metálica (JJC Houses, 2019)*

Cabe destacar que la estanqueidad exterior de los módulos se garantiza mediante el uso de cintas de neopreno y remates exteriores diseñados a medida. Además del uso de juntas y silicona.

Por último, las estructuras correspondientes al techo, también pueden contar con cuatro barras de acero corrugado en las esquinas, a fin de facilitar el desplazamiento del módulo mediante una grúa.

#### **ANEXO I.I.VII. Carpinterías**

La carpintería en cuanto a puertas exteriores en este tipo de módulos, suelen ser de hoja de panel sándwich de 40 milímetros de espesor, con un marco de aluminio lacado blanco, con manilla y cerradura.

En caso de llevar puerta acristalada o semi acristalada esta llevará un vidrio laminar de seguridad 3+3 transparente.

Como puerta interior, se podría llegar a utilizar una puerta en MDF con pintura electrostática sobre los marcos de la puerta de metal galvanizado.



*Figura I.21. Puerta exterior e interior*

En cuanto a las ventanas, están realizadas en perfilera de PVC blanco (aunque también cabe la posibilidad de montarlas en aluminio). Suelen ser ventanas correderas de dos hojas, con vidrio de 4 milímetros, con montaje de marco y contramarco.

Además, las ventanas pueden contar, en función de las peticiones del cliente, con persianas, mosquiteras, persianas venecianas con lama de 25 e, incluso, reja exterior de protección de aluminio incorporada en la propia ventana o reja metálica.



*Figura I.22. Tipos de ventanas*

En los aseos se podrán disponer ventanas en perfilera de PVC, batientes verticales de 1 hoja, con vidrio de 4 milímetros. De medidas aproximadas 500 x 500 milímetros, con montaje de marco y contramarco.

#### ANEXO I.I.VIII. Particiones interiores

En caso de querer dividir cada una de las estancias mediante particiones interiores, también existen varias posibilidades; utilizando paneles prefabricados que permitan un aislamiento acústico e incluso térmico. Ya sea desde paneles aislantes de lana de roca, como con PUR, e incluso, otras alternativas ofrecidas por algunas empresas.

Las principales ventajas de utilizar Paneles Sándwich de Lana de Roca son: presentan un mejor aislamiento acústico, lo que la convierte en una solución idónea para divisiones interiores. Además, presentan un mejor comportamiento en su exposición al fuego, ya que tanto la chapa como la lana de roca son incombustibles.

Por otra parte, como desventajas, tienen un mayor peso por m<sup>2</sup>, y, por lo tanto, mayor peso para el transporte y montaje. Además, su aislamiento térmico es inferior al de las espumas PUR/PIR y necesita más espesor para el mismo aislamiento.

Además, como se ha comentado anteriormente, hay empresas que ofrecen otras alternativas. Como es el caso de la empresa SPANS, que ha comercializado particiones para separación entre estancias constituidas por paneles prefabricados de gran formato (de suelo a techo), desarrollados y patentados.

Su acabado permite una aplicación rápida de pintura o papel de paredes. Además, las puertas de paso, conductos eléctricos, enchufes e interruptores vienen instalados de fábrica. Con distanciadores y elementos ocultos de sujeción. Y cuentan con tramos empotrados de la tubería con los correspondientes "fittings" para los aparatos sanitarios, en caso de ser utilizados. Esta solución queda recogida en la Figura I.24. Modelo partición interior (SPANS, 2021).



Figura I.23. Particiones interiores en conjunto modular



Figura I.24. Modelo partición interior (SPANS, 2021)

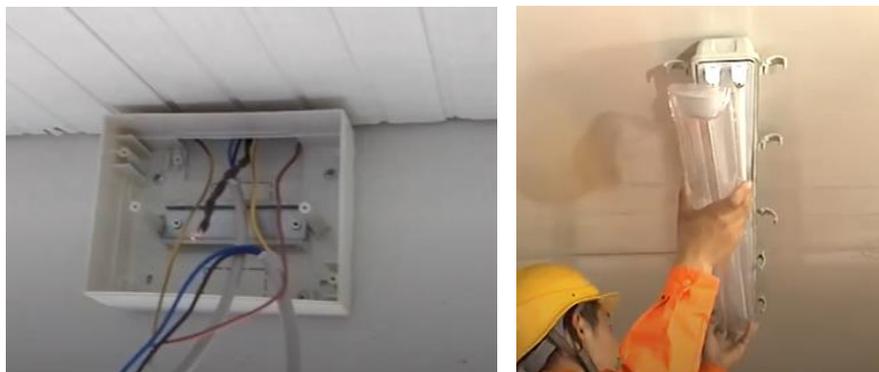
### ANEXO I.I.IX. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica y su canalización se ajustan a la normativa actual y el reglamento de baja tensión. Cada módulo dispone de un cuadro con protección independiente mediante magnetotérmicos y diferenciales necesarios para alumbrado, emergencias (en caso de contar con ellas), climatización y usos varios. Además, contará con elementos de protección frente a contactos directos, sobrecorrientes y cortocircuitos y contactos indirectos.

La iluminación artificial consta de uno o varios puntos de luz de bajo consumo y luz de emergencia, en caso de existir. También disponen de toma interior de corriente. Además, este tipo de módulos permite la colocación de un mayor número de elementos, así como equipos de climatización, protecciones adicionales, líneas de voz y datos, etc.

Por ejemplo, algunos elementos que se suelen utilizar son los siguientes:

- Pantalla estanca con difusor de superficie 2x36W/2x18W.
- Plafón de superficie o halógeno empotrado.
- Tomas de enchufe de 16ª+TT.
- Interruptores y/o conmutadores de superficie de 10ª+TT.
- Luminarias de superficie de emergencia de lúmenes adecuados a superficie.



*Figura I.25. Ejemplos de instalación eléctrica*

#### **ANEXO I.I.X. Fontanería y saneamiento**

Estas instalaciones se consideran completas exceptuando la red de traída de agua hasta el lugar de colocación del módulo y la red de evacuación de aguas residuales hasta la fosa séptica.

Los aparatos sanitarios están realizados en loza de color blanco, las conducciones mediante tubería de polietileno reticulado multicapa con sus correspondientes accesorios. Y la instalación de saneamiento estará formada por tubería y accesorios de PVC rígido, dotado de los correspondientes sifones hidráulicos. Las uniones se materializarán mediante adhesivos específicos de PVC para conseguir así, una perfecta estanqueidad. Existe la posibilidad de instalar las tomas de agua y desagües por el suelo o por la pared del módulo.

Por ejemplo, algunos elementos que se suelen utilizar son los siguientes:

- Inodoro porcelana completo con tanque bajo.
- Lavabo porcelana con pedestal completo y con grifo monomando AF/AC y espejo.
- Plato de ducha de acero plastificado con doble instalación de AF/AC y rociador.
- Sumidero conectado a la red de desagüe.



*Figura I.26. Ejemplo de baño en un módulo*

### ANEXO I.I.XI. Instalación de climatización

La instalación de climatización en módulos es opcional y puede llevarse a cabo mediante radiadores eléctricos, si es para calefacción, o por equipos de aire acondicionado tipo Split, si es para calor y frío.



Figura I.27. Radiador eléctrico y aire acondicionado tipo Split

### ANEXO I.I.XII. Cimentación o apoyos

La estructura de los módulos prefabricados, en particular el bastidor del suelo, permite prescindir de una cimentación compleja. En la actualidad, existen varias posibilidades a la hora de colocar de manera nivelada los módulos sobre el terreno. Una de ellas, ofrecida por la empresa "ALGECO", consiste en utilizar placas de alta resistencia, diseñadas y certificadas, que sirven para apoyo y nivelación de conjuntos modulares, válidas para cualquier terreno. Esta solución presenta ventajas respecto a otros materiales utilizados de manera convencional, tales como la madera, el hormigón o los bloques y adoquines.

Entre sus principales ventajas, se presentan aspectos como:

- Recuperable y fabricado a partir de material reciclado.
- Muy duradero, no se deforma y el entorno no altera sus propiedades.
- Gran resistencia mecánica y resistencia al agua y radiación solar.
- Transmite esfuerzos del módulo al terreno.
- Aplicable a distintas alturas.



Figura I.28. Cimentación transportable (ALGECO, 2021)

Como se ha comentado anteriormente, también existe la posibilidad de utilizar soluciones más tradicionales, como bloques de madera, bloques de hormigón, adoquines, ladrillos, ...



*Figura I.29. Soluciones de cimentación con materiales tradicionales*

Por último, en caso de que te encuentres con un terreno difícil o se quiera llevar a cabo la instalación de un conjunto modular mediante la unión de varios módulos, se podría optar por colocarlos sobre dados de ladrillo y hormigón situados en las esquinas de los módulos. O, incluso, se podría optar por una solución menos económica, que consiste en construir una base o solera de hormigón junto con varias zapatas en función del número de los módulos a colocar.



*Figura I.30. Cimentación a base de solera y zapatas de hormigón*

Obviamente, a la hora de ejecutar la solera, es importante tener en cuenta las instalaciones existentes en la parcela, o la previsión de ejecutar cosas como la toma de tierra, la acometida de agua, red de saneamiento, ...

### ANEXO I.I.XIII. Conjunto modular

Como se ha ido comentando anteriormente, una de las principales ventajas que ofrecen estos módulos, es que permiten llevar a cabo instalaciones o sistemas de construcción mediante el ensamblaje de varias unidades móviles. Ya que son adosables tanto en planta como en altura.

Hoy en día, se pueden crear construcciones modulares con múltiples aplicaciones, ya sean de carácter temporal o permanente. Por ejemplo, algunas de las posibles aplicaciones son: comedores, oficinas, campamentos, baños, módulos dormitorio, ...

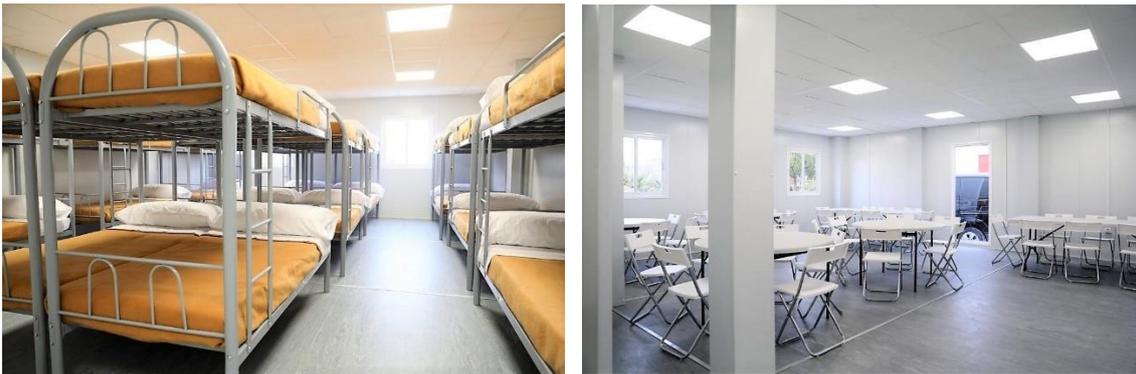


Figura I.31. Dormitorio y comedor en conjuntos modulares (PREFABRI, 2021b)

A continuación, se recoge la información o los aspectos más importantes a tener en cuenta en para poder llevar a cabo estos sistemas de construcción.

El primer aspecto a tener en cuenta, y de los más importantes, es garantizar una buena nivelación de los módulos respecto al terreno. Para ello, existen varias soluciones ya sea utilizando métodos tradicionales o métodos menos económicos (como se ha comentado en el apartado correspondiente a cimentación o apoyos).



Figura I.32. Caso de cimentación a base de solera de hormigón (PREFABRI, 2021b)

Otra aspecto a tener en cuenta, consiste en determinar si será necesario utilizar elementos de sujeción entre los módulos. En el ANEXO II.III., se estudia la posibilidad de que, a la hora de apilar dos módulos, el módulo superior pueda deslizarse. Y, por tanto, sea necesario el empleo de elementos de sujeción. Por ejemplo, en el caso de las construcciones modulares ofrecidas por el empresa "CONTAINEX", se utilizan elementos de sujeción acorde con la Figura I.33. Elemento de sujeción de módulos (CONTAINEX, 2015).



Figura I.33. Elemento de sujeción de módulos (CONTAINEX, 2015)

El siguiente paso consiste en colocar juntas de goma o burletes, tanto en las uniones exteriores entre módulos como en huecos entre puertas o entre las vigas longitudinales de la estructura del suelo, para garantizar la estanqueidad. Se suele utilizar, como ayuda en estos casos, una estaca de madera junto con un martillo.



Figura I.34. Colocación de juntas de goma o burletes (CONTAINEX, 2015)



Figura I.35. Colocación de juntas de goma o burletes (2) (CONTAINEX, 2015)

Llegado a este punto, quedaría reforzar o aislar dichas zonas. Por ejemplo, en el caso de dos módulos adosados en planta, en la unión entre las dos vigas longitudinales inferiores se puede colocar una plancha de acero atornillada, con o sin aislamiento extra, a fin de nivelar o guardar la estética interior del módulo. Cabe la posibilidad colocar un revestimiento similar al utilizado en los tableros aislantes del suelo a fin de mejorar la estética final.



Figura I.36. Colocación de chapa metálica inferior (CONTAINEX, 2015)

En el caso de los pilares, el procedimiento consiste en colocar, inicialmente, tiras de fibra de vidrio como aislante a lo largo de la longitud del pilar a fin de evitar cualquier puente térmico en la unión. Y, posteriormente, colocar una carcasa interior de corcho o madera a fin de embellecer la unión y mejorar la estética interior del conjunto modular.



Figura I.37. Colocación de aislamiento extra y carcasa interior (CONTAINEX, 2015)

Por otra parte, si se da la situación de tener conexiones entre módulos mediante puertas interiores, también será necesario colocar aislamiento entre los módulos, además de una chapa en la parte inferior de la puerta para nivelar el paso entre un módulo y otro.

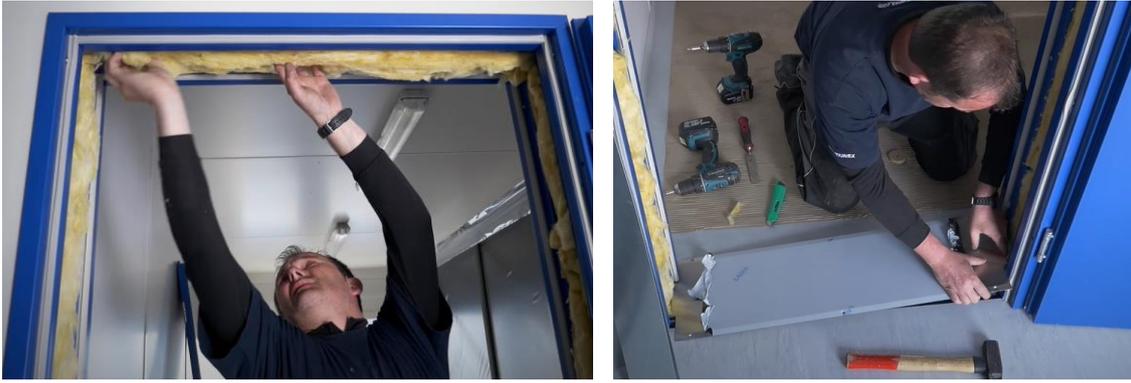


Figura I.38. Colocación de aislamiento y chapa inferior en puerta interior (CONTAINEX, 2015)

Finalmente, en la unión entre las dos vigas longitudinales superiores se colocará, inicialmente, tiras de fibra de vidrio como aislante a lo largo de la longitud de la viga a fin de evitar cualquier puente térmico en la unión. A continuación, también se puede colocar varios bloques de corcho con el perfil deseado. Para, posteriormente, colocar una nueva carcasa superior de PVC o madera a fin de embellecer la unión y mejorar la estética interior del conjunto modular. Por último, se remata con silicona las uniones de las carcasas.



Figura I.39. Colocación de aislamiento extra y carcasa interior (CONTAINEX, 2015)



Figura I.40. Remates finales con silicona (CONTAINEX, 2015)

El siguiente aspecto a analizar consiste en determinar cómo será el acceso al conjunto modular en caso de contar con varias alturas. Existen varias posibilidades:

- En el caso más sencillo, con un conjunto modular formado por dos hileras de unidades apiladas o en el caso de que no haya interconexión interior en los módulos, únicamente será necesario emplear escaleras. Hoy en día, se fabrican e instalan tanto escaleras interiores o exteriores, como pasarelas a medida y adaptadas a cada proyecto.



Figura I.41. Conjunto modular sencillo con escaleras para acceso (KARMOD, 2021a)

- Casos más complejos, como conjuntos modulares de grandes dimensiones, en los que se requieren pasillos intermedios para interconectar todos los accesos. En este caso serán necesarias tanto pasarelas de diferentes altura como escaleras con descansillos en cada una de las alturas disponibles.



Figura I.42. Conjunto modular con escalera y pasillos intermedios (KARMOD, 2021a)

El último aspecto a destacar consiste en que existe la posibilidad de añadir un sub-ensamblaje extra al conjunto modular. Se trata de un ensamblaje con forma de cubierta a dos aguas, es decir, formado por los hastiales típicos de construcciones (parte triangular de la fachada vertical en la que descansan las dos vertientes del tejado) y dos faldones con cierta inclinación.



*Figura I.43. Cubiertas a dos aguas en conjuntos modulares (KARMOD, 2021a)*

## ANEXO I.II. ACCIONES CONSIDERADAS

## ANEXO I.II.I. Acciones permanentes

## ANEXO I.II.I.I. Peso propio

Atendiendo al CTE-DB-SE-AE, el peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo.

El valor característico del peso propio de los elementos constructivos, se determinará, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios.

El procedimiento seguido para este caso, consiste en determinar el volumen de la pieza a analizar (mediante SOLIDWORKS) y las densidades o pesos específicos. Para posteriormente obtener el peso total del módulo.

Los cálculos se han ido realizando por partes:

## - Bastidor del suelo:

Pieza	Cantidad	Material	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Masa Ud [kg]	Masa total [kg]	Peso [N]
<b>Vigas Long. Suelo</b>	2	Acero galvanizado	4221726,89	7850	33,14	66,28	<b>650,22</b>
<b>Vigas Transv. Suelo</b>	2	Acero galvanizado	1692406,89	7850	13,29	26,57	<b>260,66</b>
<b>Piezas Esquina Suelo</b>	4	Acero galvanizado	70628,06	7850	0,55	2,22	<b>21,76</b>
<b>Viguetas Suelo</b>	11	Acero galvanizado	958464	7850	7,52	82,76	<b>811,91</b>
<b>Tablero Suelo</b>	1	Aglomerado Hidrófugo	259646400	680	176,56	176,56	<b>1732,05</b>

Tabla I.1. Pesos propios de piezas del bastidor del suelo

En la Tabla I.1. Pesos propios de piezas del bastidor del suelo, se puede observar el peso final en N de cada una de las piezas que conforman la estructura o bastidor del suelo.

## - Bastidor del techo:

Pieza	Cantidad	Material	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Masa Ud [kg]	Masa total [kg]	Peso [N]
<b>Vigas Long Techo</b>	2	Acero galvanizado	4027286,89	7850	31,61	63,23	620,27
<b>Vigas Trans Techo</b>	2	Acero galvanizado	1655006,18	7850	12,99	25,98	254,90
<b>Esquinas Techo</b>	4	Acero galvanizado	63244,06	7850	0,50	1,99	19,48
<b>Lama metálica inferior</b>	1	Aluminio	27331200	2700	73,79	73,79	723,921
<b>Viguetas Techo 40x40</b>	3	Acero galvanizado	758312,76	7850	5,95	17,86	175,19
<b>Viguetas Techo 30x30</b>	2	Acero galvanizado	1318912	7850	10,35	20,71	203,135
<b>Vigueta Central Techo 40x40</b>	1	Acero galvanizado	1789952	7850	14,05	14,05	137,842
<b>Piezas C 40x40 Techo</b>	3	Acero galvanizado	9762,92	7850	0,08	0,23	2,25548
<b>Piezas C 30x30 Techo</b>	6	Acero galvanizado	5482,92	7850	0,04	0,26	2,53339
<b>Chapa metálica Superior</b>	1	Acero galvanizado	27952162,18	7850	219,42	219,42	2152,55

Tabla I.2. Pesos propios de piezas del bastidor del techo

En la Tabla I.2. Pesos propios de piezas del bastidor del techo, se puede observar el peso final en N de cada una de las piezas que conforman la estructura o bastidor del techo.

- **Paneles aislantes de fachadas:**

Pieza	Cantidad	Material	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Masa Ud [kg]	Masa total [kg]	Peso [N]
Paneles PUR Laterales (780*40*2296)	6	PUR	71635200	40	2,87	17,19	168,658
Paneles PUR Frontal (885*40*2296)	4	PUR	81278400	40	3,25	13,00	127,575
Paneles PUR Frontal (800*40*296)	1	PUR	9472000	40	0,38	0,38	3,71681
Paneles PUR Frontal (750*40*296)	2	PUR	8880000	40	0,36	0,71	6,96902
Paneles PUR Frontal (750*40*1000)	2	PUR	30000000	40	1,20	2,40	23,544
Paneles PUR Posterior (885*40*2296)	4	PUR	81278400	40	3,25	13,00	127,575
Paneles PUR Posterior (800*40*2296)	1	PUR	73472000	40	2,94	2,94	28,8304
Paneles PUR Posterior (750*40*2296)	2	PUR	68880000	40	2,76	5,51	54,057

Tabla I.3. Pesos propios de paneles aislantes

En la Tabla I.3. Pesos propios de paneles aislantes, se puede observar el peso final en N de todos los paneles aislante necesarios, en función de sus dimensiones.

- **Piezas exteriores y tubos de pluviales:**

Pieza	Cantidad	Material	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Masa Ud [kg]	Masa total [kg]	Peso [N]
Tubos de PVC 40x40	4	PVC	688256	1420	0,98	3,91	38,35
Vigas Esquinas	4	Acero galvanizado	1054586,33	7850	8,28	33,11	324,848
Barras exteriores	4	Acero galvanizado	506240	7850	3,97	15,90	155,939

Tabla I.4. Pesos propios de piezas exteriores y tubos de pluviales

En la Tabla I.4. Pesos propios de piezas exteriores y tubos de pluviales, se puede observar el peso final en N de las barras exteriores y de los tubos de PVC necesarios para la bajante de aguas pluviales.

- **Carpinterías exteriores:**

Pieza	Cantidad	Material	Volumen [mm <sup>3</sup> ]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Masa Ud [kg]	Masa total [kg]	Peso [N]
Marcos ventanas	2	PVC	15496000	1420	22,00	44,01	431,725
Cristal ventanas	4	Vidrio	980400	2500	2,45	9,80	96,1772
Puerta	1	PVC/PUR	68158716,81	1420/ 40	96,79	96,79	949,465

Tabla I.5. Pesos propios de carpinterías exteriores

En la Tabla I.5. Pesos propios de carpinterías exteriores, se puede observar el peso final en N de cada una de las carpinterías exteriores utilizadas en el módulo.

Analizando cada una de las tablas anteriores, se puede concluir que el peso final del módulo (como suma del peso en kg de cada una de las partes analizadas) es de **1050,57 kg** sin tener en cuenta posibles juntas de estanqueidad, silicona y tornillería necesaria.

## ANEXO I.II.II. Acciones variables

### ANEXO I.II.II.I. Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente.

De acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona de este, como valores característicos se adoptarán los de la Tabla I.6. Valores característicos de las sobrecargas de uso. Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, contenido de los conductos, maquinaria y en su caso vehículos, así como las derivadas de la utilización poco habitual, como acumulación de personas, o de mobiliario con ocasión de un traslado.

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

Tabla I.6. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Suponiendo que se quiere orientar el módulo diseñado a una zona residencial, se deduce que la sobrecarga de uso a tener en cuenta es de categoría A. Con una subcategoría de uso A1: viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles.

Por tanto, se deberá tener en cuenta una carga uniformemente repartida de **2 kN/m<sup>2</sup>** sobre los tableros de aglomerado colocados en la estructura correspondiente al suelo del módulo.

## ANEXO I.II.II.II. Carga de nieve

Para la determinación de la carga de nieve se ha hecho, nuevamente, caso a las indicaciones dadas por el Código Técnico de la Edificación DB-SE-AE; apartado 3.5 de dicha norma.

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

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Siendo:

- $\mu$ : coeficiente de forma de la cubierta según apartado 3.5.3. En un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas, y en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, el coeficiente de forma tiene el valor de  $\mu = 1$  para cubiertas con inclinación menor o igual que 30°.
- $s_k$ : valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según apartado 3.5.2. El valor de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal en las capitales de provincia y ciudades autónomas se puede tomar de la Tabla I.7. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas.

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

Tabla I.7. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

En este caso, se ha decidido situar el módulo en Logroño, capital de la Rioja. Por tanto, el valor de  $s_k$  es de **0,6 kN/m<sup>2</sup>**.

Una vez obtenidos los valores de estas dos variables, se procede a obtener el valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal:

$$q_n = 1 \cdot 0,6 = 0,6 \frac{kN}{m^2}$$

## ANEXO I.II.II.III. Carga de viento

Según CTE-DB-SE-AE, la distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

La acción del viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática,  $q_e$  puede expresarse como:

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

Siendo:

- $q_b$ : la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse **0,5 kN/m<sup>2</sup>**. Sin embargo, puede obtenerse valores más precisos mediante el Anejo D, en función del emplazamiento geográfico.

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Siendo  $\delta$  la densidad del aire y  $v_b$  el valor básico de la velocidad del viento. La densidad del aire depende, entre otros factores, de la altitud, de la temperatura ambiental y de la fracción de agua en suspensión. En general puede adoptarse el valor de 1,25 kg/m<sup>3</sup>.

El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la Figura I.44. Valor básico de la velocidad del viento,  $v_b$ .



Figura I.44. Valor básico de la velocidad del viento,  $v_b$

Por tanto, el valor de la presión dinámica es, respectivamente de 0,42 kN/m<sup>2</sup>, 0,45 kN/m<sup>2</sup> y 0,52 kN/m<sup>2</sup> para las zonas A, B y C de dicho mapa.

Para el caso del módulo prefabricado, se ha seleccionado como localidad de estudio Logroño. Por tanto, atendiendo a la figura anterior, se encuentra en zona B, con una velocidad del viento de **27 m/s** y un valor de **0,45 kN/m<sup>2</sup>** para la presión dinámica.

- $c_e$ : el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno. Se determina de acuerdo con lo establecido en el apartado 3.3.3 de la norma, ya que ofrece unos valores aproximados.

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

Tabla I.8. Valores del coeficiente de exposición  $c_e$

En este caso, el módulo se ha ubicado en una zona con un grado de aspereza del entorno nivel IV; ya que se trata de una zona urbana en general, industrial o forestal. Además, la altura del módulo es de 2,5 metros. Por tanto, se ha seleccionado el valor mínimo de altura, que es de 3 metros.

$$c_e = 1,3$$

También, para alturas sobre el terreno  $z$ , no mayores de 200 m, puede determinarse mediante la siguiente expresión:

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

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

Siendo  $k$ ,  $L$  y  $Z$  parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la siguiente tabla:

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Tabla I.9. Coeficientes para tipo de entorno

Como se comentó anteriormente, se ha seleccionado una ubicación con grado de aspereza IV. Por tanto,  $k = 0,22$ ;  $L = 0,3$  m;  $Z = 5$  m.

$$F = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{5}{0,3}\right) = 0,619$$

$$c_e = 0,619 \cdot (0,619 + 7 \cdot 0,22) = 1,336$$

Por tanto, se elegirá este valor como base de cálculo.

\* Para el caso en que se desee analizar dos módulos apilados ubicados en una zona con un grado de aspereza del entorno nivel IV, la altura a escoger en este caso sería de 5 metros. Por tanto, será necesario interpolar en la Tabla I.8. Valores del coeficiente de exposición  $c_e$ , entre la altura de 3 m y la de 6 m.

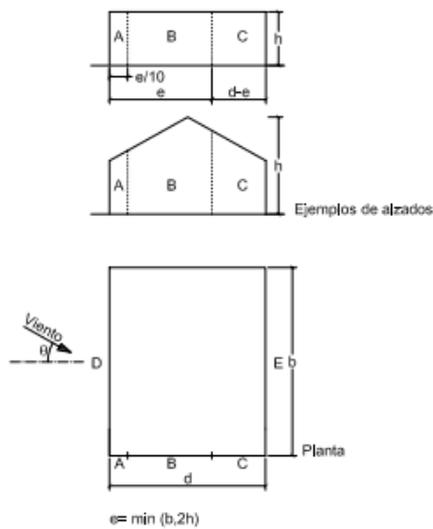
El valor final sería de:  $c_e = 1,367$

- $c_p$ : el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión.

**PARAMENTOS VERTICALES -> CASO 1. MÓDULO ÚNICO**

**a) Viento a 0º (Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ ).**

En este caso, las zonas A, B y C se corresponden con las cara lateral del módulo, la zona D se corresponde con la cara posterior y la zona E con la cara frontal o fachada principal.



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

Tabla I.10. Paramentos verticales

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10 \text{ m}^2$	$2,5/2,5 = 1$	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5

Tabla I.11. Coeficientes de presión para viento a  $0^\circ$ 

Los parámetros geométricos en este caso son:  $b = 6 \text{ m}$ ;  $d = 2,5 \text{ m}$  y  $h = 2,5 \text{ m}$ .

Por tanto, el valor de  $e$  será:

$$e = \min(b, 2h) = \min(6; 2 \cdot 2,5 = 5) = 5 \text{ m}$$

Si  $e = 5 \text{ m}$ :

- La zona A ocupa  $e/10 = 0,5 \text{ m}$ .
- La zona B ocupa  $9 \cdot e/10 = 4,5 \text{ m}$ .  
Pero como  $d = 2,5 \text{ m}$ , la zona B ocupará  $2,5 - 0,5 = 2 \text{ m}$ .
- La zona C, por tanto, no existirá en este caso.

A fin de facilitar los cálculos, se obtendrá valor promedio aproximado para la zona ABC:

$$ABC = \left[ A \cdot \frac{e}{10} + B \cdot \left( d - \frac{e}{10} \right) \right] \cdot \frac{1}{d}$$

$$ABC = \left[ -1,2 \cdot \frac{5}{10} - 0,8 \cdot \left( 2,5 - \frac{5}{10} \right) \right] \cdot \frac{1}{2,5} = -0,88$$

Por tanto, el valor de la presión estática del viento para este caso es:

ZONAS	$q_b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_e \cdot C_p$	$q_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
ABC	0,45	-1,176	-0,529
D	0,45	1,069	0,481
E	0,45	-0,668	-0,301

Tabla I.12. Valores presiones estáticas para viento a  $0^\circ$ 

### b) Viento a $90^\circ$ (Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ ).

En este caso, las zonas A, B y C se corresponden con la cara frontal y las zonas D y E, con las caras laterales.

Para obtener los coeficientes eólicos o de presión, se volverá a hacer uso de la Tabla I.10. Paramentos verticales. La principal diferencia es que, en este caso, el viento actúa en una de las caras laterales.

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 6,25 \text{ m}^2$ $\approx 5 \text{ m}^2$	$2,5/6 = 0,42 \approx 0,25$	-1,3	-0,9	-0,5	0,8	-0,3

Tabla I.13. Coeficientes de presión para viento a  $90^\circ$ 

Los parámetros geométricos en este caso son:  $b = 2,5 \text{ m}$ ;  $d = 6 \text{ m}$  y  $h = 2,5 \text{ m}$ .

Por tanto, el valor de  $e$  será:

$$e = \min(b, 2h) = \min(2,5; 2 \cdot 2,5 = 5) = 2,5 \text{ m}$$

Si  $e = 2,5$  m:

- La zona A ocupa  $e/10 = 0,25$  m.
- La zona B ocupa  $9 \cdot e/10 = 2,25$  m.
- La zona C ocupará, por tanto, el resto que son 3,5 m.

A fin de facilitar los cálculos, se obtendrá valor promedio aproximado para la zona ABC:

$$ABC = \left[ A \cdot \frac{e}{10} + B \cdot \frac{9e}{10} + C \cdot (d - e) \right] \cdot \frac{1}{d}$$

$$ABC = \left[ -1,3 \cdot \frac{2,5}{10} - 0,9 \cdot \frac{9 \cdot 2,5}{10} - 0,5 \cdot (6 - 2,5) \right] \cdot \frac{1}{6} = -0,683$$

Por tanto, el valor de la presión estática del viento para este caso es:

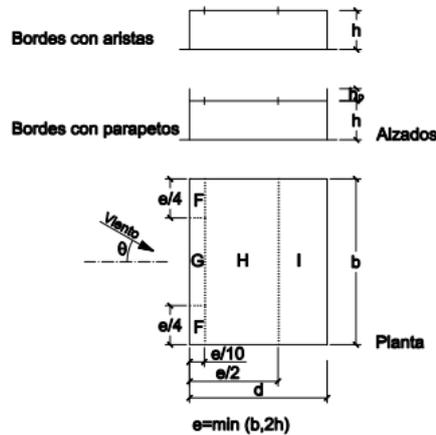
ZONAS	$q_b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_e \cdot C_p$	$q_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
ABC	0,45	-0,913	-0,411
D	0,45	1,069	0,481
E	0,45	-0,401	-0,180

Tabla I.14. Valores presiones estáticas para viento a 90°

**CUBIERTA PLANA -> CASO 1. MÓDULO ÚNICO**

a) Viento a 0° (Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ ).

En este caso, se analizarán las zonas correspondientes a una cubierta plana. Las cuales vienen definidas en la Tabla I.15. Cubiertas planas.



	$h_p/h$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
			F	G	H	I
Bordes con aristas		$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2
		$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-0,2
Con parapetos	0,025	$\geq 10$	-1,6	-1,1	-0,7	0,2
		$\leq 1$	-2,2	-1,8	-1,2	-0,2
	0,05	$\geq 10$	-1,4	-0,9	-0,7	0,2
		$\leq 1$	-2,0	-1,6	-1,2	-0,2
0,10	$\geq 10$	-1,2	-0,8	-0,7	0,2	
	$\leq 1$	-1,8	-1,4	-1,2	-0,2	

Nota: Se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5°

Tabla I.15. Cubiertas planas

El módulo en cuestión no cuenta con parapetos. Por tanto, se hará uso de la parte de la tabla correspondiente a bordes con aristas.

A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
	F	G	H	I
$\geq 10 \text{ m}^2$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2/-0,2

Tabla I.16. Coeficientes de presión para viento a  $0^\circ$  (cubierta plana)

Los parámetros geométricos en este caso son:  $b = 6 \text{ m}$ ;  $d = 2,5 \text{ m}$  y  $h = 2,5 \text{ m}$ .

Por tanto, el valor de  $e$  será:

$$e = \min(b, 2h) = \min(6; 2 \cdot 2,5 = 5) = 5 \text{ m}$$

Si  $e = 5 \text{ m}$ :

- La zona F ocupa el área conformada por  $e/4 = 1,25 \text{ m}$  y  $e/10 = 0,5 \text{ m}$ .
- La zona G ocupa el área conformada por  $(b-2 \cdot e/4) = 3,5 \text{ m}$  y  $e/10 = 0,5 \text{ m}$ .
- La zona H ocupa el área conformada por  $b = 6 \text{ m}$  y  $(e/2 - e/10) = 2 \text{ m}$ .
- La zona I, en este caso, no existiría ya que la anchura "d" ya se cubre con las zonas anteriores.

En este caso, se realizará una ponderación de las áreas de influencia en lugar de las longitudes.

ZONAS	F	G	H
$C_{p,ext}$	-1,8	-1,2	-0,7
Longitud [m]	1,25	3,5	6
Anchura [m]	0,5	0,5	2
Área [m <sup>2</sup> ]	0,625	1,75	3
$C_{p,ext} (F,G,H)$	-1,075		

Tabla I.17. Valor aproximado de coeficiente de presión para zonas F, G y H

Por tanto, el valor de la presión estática del viento para este caso es:

ZONAS	$q_b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_e \cdot C_p$	$q_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
FGH	0,45	-1,436	-0,646

Tabla I.18. Valores presiones estáticas para viento a  $0^\circ$  (cubierta plana)

### b) Viento a $90^\circ$ (Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ ).

En este caso, se analizarán las zonas correspondientes a una cubierta plana. Las cuales vienen definidas en la Tabla I.15. Cubiertas planas; salvo que, en este caso, se analizará el viento a  $90^\circ$ .

A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
	F	G	H	I
$6,25 \text{ m}^2$	-2,09	-1,53	-0,91	0,2/-0,2

Tabla I.19. Coeficientes de presión para viento a  $90^\circ$  (cubierta plana)

Los parámetros geométricos en este caso son:  $b = 2,5 \text{ m}$ ;  $d = 6 \text{ m}$  y  $h = 2,5 \text{ m}$ .

Por tanto, el valor de e será:

$$e = \min(b, 2h) = \min(2, 5; 2 \cdot 2, 5 = 5) = 2, 5 \text{ m}$$

Si e = 2,5 m:

- La zona F ocupa el área conformada por  $e/4 = 0,625$  m y  $e/10 = 0,25$  m.
- La zona G ocupa el área conformada por  $(b-2 \cdot e/4) = 1,25$  m y  $e/10 = 0,25$  m.
- La zona H ocupa el área conformada por  $b = 2,5$  m y  $(e/2 - e/10) = 1$  m.
- La zona I ocupa el área conformada por  $b = 2,5$  m y  $(d - e/2) = 4,75$  m.

En este caso, se realizará una ponderación de las áreas de influencia en lugar de las longitudes.

ZONAS	F	G	H	I
$C_{p,ext}$	-2,09	-1,53	-0,91	0,2
Longitud [m]	0,625	1,25	2,5	2,5
Anchura [m]	0,25	0,25	1	4,75
Área [m <sup>2</sup> ]	0,156	0,313	2,5	11,875
$C_{p,ext} (F,G,H,I)$	-0,069			

Tabla I.20. Valor aproximado de coeficiente de presión para zonas F, G, H e I

Por tanto, el valor de la presión estática del viento para este caso es:

ZONAS	$q_b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_e \cdot C_p$	$q_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
FGHI	0,45	-0,092	-0,042

Tabla I.21. Valores presiones estáticas para viento a 90° (cubierta plana)

### PARAMENTOS VERTICALES -> CASO 2. DOS MÓDULOS APILADOS

#### a) Viento a 0° (Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ ).

En este caso, las zonas A, B y C se corresponden con la cara lateral de ambos módulos, la zona D se corresponde con las caras posteriores y la zona E con las caras frontales o fachadas principales. Se utilizará la Tabla I.10. Paramentos verticales, para la obtención de los coeficientes:

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10 \text{ m}^2$	$5/2,5 = 2$	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,55

Tabla I.22. Coeficientes de presión para viento a 0°

Los parámetros geométricos en este caso son: b = 6 m; d = 2,5 m y h = 5 m.

Por tanto, el valor de e será:

$$e = \min(b, 2h) = \min(6; 2 \cdot 5 = 10) = 6 \text{ m}$$

Si e = 6 m:

- La zona A ocupa  $e/10 = 0,6$  m.
- La zona B ocupa  $9-e/10 = 5,4$  m.  
Pero como d = 2,5 m, la zona B ocupará  $2,5 - 0,6 = 1,9$  m.
- La zona C, por tanto, no existirá en este caso.

A fin de facilitar los cálculos, se obtendrá valor promedio aproximado para la zona ABC:

$$ABC = \left[ A \cdot \frac{e}{10} + B \cdot \left( d - \frac{e}{10} \right) \right] \cdot \frac{1}{d}$$

$$ABC = \left[ -1,2 \cdot \frac{6}{10} - 0,8 \cdot \left( 2,5 - \frac{6}{10} \right) \right] \cdot \frac{1}{2,5} = -0,896$$

Por tanto, el valor de la presión estática del viento para este caso es:

ZONAS	$Q_b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_e \cdot C_p$	$q_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
ABC	0,45	-1,225	-0,551
D	0,45	1,094	0,492
E	0,45	-0,752	-0,338

Tabla I.23. Valores presiones estáticas para viento a 0°

**b) Viento a 90° (Dirección del viento 45° ≤ θ ≤ 135°).**

En este caso, las zonas A, B y C se corresponden con las caras frontales y las zonas D y E, con las caras laterales.

Para obtener los coeficientes eólicos o de presión, se volverá a hacer uso de la Tabla I.10. Paramentos verticales. La principal diferencia es que, en este caso, el viento actúa en una de las caras laterales.

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10 m <sup>2</sup>	5/6 = 0,83 ≈ 1	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5

Tabla I.24. Coeficientes de presión para viento a 90°

Los parámetros geométricos en este caso son: b = 2,5 m; d = 6 m y h = 5 m.

Por tanto, el valor de e será:

$$e = \min(b, 2h) = \min(2,5; 2 \cdot 5 = 10) = 2,5 \text{ m}$$

Si e = 2,5 m:

- La zona A ocupa  $e/10 = 0,25$  m.
- La zona B ocupa  $9 \cdot e/10 = 2,25$  m.
- La zona C ocupará, por tanto, el resto que son 3,5 m.

A fin de facilitar los cálculos, se obtendrá valor promedio aproximado para la zona ABC:

$$ABC = \left[ A \cdot \frac{e}{10} + B \cdot \frac{9e}{10} + C \cdot (d - e) \right] \cdot \frac{1}{d}$$

$$ABC = \left[ -1,2 \cdot \frac{2,5}{10} - 0,8 \cdot \frac{9 \cdot 2,5}{10} - 0,5 \cdot (6 - 2,5) \right] \cdot \frac{1}{6} = -0,642$$

Por tanto, el valor de la presión estática del viento para este caso es:

ZONAS	$q_b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_e \cdot C_p$	$q_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
ABC	0,45	-0,878	-0,395
D	0,45	1,094	0,4892
E	0,45	-0,684	-0,308

Tabla I.25. Valores presiones estáticas para viento a 90°

**CUBIERTA PLANA -> CASO 2. DOS MÓDULOS APILADOS****a) Viento a 0° (Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ ).**

En este caso, se analizarán las zonas correspondientes a una cubierta plana. Las cuales vienen definidas en la Tabla I.15. Cubiertas planas.

El módulo en cuestión no cuenta con parapetos. Por tanto, se hará uso de la parte de la tabla correspondiente a bordes con aristas.

A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
	F	G	H	I
$\geq 10 \text{ m}^2$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2/-0,2

Tabla I.26. Coeficientes de presión para viento a 0° (cubierta plana)

Los parámetros geométricos en este caso son:  $b = 6 \text{ m}$ ;  $d = 2,5 \text{ m}$  y  $h = 5 \text{ m}$ .

Por tanto, el valor de  $e$  será:

$$e = \min(b, 2h) = \min(6; 2 \cdot 5 = 10) = 6 \text{ m}$$

Si  $e = 6 \text{ m}$ :

- La zona F ocupa el área conformada por  $e/4 = 1,5 \text{ m}$  y  $e/10 = 0,6 \text{ m}$ .
- La zona G ocupa el área conformada por  $(b-2 \cdot e/4) = 3 \text{ m}$  y  $e/10 = 0,6 \text{ m}$ .
- La zona H ocupa el área conformada por  $b = 6 \text{ m}$  y  $(2,5 - e/10) = 1,9 \text{ m}$ .
- La zona I, en este caso, no existiría ya que la anchura "d" ya se cubre con las zonas anteriores.

En este caso, se realizará una ponderación de las áreas de influencia en lugar de las longitudes.

ZONAS	F	G	H
$C_{p,ext}$	-1,8	-1,2	-0,7
Longitud [m]	1,5	3	6
Anchura [m]	0,6	0,6	1,9
Área [m <sup>2</sup> ]	0,9	1,8	11,4
$C_{p,ext} (F,G,H)$	-0,892		

Tabla I.27. Valor aproximado de coeficiente de presión para zonas F, G y H

Por tanto, el valor de la presión estática del viento para este caso es:

ZONAS	$q_b \text{ [kN/m}^2\text{]}$	$C_e \cdot C_p$	$q_e \text{ [kN/m}^2\text{]}$
FGH	0,45	-1,219	-0,549

Tabla I.28. Valores presiones estáticas para viento a 0° (cubierta plana)

**b) Viento a 90° (Dirección del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ ).**

En este caso, se analizarán las zonas correspondientes a una cubierta plana. Las cuales vienen definidas en la Tabla I.15. Cubiertas planas; salvo que, en este caso, se analizará el viento a 90°.

A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
	F	G	H	I
$\geq 10 \text{ m}^2$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2/-0,2

Tabla I.29. Coeficientes de presión para viento a  $90^\circ$  (cubierta plana)

Los parámetros geométricos en este caso son:  $b = 2,5 \text{ m}$ ;  $d = 6 \text{ m}$  y  $h = 5 \text{ m}$ .

Por tanto, el valor de  $e$  será:

$$e = \min(b, 2h) = \min(2,5; 2 \cdot 5 = 10) = 2,5 \text{ m}$$

Si  $e = 2,5 \text{ m}$ :

- La zona F ocupa el área conformada por  $e/4 = 0,625 \text{ m}$  y  $e/10 = 0,25 \text{ m}$ .
- La zona G ocupa el área conformada por  $(b-2 \cdot e/4) = 1,25 \text{ m}$  y  $e/10 = 0,25 \text{ m}$ .
- La zona H ocupa el área conformada por  $b = 2,5 \text{ m}$  y  $(e/2 - e/10) = 1 \text{ m}$ .
- La zona I ocupa el área conformada por  $b = 2,5 \text{ m}$  y  $(d - e/2) = 4,75 \text{ m}$ .

En este caso, se realizará una ponderación de las áreas de influencia en lugar de las longitudes.

ZONAS	F	G	H	I
$C_{p,ext}$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2
Longitud [m]	0,625	1,25	2,5	2,5
Anchura [m]	0,25	0,25	1	4,75
Área [m <sup>2</sup> ]	0,156	0,313	2,5	11,875
$C_{p,ext} (F,G,H,I)$	-0,021			

Tabla I.30. Valor aproximado de coeficiente de presión para zonas F, G, H e I

Por tanto, el valor de la presión estática del viento para este caso es:

ZONAS	$q_b$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_e \cdot C_p$	$q_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
FGHI	0,45	-0,029	-0,013

Tabla I.31. Valores presiones estáticas para viento a  $90^\circ$  (cubierta plana)

# ANEXO II

# CÁLCULOS

ANEXO II.I. – CÁLCULO DE CORREA INFERIOR

ANEXO II.II. – DISEÑO Y ANÁLISIS CON CYPE 3D DE PASARELA CON ESCALERA

ANEXO II.III. – ESTUDIO DE LA POSIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO

ANEXO II.IV. – DISEÑO Y ANÁLISIS CON CYPE 3D DE MÓDULO PREFABRICADO

ANEXO II.V. – CÁLCULO DE UNIÓN ATORNILLADA INFERIOR

ANEXO II. CÁLCULOS

## ANEXO II.I. CÁLCULO DE CORREA INFERIOR

## ANEXO II.I.I. Introducción

A continuación, se mostrará el procedimiento seguido para el cálculo de una de las correas intermedias, pertenecientes al ensamblaje del suelo del módulo a analizar. Cabe destacar que la separación "s" entre ellas es de 500 milímetros y que, durante el diseño, se estableció que estas correas irán atornilladas en sus extremos. Por ello, para realizar el cálculo se ha tenido en cuenta que, la correa en cuestión, se encuentra empotrada en ambos extremos, es decir, no permite el giro en ninguna dirección.

Por tanto, se tratará de analizar una barra de sección rectangular hueca biempotrada, sometida a una carga uniformemente repartida a lo largo de su longitud. Dicha carga repartida queda compuesta por la suma de la carga ejercida por el peso propio de los tableros de aglomerado y una sobrecarga de uso correspondiente a una zona residencial (USO A), ya que se quiere orientar el módulo hacia vivienda.

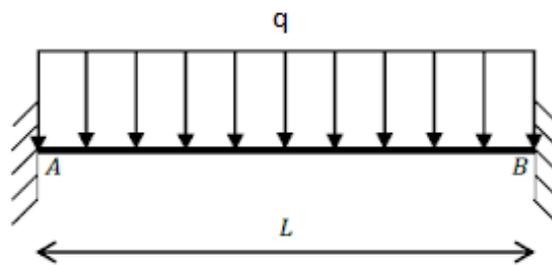


Figura II.1. Modelo a analizar.

Siendo:

$$q = q_{\text{aglomerado}} + q_{\text{usoA}} = 0,0634 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 1,0634 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{\text{aglomerado}} = 0,127 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,5 \text{ m} = 0,0634 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{\text{usoA}} = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,5 \text{ m} = 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Para la obtención del valor de la sobrecarga de uso correspondiente a zona residencial se ha hecho uso de la tabla 3.1 del CTE-DB-SE-AE.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2

Tabla II.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso.

$$L = 2,496 \text{ m}; \text{ según medidas del diseño.}$$

Por otra parte, cabe destacar que dicha viga cuenta con un perfil rectangular hueco de las siguientes dimensiones; H = 40 mm de ancho, B = 60 mm de alto y e = 2 mm de espesor.

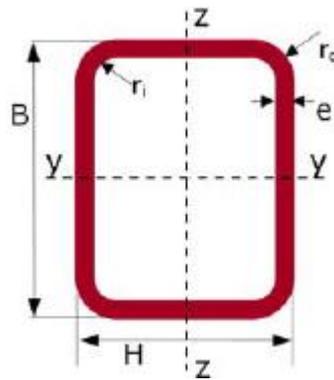


Figura II.2. Sección rectangular hueca.

ANEXO II.I.II. Reacciones y diagramas de esfuerzos mediante prontuario

Inicialmente, al tratarse de una viga biempotrada, se hizo uso del “Prontuario básico de estructuras simples”. Ya que permite un cálculo rápido tanto de reacciones y solicitaciones como de deformaciones. Por ello, se buscó en dicho documento el modelo que se correspondiese con el análisis en cuestión; Viga simple empotrada: carga uniforme q en todo el vano.

<b>VIGA SIMPLE EMPOTRADA: carga uniforme q en todo el vano.</b>	
	<b>Reacciones y solicitaciones</b>
	Reacciones: $R_A = R_B = \frac{qL}{2}$ Cortantes: $V_{AB} = q \left( \frac{L}{2} - x \right)$ $V_A = -V_B = \frac{qL}{2}$ Flectores: $M_{AB} = -\frac{q}{12} (L^2 - 6Lx + 6x^2)$ $M_A = M_B = -\frac{qL^2}{12}$ $M_{máx} = \frac{qL^2}{24}$ para $x = \frac{L}{2}$ $M_x = 0$ para $x = 0,2113L$
	<b>Deformaciones</b>
	Elástica: $y_{AB} = \frac{qL^4}{24EI} \left( \frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right)^2$ Flecha máxima: $y_{máx} = \frac{qL^4}{384EI}$ para $x = \frac{L}{2}$

Figura II.3. Viga simple empotrada: carga uniforme q en todo el vano.

**Reacciones y solicitaciones:**

- Reacciones:

$$R_A = R_B = \frac{qL}{2} = \frac{\left(1,0634 \frac{kN}{m} \cdot 2,496 m\right)}{2} = 1,327 kN$$

- Cortantes:

$$V_A = -V_B = \frac{qL}{2} = \frac{\left(1,0634 \frac{kN}{m} \cdot 2,496 m\right)}{2} = 1,327 kN$$

- Flectores:

$$M_A = M_B = -\frac{qL^2}{12} = -\frac{\left(1,0634 \frac{kN}{m} \cdot 2,496^2 m^2\right)}{12} = -0,552 kNm$$

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{qL^2}{24} = \frac{\left(1,0634 \frac{kN}{m} \cdot 2,496^2 m^2\right)}{24} = 0,276 kNm;$$

$$; \text{ para } x = \frac{L}{2} = \frac{2,496 m}{2} = 1,248 m$$

**Deformaciones:**

- Flecha máxima:

$$y_{m\acute{a}x} = \frac{qL^4}{384EI} = \frac{\left(1,0634 \frac{kN}{m} \cdot 2,496^4 m^4\right)}{384 \cdot 200 \cdot 10^6 \frac{kN}{m^2} \cdot 18,1 \cdot 10^{-8} m^4} = 0,00297 m = 2,97 mm$$

Siendo:

E, el módulo elástico del acero: **E = 200 GPa**.

I, el momento de inercia de la sección (obtenido mediante prontuario): **I = 18,1 cm<sup>4</sup>**.

A continuación, se procede a obtener los diagramas de esfuerzos. Para ello, se utilizarán las expresiones anteriores, proporcionadas por el prontuario:

- Cortantes:

$$V_{AB} = q \left( \frac{L}{2} - x \right) = 1,327 - 1,0634 \cdot x; V_{AB} = \begin{cases} V_A(x=0) = 1,327 kN \\ V_B(x=2,496) = -1,327 kN \\ V_{AB} = 0 \rightarrow x = 1,248 m \end{cases}$$

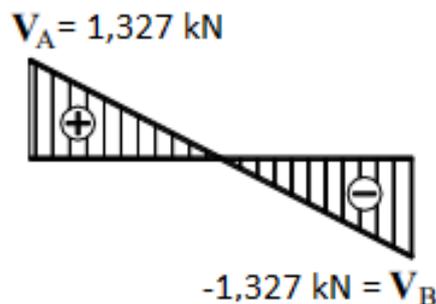


Figura II.4. Diagrama de cortantes.

- Flectores:

$$M_{AB} = -\frac{q}{12}(L^2 - 6Lx + 6x^2) = -0,552 + 1,327 \cdot x - 1,0634 \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$M_{AB} = \begin{cases} M_A(x = 0) = -0,552 \text{ kNm} \\ M_B(x = 2,496) = -0,552 \text{ kNm} \\ M_{AB}(x = 1,248) = 0,276 \text{ kNm} \end{cases}$$

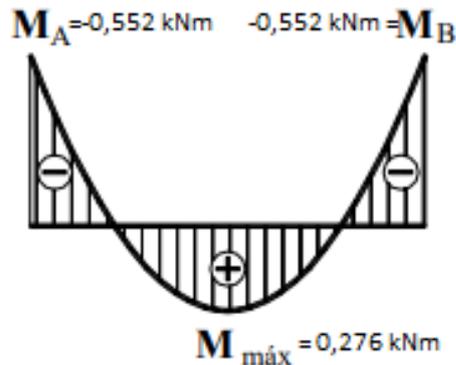


Figura II.5. Diagrama de flectores.

### ANEXO II.I.III. Reacciones y diagramas de esfuerzos mediante Cype 3D

Como herramienta complementaria a fin de comprobar resultados, se ha utilizado el software CYPE 3D. A continuación, se muestra el procedimiento seguido para el cálculo del modelo:

- Primero se deben definir los nudos A y B, con una distancia  $L = 2,496 \text{ m}$  entre ellos. También será necesario definir la viga del modelo, así como su perfil.

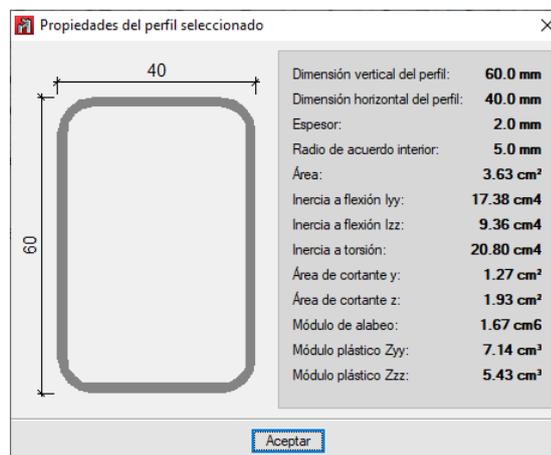


Figura II.6. Propiedades del perfil seleccionado.

Por último, será necesario definir las vinculaciones exteriores (empotramientos) y la carga uniformemente repartida en todo el vano.

Cabe destacar también que se ha desactivado la opción de generar las cargas de peso propio de las barras, ya que en el cálculo a mano no se ha tenido en cuenta.

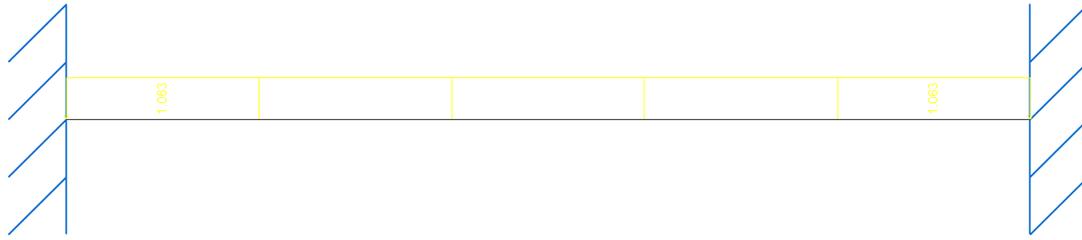


Figura II.7. Modelo en CYPE 3D.

Una vez alcanzado este punto, únicamente falta calcular el modelo y analizar los resultados obtenidos.

- Reacciones:



Figura II.8. Reacciones obtenidas con CYPE 3D.

Se puede comprobar que coinciden con las reacciones obtenidas mediante el Prontuario.

- Diagrama de cortantes:

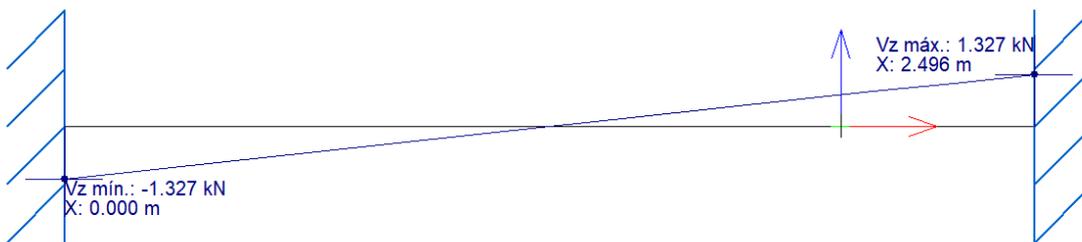


Figura II.9. Diagrama de cortantes obtenido con CYPE 3D.

La principal diferencia entre el Prontuario y CYPE 3D es que no utilizan el mismo criterio de signos para los cortantes. Es por ello por lo que los diagramas no coinciden.

- Diagrama de flectores:

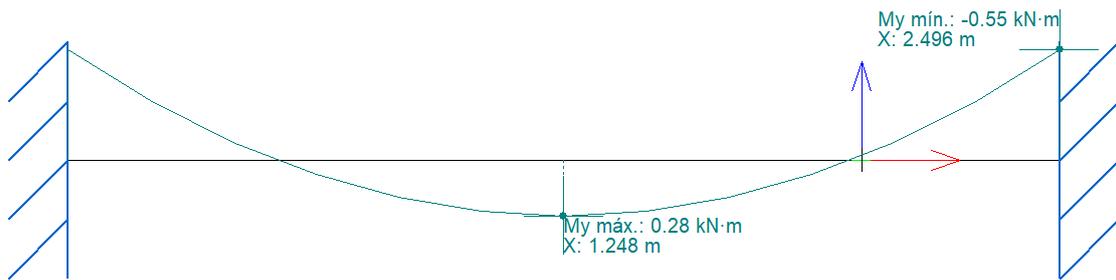


Figura II.10. Diagrama de flectores obtenido con CYPE 3D.

Se puede comprobar que coincide con el diagrama de flectores obtenido mediante el Prontuario.

- Flecha:

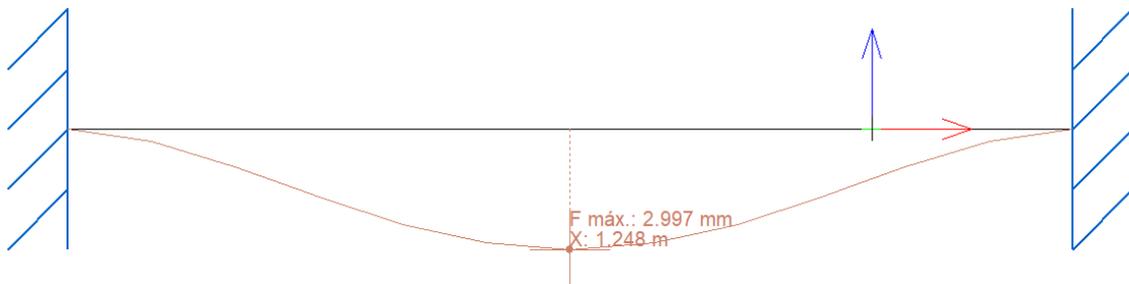


Figura II.11. Flecha máxima según CYPE 3D.

Se puede observar que los valores son prácticamente iguales. Esa mínima diferencia se puede deber a que en CYPE se introducido el perfil a mano y los momentos de inercia no coinciden exactamente entre CYPE y el prontuario de perfiles.

- Deformada:

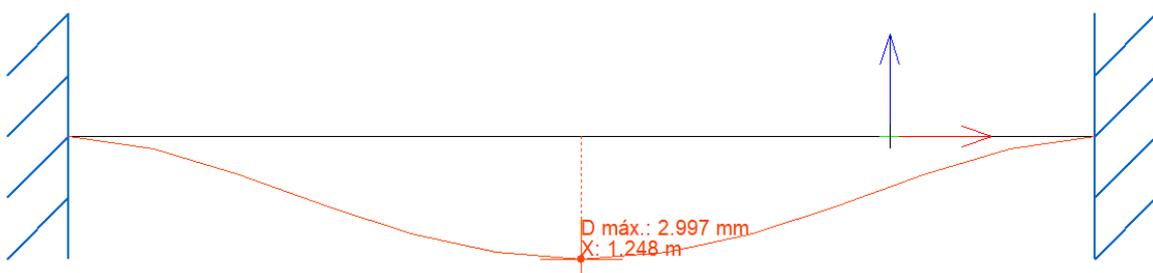


Figura II.12. Deformada según CYPE 3D

Cabe destacar que la curva cambia de trayectoria en dos puntos de inflexión, que se corresponden con los puntos en los que el momento es nulo.

Según Figura II.3. Viga simple empotrada: carga uniforme q en todo el vano.:

$$M_x = 0 \text{ para } \begin{cases} x_1 = 0,2113 \cdot L = 0,5274 \text{ m} \\ x_2 = 2,496 - 0,527 = 1,9686 \text{ m} \end{cases}$$

## ANEXO II.I.IV. Flecha máxima mediante método de Doble Integración

El método de doble integración produce ecuaciones para la pendiente y permite la determinación directa del punto de máxima deflexión. Por lo tanto, es un método geométrico. Es el método más general para determinar deflexiones. Se puede usar para resolver casi cualquier combinación de cargas y condiciones de apoyo en vigas.

A continuación, se muestra el procedimiento seguido:

- Se plantea la siguiente expresión:

$$EI \cdot y'' = M(x)$$

$$y'' = \frac{1}{EI} \cdot \left( -1,0634 \cdot \frac{x^2}{2} + 1,327 \cdot x - 0,552 \right)$$

- A continuación, se plantea la expresión correspondiente a giros:

$$y' = \int y'' \cdot dx$$

$$y' = \frac{1}{EI} \cdot \left( -1,0634 \cdot \frac{x^3}{6} + 1,327 \cdot \frac{x^2}{2} - 0,552 \cdot x + A \right)$$

- Finalmente, se plantea la expresión correspondiente a desplazamientos:

$$y = \int y' \cdot dx$$

$$y = \frac{1}{EI} \cdot \left( -1,0634 \cdot \frac{x^4}{24} + 1,327 \cdot \frac{x^3}{6} - 0,552 \cdot \frac{x^2}{2} + A \cdot x + B \right)$$

- Una vez obtenidas las dos expresiones anteriores, se procede a establecer las condiciones de contorno con el fin de obtener los valores de A y B.

$$y(x=0) = 0 \rightarrow B = 0$$

$$y'(x=1,248) = 0 \rightarrow A = 7,96 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{1}{EI} \cdot \left( -1,0634 \cdot \frac{1,248^3}{6} + 1,327 \cdot \frac{1,248^2}{2} - 0,552 \cdot 1,248 + A \right) = 0$$

A continuación, se procede a obtener el valor de la flecha máxima. Para ello se seguirán los siguientes pasos:

- La flecha máxima se da donde el giro es nulo. Por ello, se iguala la expresión de giros a 0 y se obtienen los diferentes valores de x.

$$\frac{1}{EI} \cdot \left( -1,0634 \cdot \frac{x^3}{6} + 1,327 \cdot \frac{x^2}{2} - 0,552 \cdot x + 7,96 \cdot 10^{-6} \right) = 0$$

$$x = \begin{cases} x_1 = 0 \text{ m} \\ x_2 = 2,496 \text{ m} \\ x_3 = 1,258 \text{ m} \end{cases}$$

Se escoge el tercer valor de  $x$ , ya que los otros dos se corresponden con los empotramientos. La flecha máxima no se puede dar en los apoyos ya que los desplazamientos y giros en empotramientos son nulos.

- Finalmente, se calcula el valor de flecha máxima sustituyendo en la expresión de desplazamientos el valor de  $x$  obtenido anteriormente.

$$y(x = 1,248) = -0,00297 \text{ m} = -2,97 \text{ mm}$$

En este caso, el valor negativo quiere decir que la flecha máxima es vertical hacia abajo en el punto medio de la viga.

#### ANEXO II.I.V. Flecha máxima mediante Segundo Teorema de Mohr

La expresión a utilizar es la siguiente:

$$y_B = y_A + \theta_A \cdot (x_B - x_A) + \int_A^B \frac{M(x)}{EI(x)} \cdot (x_B - x) \cdot dx$$

Sabiendo que la flecha máxima se da en el punto medio de la viga, es decir, a 1,248 metros del apoyo A, se plantea la ecuación:

$$y_{1,248 \text{ m}} = 0 + 0 \cdot (1,248 - 0) + \int_0^{1,248} \frac{M(x)}{EI(x)} \cdot (1,248 - x) \cdot dx$$

Siendo:

- $M(x) = -1,0634 \cdot \frac{x^2}{2} + 1,327 \cdot x - 0,552$ .
- $E = 200 \text{ GPa}$ .
- $I = 18,1 \text{ cm}^4$ .

Por tanto:

$$y_{1,248 \text{ m}} = \frac{-0,1075}{200 \cdot 10^6 \cdot 18,1 \cdot 10^{-8}} = -0,00297 \text{ m} = -2,97 \text{ mm}$$

En este caso, el valor negativo quiere decir que la flecha máxima es vertical hacia abajo en el punto medio de la viga.

ANEXO II.I.VI. Flecha máxima mediante método de Carga Unitaria

El método de carga unitaria es la más útil y versátil de las técnicas energéticas. Puede usarse para determinar deformaciones en cualquier lugar de una estructura, que sean causadas por cualquier tipo o combinación de cargas. Este método es derivado del principio del trabajo virtual.

El procedimiento seguido es sencillo y se detalla a continuación:

- Se plantea el modelo ficticio, aplicando una carga unitaria ficticia (vertical hacia abajo; dirección en la que se quiere obtener el valor de flecha) en el punto que se quiera analizar. En este caso se corresponde con el punto medio del vano.

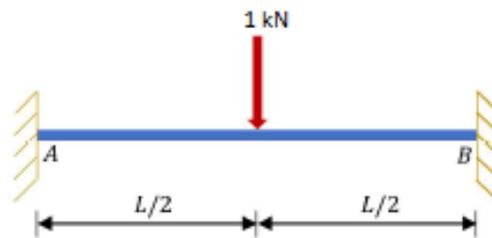


Figura II.13. Modelo ficticio.

- A partir del modelo real, ya calculado anteriormente, se obtiene la distribución del momento flector M a una distancia x desde A:

$$M = \left( -1,0634 \cdot \frac{x^2}{2} + 1,327 \cdot x - 0,552 \right)$$

- Llegado a este punto, se volverá a hacer uso del Prontuario básico. Se buscará el nuevo modelo a analizar y se obtendrá la distribución del momento flector en los dos tramos a analizar (tramo A-C y tramo C-B).

<b>VIGA SIMPLE EMPOTRADA: carga puntual F centrada.</b>	
	<b>Reacciones y solicitaciones</b>
	Reacciones: $R_A = R_B = \frac{F}{2}$ Cortantes: $V_{AC} = \frac{F}{2}$ $V_{CB} = -\frac{F}{2}$ Flectores: $M_{AC} = \frac{FL}{8} \left( 4 \frac{x}{L} - 1 \right)$ $M_{CB} = \frac{FL}{8} \left( 3 - 4 \frac{x}{L} \right)$ $M_A = M_B = -\frac{FL}{8}$ $M_{m\acute{a}x} = M_C = \frac{FL}{8}$ para $x = \frac{L}{2}$
	<b>Deformaciones</b>
	Elástica: $y_{AC} = \frac{FLx^2}{48EI} \left( 3 - 4 \frac{x}{L} \right)$ $y_{CB} = \frac{F(L-x)^2}{48EI} (4x-L)$ Flecha máxima: $y_{m\acute{a}x} = y_C = \frac{FL^3}{192EI}$ para $x = \frac{L}{2}$

Figura II.14. Viga simple empotrada: carga puntual F centrada.

TRAMO A-C:

$$M_{AC} = \frac{FL}{8} \left( 4 \frac{x}{L} - 1 \right) = 0,5 \cdot x - 0,312$$

TRAMO C-B:

$$M_{CB} = \frac{FL}{8} \left( 3 - 4 \frac{x}{L} \right) = -0,5 \cdot x + 0,936$$

- Finalmente, se plantea la expresión para el cálculo de la flecha en el punto medio C del vano:

$$y_C = \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{M \cdot M_{AC}}{EI} dx + \int_{\frac{L}{2}}^L \frac{M \cdot M_{CB}}{EI} dx$$

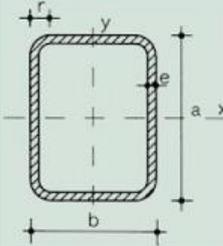
$$\begin{aligned} \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{M \cdot M_{AC}}{EI} dx &= \int_0^{1,248} \frac{\left( -1,0634 \cdot \frac{x^2}{2} + 1,327 \cdot x - 0,552 \right) \cdot (-0,312 + 0,5 \cdot x)}{EI} dx = \\ &= \frac{0,05375}{EI} = \frac{0,05375}{200 \cdot 10^6 \cdot 18,1 \cdot 10^{-8}} = 0,001485 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{\frac{L}{2}}^L \frac{M \cdot M_{CB}}{EI} dx &= \int_{1,248}^{2,496} \frac{\left( -1,0634 \cdot \frac{x^2}{2} + 1,327 \cdot x - 0,552 \right) \cdot (-0,5 \cdot x + 0,936)}{EI} dx = \\ &= \frac{0,05375}{EI} = \frac{0,05375}{200 \cdot 10^6 \cdot 18,1 \cdot 10^{-8}} = 0,001485 \text{ m} \end{aligned}$$

$$y_C = 0,001485 + 0,001485 = 0,00297 \text{ m} = 2,97 \text{ mm}$$

ANEXO II.I.VII. Comprobación de la viga a CTE

El siguiente paso consiste en verificar a CTE la viga analizada. Para ello, se hará uso del CTE-DB-SE-A. También será necesario obtener del prontuario de secciones los términos de sección necesarios para poder llevar a cabo la comprobación. En este caso, la viga analizada tiene una sección hueca rectangular #60.40.2.; cuyas características se detallan a continuación:



r = Radio exterior de redondeo  
 u = Perímetro  
 A = Área de la sección  
 $S_x$  = Momento estático de media sección, respecto al eje X  
 $I_x$  = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X  
 $W_y = 2I_x : a$ . Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y  
 $i_x = \sqrt{I_x : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto al eje X

$S_y$  = Momento estático de media sección, respecto al eje Y  
 $I_y$  = Momento de inercia de la sección, respecto al eje Y  
 $W_x = 2I_y : b$ . Módulo resistente de la sección, respecto al eje X  
 $i_y = \sqrt{I_y : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto al eje Y  
 $I_t$  = Módulo de torsión de la sección

Perfil	Dimensiones					Términos de sección										Peso p kp/m	
	a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	$S_x$ cm <sup>3</sup>	$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$i_x$ cm	$S_y$ cm <sup>3</sup>	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm	$I_t$ cm <sup>4</sup>		
⊗ 60. 40.2	60	40	2	5	191	3,70	3,70	18,1	6,03	2,21	2,80	9,69	4,85	1,62	20,7	2,91	P
⊗ 60. 40.3	60	40	3	8	187	5,33	5,18	24,7	8,23	2,15	3,91	13,10	6,56	1,57	29,2	4,18	P
⊗ 60. 40.4	60	40	4	10	183	6,81	6,42	29,7	9,91	2,09	4,84	15,70	7,86	1,52	36,1	5,35	P
⊗ 70. 40.2	70	40	2	5	211	4,10	4,67	26,4	7,55	2,54	3,18	11,10	5,57	1,65	25,8	3,22	C

Figura II.15. Prontuario de perfiles huecos rectangulares.

- Resistencia de las secciones a flexión:

Al tratarse de un sección de clase 1, se atenderá al subapartado 1a del apartado 6.2.6 del CTE-DB-SE-A.

1 La resistencia de las secciones a flexión,  $M_{c,Rd}$ , será:

a) la resistencia plástica de la sección bruta para las secciones de clase 1 y 2:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \tag{6.7}$$

siendo

$W_{pl}$  módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión.

Figura II.16. Apartado 6.2.6 Resistencia de las secciones a flexión.

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \rightarrow 0,552 \frac{kN}{m} \leq 6,9345 \cdot 10^{-6} \cdot 261,9 = 1,816 kNm \rightarrow CUMPLE$$

Siendo:

$$M_{pl,Rd} = 0,552 kNm$$

$$W_{pl} = 1,15 \cdot W_{el} = 1,15 \cdot 6,03 = 6,9345 cm^3$$

$$f_{yd} = \frac{275}{1,05} = 261,9 MPa$$

- **Resistencia de las secciones a corte:**

En este caso, se atenderá al subapartado 1 del apartado 6.2.4 del CTE-DB-SE-A.

- 1 El esfuerzo cortante de cálculo  $V_{Ed}$  será menor que la resistencia de las secciones a cortante,  $V_{c,Rd}$ , que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (6.4)$$

Figura II.17. Apartado 6.2.4 Resistencia de las secciones a corte.

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \rightarrow 1,327 \text{ kN} \leq 33,87 \text{ kN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Siendo:

$$V_{pl,Rd} = 1,327 \text{ kN}$$

$$A_v = (60 - 2 \cdot 2) \cdot 2 \cdot 2 = 224 \text{ mm}^2$$

$$\frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{275}{1,05 \cdot \sqrt{3}} = 151,21 \text{ MPa}$$

- **Interacción de esfuerzos en secciones: flexión + cortante:**

Se atenderá al subapartado 2 del apartado 6.2.8 del CTE-DB-SE-A.

- 2 Flexión y cortante:

- e) la sección se comprobará a cortante según el apartado 6.2.4. Adicionalmente si el cortante de cálculo es mayor que la mitad de la resistencia de la sección a cortante se comprobará el momento flector de cálculo frente al resistente obtenido según:

$$M_{V,Rd} = \left( W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd} \quad \text{Para secciones en I o H} \quad (6.12)$$

$$M_{V,Rd} = W_{pl} \cdot (1 - \rho) \cdot f_{yd} \quad \text{Resto de casos}$$

siendo

$$\rho = \left( 2 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (6.13)$$

En ningún caso podrá ser  $M_{V,Rd} > M_{0,Rd}$

Figura II.18. Apartado 6.2.8 Interacción de esfuerzos en secciones.

Únicamente será necesario comprobar esto sí:

$$V_d > \frac{V_{ad}}{2} \rightarrow 1,327 \text{ kN} \leq \frac{33,87}{2} = 16,94 \text{ kN} \rightarrow \text{NO SERÍA NECESARIO}$$

- Ley de Navier:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M}{I_z} \cdot y = \frac{0,552 \cdot 10^6 \text{ kNm}}{18,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \cdot 30 \text{ mm} = 91,49 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

## ANEXO II.II. DISEÑO Y ANÁLISIS CON CYPE 3D DE PASARELA CON ESCALERA

### ANEXO II.II.I. Introducción

El principal objetivo de este apartado consiste en realizar el diseño y análisis estructural, mediante CYPE 3D, de un modelo de pasarela con escalera que se pueda instalar a fin de permitir el acceso a dos módulos prefabricados apilados. El material que se va a utilizar para el diseño de la estructura principal es acero. Y, por otra parte, el material para la superficie o suelo será el tramex.

Antes de comenzar con el diseño, cabe destacar que, en el punto 7 del Anexo 1 del Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, se establecen una serie de disposiciones mínimas de seguridad y salud sobre este tema cómo:

- Los pavimentos de las rampas, escaleras y plataformas de trabajo serán de materiales no resbaladizos o dispondrán de elementos antideslizantes.
- En las escaleras o plataformas con pavimentos perforados, la abertura máxima de los intersticios será de 8 milímetros.
- La escaleras tendrán una anchura mínima de 1 metro, excepto las de servicio, que será de 55 centímetros.
- Los peldaños de una escalera tendrán las mismas dimensiones. Se prohíben las escaleras de caracol excepto si son de servicio.
- Los escalones de las escaleras que no sean de servicio tendrán una huella comprendida entre 23 y 36 centímetros, y una contrahuella entre 13 y 20 centímetros. Los escalones de las escaleras de servicio tendrán una huella mínima de 15 centímetros y una contrahuella máxima de 25 centímetros.

El principal objetivo de la segunda de las medidas es que, en los lugares que se instalen escaleras o plataformas en rejilla metálica, se impida la caída (y el paso) de objetos de más de ocho milímetros y el consecuente impacto a personas.

Por otra parte, atendiendo al CTE-DB-SUA 1 de Seguridad de frente al riesgo de caídas, se establecen varios aspectos en lo referente a los desniveles (apartado 3 de dicho documento):

- Con el fin de limitar el riesgo de caída, existirán barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas (tanto horizontales como verticales) balcones, ventanas, etc. con una diferencia de cota mayor que 55 cm, excepto cuando la disposición constructiva haga muy improbable la caída o cuando la barrera sea incompatible con el uso previsto.
- Las barreras de protección tendrán, como mínimo, una altura de 0,90 m cuando la diferencia de cota que protegen no exceda de 6 m y de 1,10 m en el resto de los casos, excepto en el caso de huecos de escaleras de anchura menor que 40 cm, en los que la barrera tendrá una altura de 0,90 m, como mínimo.

La altura se medirá verticalmente desde el nivel de suelo o, en el caso de escaleras, desde la línea de inclinación definida por los vértices de los peldaños, hasta el límite superior de la barrera.

- Las barreras de protección tendrán una resistencia y una rigidez suficiente para resistir la fuerza horizontal establecida en el apartado 3.2.1 del Documento Básico SE-AE, en función de la zona en que se encuentren.

Ante estas consideraciones, se tratará de diseñar dicha estructura para un consumo adecuado de acero. Inicialmente, se debe plantear cómo será el diseño. En la Figura II.19. Dimensiones escalera y pasarela, se plantea la estructura:

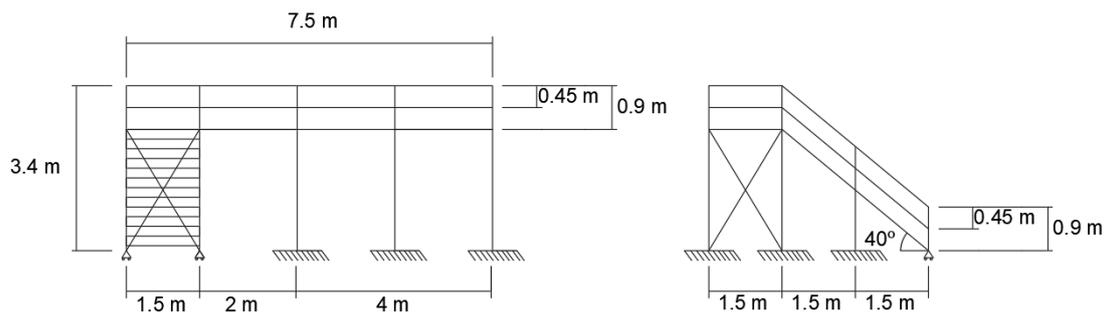


Figura II.19. Dimensiones escalera y pasarela

Respecto a la escalera, tratando de cumplir con la normativa comentada anteriormente, se ha diseñado de tal manera que la huella de los escalones sea de 24 cm y la contrahuella de 20 cm. La anchura de los escalones será de 30 cm y uniforme a lo largo de la escalera.

Como se puede comprobar en la Tabla II.2. Tabla de cargas de tramex (RELESA, 2021), la abertura de los intersticios que ofrece la empresa no cumple con el valor máximo de 8 milímetros. Por tanto, una posible solución consiste en instalar una chapa con agujeros de 8 milímetros que se suelda entre las pletinas portantes, dando forma a una rejilla que no incrementa su peso en exceso y al mismo tiempo cumple con lo exigido en el Real Decreto. Esta rejilla se suele denominar como rejillas de seguridad, rejilla con perfil de protección, rejilla 8x8 mm, ...

Debido a que el CTE-DB-SE-AE no ofrece una sobrecarga de uso que se corresponda exactamente con este caso, se ha establecido una sobrecarga de uso de  $3 \text{ kN/m}^2$ . Además, será necesario que las barandillas tengan una resistencia y rigidez suficiente para resistir una fuerza horizontal de  $0,8 \text{ kN/m}$ . Por tanto, se deberá garantizar que la estructura y el tramex utilizado resistan de manera adecuada.

A continuación, observando la Figura II.19. Dimensiones escalera y pasarela, se puede concluir que, siendo la longitud total de la pasarela de 7,5 metros y la anchura de 1,5 metros, la superficie total es de  $11,25 \text{ m}^2$ .

Para la realización del análisis, se ha hecho uso de un catálogo de diferentes opciones de tramex. Se debe tener en cuenta que los valores de cargas indicados en estas tablas son para rejillas con pletinas lisas, acabado galvanizado y no incluyen el peso propio de las rejillas.

Dado el hecho de que la distancia entre apoyos en mm (o luz libre) en este caso es de 1,5 metros, se utilizarán varios tramos de dicha anchura ya que se trata de un valor ofrecido por dicha empresa. Por tanto, se contará con un único tramo de 1,5 metros de luz libre y 1,5 metros de

longitud y 3 tramos de 1,5 metros de luz libre y 2 metros de longitud. Además de los 12 escalones; que tienen unas dimensiones de 30 cm de anchura y 150 cm de longitud.

Un aspecto de gran importancia es que las tablas vienen divididas por colores, los cuales definen la rigidez del tramex. En este caso, la flecha máxima admisible para el elemento primario será de L/400, por tanto, se utilizará la zona amarilla (flecha menor o igual a 4 mm). Se establece un precio medio estimado de 2€ el kg de acero (Acero S275 laminado).

Analizando las tablas de cada uno de los tipos de tramex, se ha concluido que la opción más económica a priori es la correspondiente a la séptima alternativa.

MALLA a x b (mm)		42 x 23		42 x 45		42 x 76		42 x 100				
Portante h x e (mm)		20 x 2	20 x 3	25 x 2	25 x 3	30 x 2	30 x 3	35 x 2	35 x 3	40 x 2	40 x 3	50 x 3
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm) Luz libre	L	Carga uniformemente repartida (kN/m <sup>2</sup> )										
	500	16,60	24,89	25,93	38,90	37,34	56,01	50,82	76,23	66,38	99,57	155,58
	600	*11,57	17,36	18,08	27,12	26,04	39,06	35,44	53,16	46,29	69,43	108,49
	700	7,68	*11,52	*13,34	20,01	19,21	28,81	26,14	39,22	34,15	51,22	80,03
	800	6,46	7,75	10,09	*15,14	14,77	22,15	20,10	30,15	26,25	39,38	61,52
	900	3,64	6,07	6,33	9,49	*10,93	16,40	15,94	23,92	20,83	31,24	48,81
	1000	2,67	4,00	5,21	6,25	7,20	*10,80	*11,44	17,16	16,94	25,40	39,70
	1100	2,01	3,02	3,93	5,36	6,17	7,41	7,84	11,76	11,71	17,56	32,94
	1200	1,56	2,33	3,04	4,56	5,25	6,57	6,95	*8,34	*8,30	12,45	24,31
	1300	1,23	1,84	2,40	3,60	4,15	6,22	6,59	6,08	6,05	*9,07	17,72
	1400	0,99	1,48	1,93	2,89	3,33	5,00	5,29	5,67	5,64	6,77	13,23
	1500	0,81	1,21	1,57	2,36	2,72	4,08	4,32	6,48	6,45	6,45	10,08
	1600	0,67	1,00	1,30	1,95	2,25	3,38	3,57	5,36	5,34	8,00	7,82
1700	0,56	0,84	1,09	1,64	1,88	2,83	2,99	4,49	4,47	6,70	*6,16	
1800	0,47	0,71	0,92	1,38	1,59	2,39	2,53	3,80	3,78	5,67	6,15	
1900	0,40	0,60	0,79	1,18	1,36	2,04	2,16	3,24	3,22	4,84	9,45	
2000	0,35	0,52	0,68	1,02	1,17	1,76	1,86	2,79	2,78	4,16	8,13	
Peso propio (Kg/m <sup>2</sup> )		11,20	16,50	13,50	19,85	15,75	23,20	18,05	26,55	20,35	29,90	36,60

F  $F \leq 4$  mm.    
 F  $F \leq 5$  mm.    
 F  $F = 1/200$  luz    
 F F - excesiva, carga a  $F = 1/200$  Luz

Tabla II.2. Tabla de cargas de tramex (RELESA, 2021)

A continuación, se muestra cuál sería el precio final del tramex utilizando esta alternativa:

Ancho [mm]	1500
Carga uniformemente repartida [kN/m <sup>2</sup> ]	10,08
Peso propio [kN/m <sup>2</sup> ]	0,366
Carga final [kN/m <sup>2</sup> ]	4,9941
Peso material [kg]	411,75
Peso escalones [kg]	60,48
Precio [€]	<b>944,46</b>

Tabla II.3. Cálculo del precio de tramex

Analizando la Tabla II.2. Tabla de cargas de tramex (RELESA, 2021), el peso específico mínimo es de 36,6 kg/m<sup>2</sup>. Sabiendo esto, se puede calcular el peso total de material de tramex, que es de 411,75 kg.

Si se aproxima el peso específico de los escalones al ofrecido por la empresa para un tramo de 500 mm de luz libre, el peso final de los escalones (12 unidades) es de 60,48 kg. Finalmente, si se establece un precio medio de 2 € el kg, tendrá un coste final de 823,5 €. Cabe destacar que, en los documentos correspondientes a “Presupuesto” y “Mediciones”, se presenta de manera más detallada el precio de cada material.

## ANEXO II.II.II. Procedimiento de diseño y cálculo

Inicialmente, se procederá a realizar el modelo de la pasarela con escalera. Será necesario acceder a los diferentes menús que ofrece el software. Tanto para la definición de nudos como sus vinculaciones exteriores (empotramientos y apoyos deslizantes) como de las barras necesarias en la estructura. Obviamente también será necesario definir qué tipo de perfil se quiere utilizar. En la Figura II.20. Diseño de la estructura, se muestra la geometría obtenida en CYPE 3D; atendiendo a las cotas establecidas en la Figura II.19. Dimensiones escalera y pasarela.

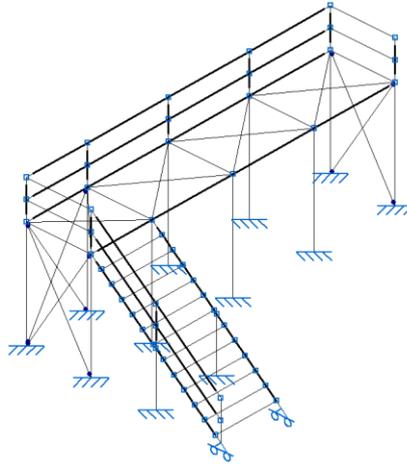


Figura II.20. Diseño de la estructura

Una vez diseñada la estructura, será necesario definir paños sobre los que pueden definirse cargas en toda su superficie y cargas aplicadas en determinadas zonas de la superficie del paño. Accediendo al menú **“Carga - Introducir paños”**, nos permite introducir un paño formado por un polígono cerrado que puede tener cargas aplicadas en toda su superficie (uniformes o variables en altura), o bien, cargas superficiales asociadas en ciertas zonas de su superficie. En el paño es necesario indicar la dirección de reparto unidireccional que tendrán tanto las cargas del mismo paño como las superficiales contenidas en él.

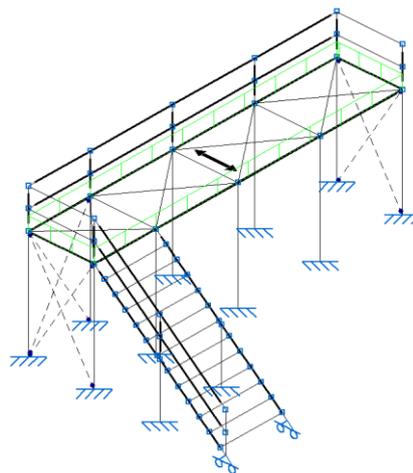


Figura II.21. Introducción del paño

A continuación, se procederá a determinar las cargas a aplicar en dichos paños. Para ello, se accederá al menú **“Carga – Editar cargas sobre paños”**. Se añadirá la carga de peso propio y la carga SCU para cada uno de los paños.

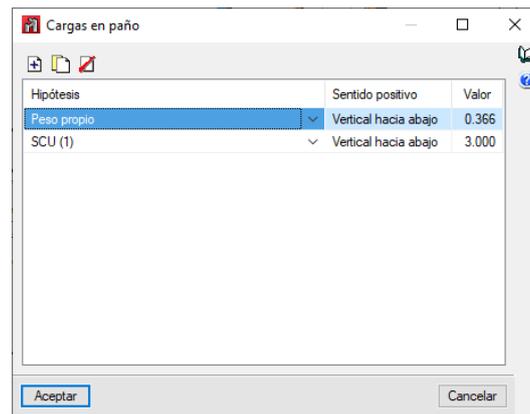


Figura II.22. Definición de las cargas en el paño

El siguiente paso consiste en incluir todas las cargas horizontales de la que se hablado anteriormente. Tanto las que debe soportar la barandillas según el CTE, como las de los escalones:

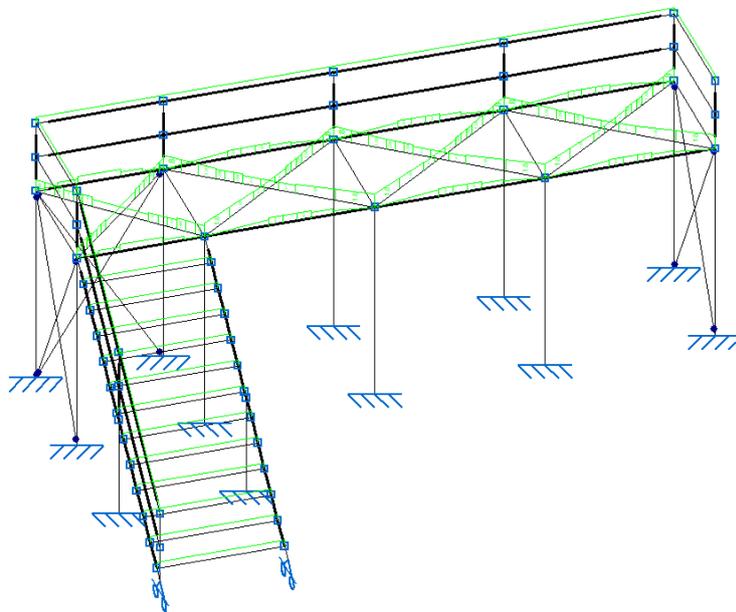


Figura II.23. Introducción de cargas horizontales

Finalmente, se tratará de ir realizando análisis de varios perfiles hasta encontrar aquellos que cumplan con las condiciones y sean lo más económicos posibles. En este caso, los perfiles finales seleccionados son:

- **Tubos cuadrados pesados de 60 x 5,16 mm** para toda la estructura que soporta las placas de tramex; incluidos los apoyos de los escalones.
- **Tirantes R 10** para las tres cruces de San Andrés que se han dispuesto en la estructura; según se puede comprobar en la Figura II.20. Diseño de la estructura.
- **Tubos circulares livianos de 63,5 x 0.9 mm** para toda la barandilla definida.
- **Tubos circulares pesados de 73 x 5,16 mm** para los postes de la barandilla en esquinas.

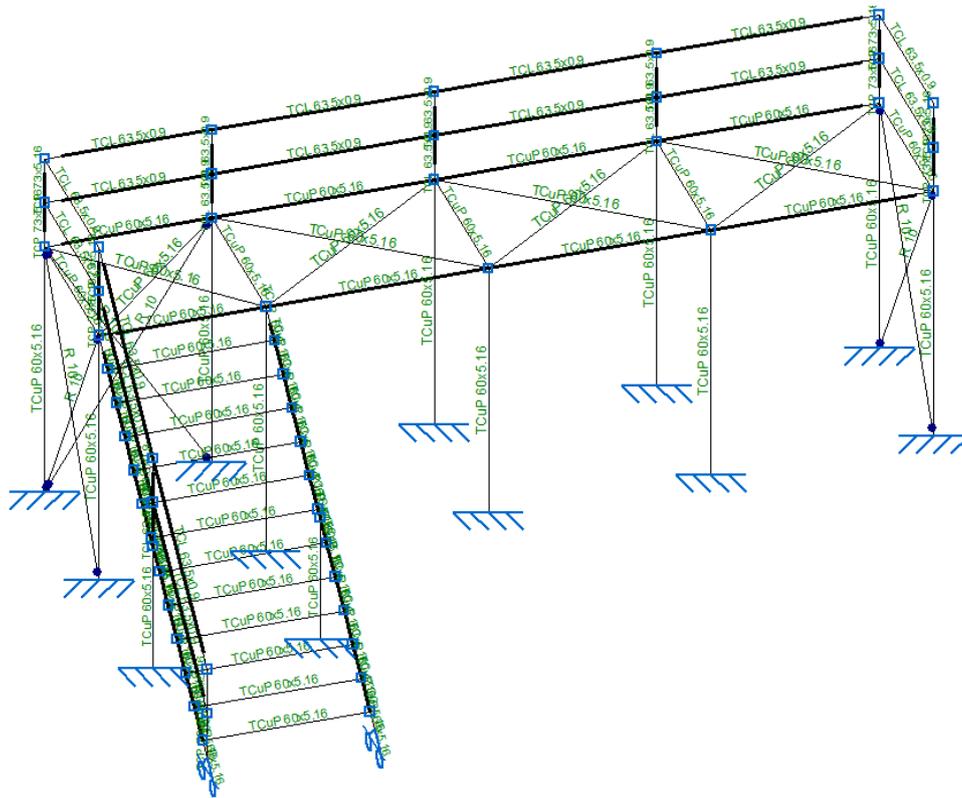


Figura II.24. Perfiles utilizados

Una vez seleccionados los perfiles finales, el software ofrece la posibilidad de observar la deformada e isovalores de la ventana activa:

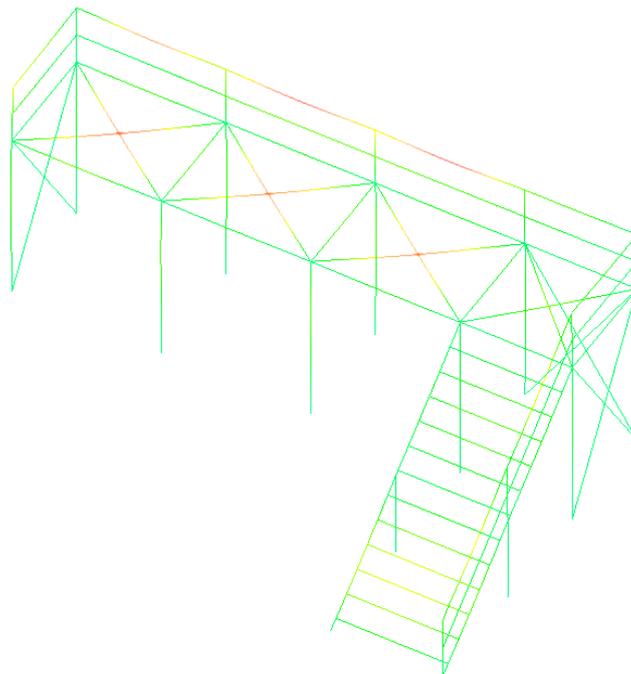


Figura II.25. Deformada e isovalores de la ventana activa

Como se puede observar en la Figura II.25. Deformada e isovalores de la ventana activa, los máximos valores se dan en varias zonas de la barandilla y en el punto central de las cruces que soportar el tramex; alcanzándose valores de entre 3 y 3,5 mm de deformación.

### ANEXO II.II.III. Representación y conclusiones

A continuación, se muestra una representación de la estructura completa en 3D, ofrecida por el software:

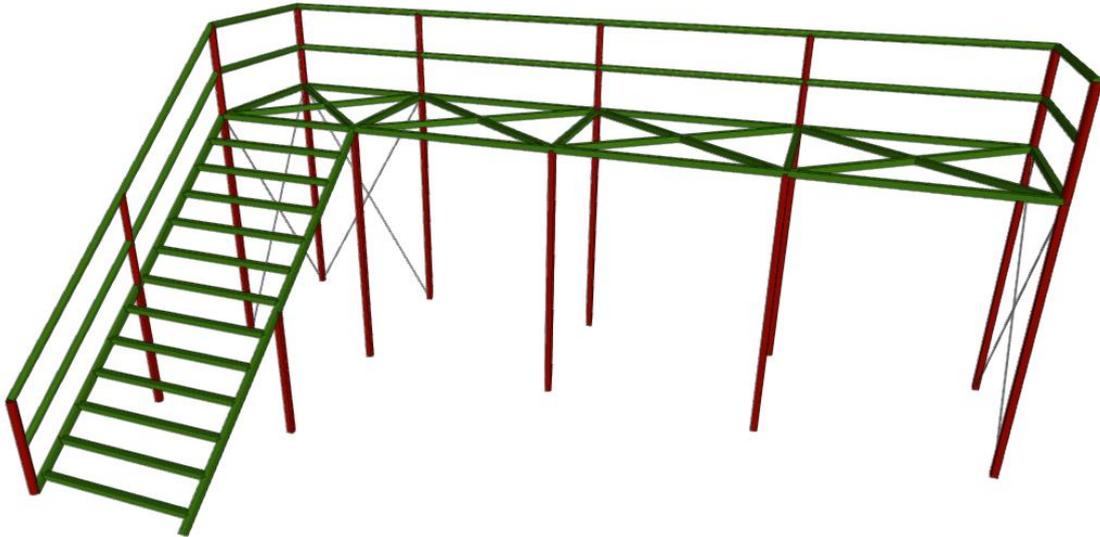


Figura II.26. Estructura completa en 3D (1)

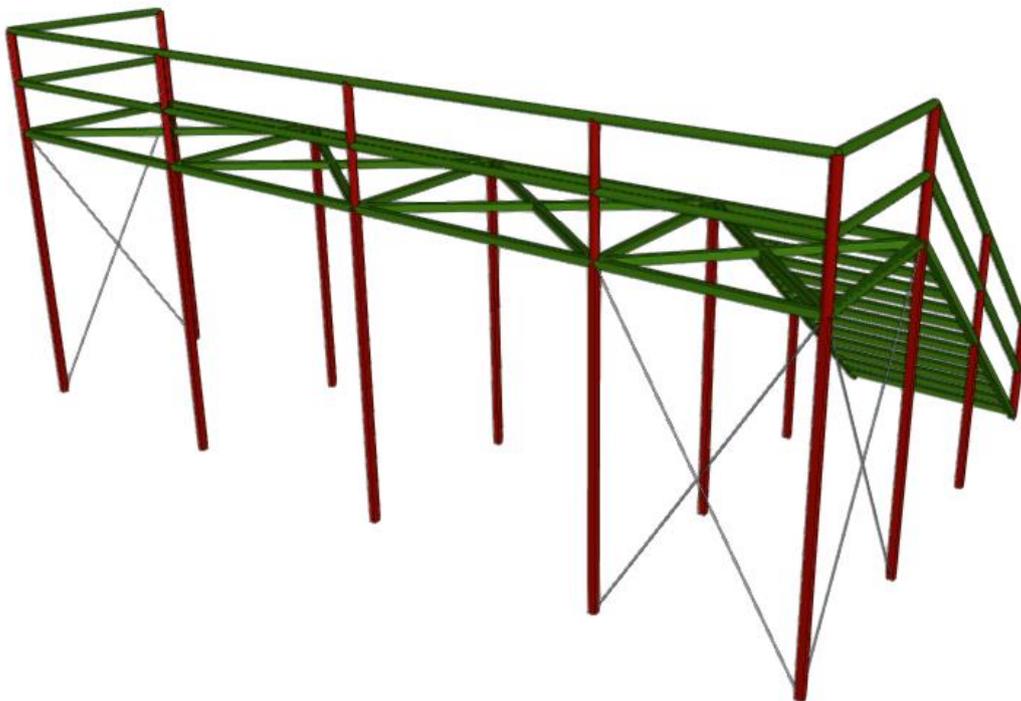


Figura II.27. Estructura completa en 3D (2)

Finalmente, una vez dado por terminado el diseño, el software permite sacar varios informes en los que se pueden observar multitud de aspecto. En este caso, se adjuntará tanto la tabla de características mecánicas de cada tipo de perfil, como la tabla que representa el resumen final de la medición. A fin de obtener el peso final de la estructura.

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm <sup>2</sup> )	Avy (cm <sup>2</sup> )	Avz (cm <sup>2</sup> )	Iyy (cm <sup>4</sup> )	Izz (cm <sup>4</sup> )	It (cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	TCuP 60x5.16, (Tubo Cuadrado Pesado)	10.61	4.72	4.72	50.91	50.91	88.07
		2	R 10, (R)	0.79	0.71	0.71	0.05	0.05	0.10
		3	TCP 73x5.16, (Tubo Circular Pesado)	11.00	9.90	9.90	63.63	63.63	127.26
		4	TCL 63.5x0.9, (Tubo Circular Liviano)	1.77	1.59	1.59	8.67	8.67	17.34
Notación: Ref.: Referencia A: Área de la sección transversal Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' It: Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

Tabla II.4. Características mecánicas

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m <sup>3</sup> )	Serie (m <sup>3</sup> )	Material (m <sup>3</sup> )	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	TuboCuadradoPesado	TCuP60x5.16	95.053			0.101			791.95		
			R 10	17.493	95.053		0.101		791.95			
		R			17.493		0.001		10.79			
			TCP73x5.16	4.500	4.500		0.005		38.85			
		TuboCircularPesado			4.500		0.005		38.85			
		TuboCircularLiviano			32.410	32.410		0.006		45.03		
					149.456		0.113			886.61		

Tabla II.5. Resumen de medición

Cabe destacar, por tanto, que el peso final de la estructura de acero sería de 886,61 kg. Que sumado a los 472,23 kg de tramex, sería una estructura de 1358,84 kg en total. Dicho peso total equivaldría a un precio total de 2717,68 €.

En los documentos correspondientes a “Presupuesto” y “Mediciones”, se presenta de manera más detallada el precio de cada material y el precio global y descompuesto de toda la estructura.

## ANEXO II.III. ESTUDIO DE LA POSIBILIDAD DE DESLIZAMIENTO

### ANEXO II.III.I. Introducción

En este caso, se tratará de estudiar la posibilidad de que, a la hora de apilar dos unidades móviles, ambas unidades puedan o no deslizar a causa del viento a 0º. Para ello, se atenderá a las acciones obtenidas en el ANEXO I.II.

Por otra parte, es necesario determinar los coeficientes de rozamiento estático correspondientes al contacto entre varios materiales.

- Entre el módulo superior e inferior existe rozamiento entre dos superficies del mismo material, en este caso de acero. Por tanto, se debe utilizar el siguiente coeficiente de rozamiento estático:

$$\mu_{ESTÁTICO} = 0,74$$

- Entre el módulo inferior y el terreno existe rozamiento entre dos superficies de distinto material, en este caso de acero y hormigón. Por tanto, se debe utilizar el siguiente coeficiente de rozamiento estático:

$$\mu_{ESTÁTICO} = 0,6$$

Por último, es necesario determinar el peso del módulo; para ello se deberá acudir al ANEXO I.II.; dónde se han realizado los cálculos necesarios:

$$m_{MÓDULO} = 1050,57 \text{ kg}$$

### ANEXO II.III.II. Caso 1 – Módulos en uso

En este primer caso, se realizará el estudio atendiendo a que ambos módulos se encuentran siendo utilizados. Por tanto, se deberá tener en cuenta una sobrecarga de uso que, al tratar de orientar los módulos a zona residencial, será de categoría A1; con un valor de 2 kN/m<sup>2</sup>.

#### ANEXO II.III.II.I. Comprobación dirección longitudinal

En primer lugar, se analizará el posible movimiento del módulo inferior respecto al terreno, en su dirección longitudinal. Según se observa en la Figura II.28. Dirección longitudinal módulo inferior Caso 1, se ha planteado el análisis con las debidas cargas de viento en cada una de las caras. Obtenidas en el ANEXO I.II.

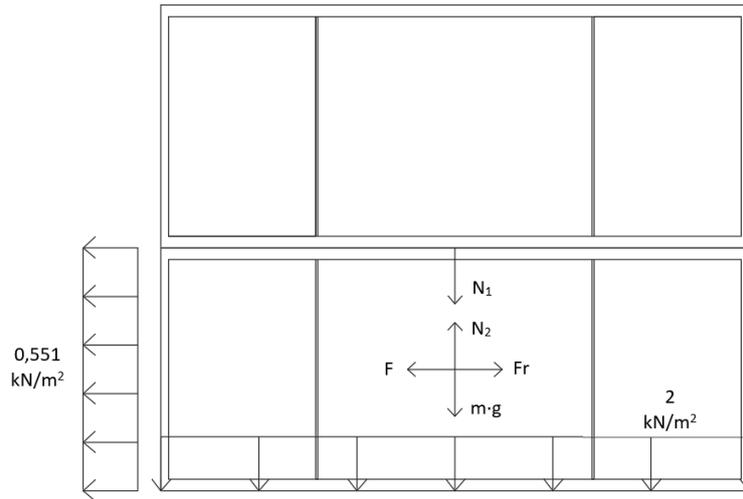


Figura II.28. Dirección longitudinal módulo inferior Caso 1

A continuación, se procede a determinar si el módulo inferior llegaría a deslizar o no sobre el terreno (en este caso de hormigón).

- En primer lugar, se obtiene la fuerza normal, que depende del peso del bloque, la inclinación del plano y de otras fuerzas que se ejerzan en el bloque. En este caso:

$$N_2 = m_2 \cdot g + N_1 + U_{soA} \cdot a \cdot b$$

Siendo:

$$m_2 = 1050,57 \text{ kg}; g = 9,81 \text{ m/s}^2; N_1 = 32,07 \text{ kN (calculada posteriormente);}$$

$$U_{soA} = 2 \text{ kN/m}^2; a = 6 \text{ m}; b = 2,5 \text{ m.}$$

$$N_2 = 1050,57 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 32070 \text{ N} + 2000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 6 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 72376,1 \text{ N}$$

$$= 72,38 \text{ kN}$$

- En segundo lugar, una vez obtenida la fuerza normal, se obtiene la fuerza de rozamiento estática:

$$F_{R,ESTÁTICO} = \mu_{ESTÁTICO} \cdot N_2 = 0,6 \cdot 72,38 \text{ kN} = 43,43 \text{ kN}$$

- Finalmente, se obtiene el valor de la fuerza resultante; a fin de comprobar si supera o no a la fuerza de rozamiento estática. Y, así, poder determinar si se movería o no:

$$F = 0,551 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 3,44 \text{ kN}$$

$$F < F_{R,ESTÁTICO} \rightarrow \text{NO SE MUEVE}$$

En segundo lugar, se analizará el posible movimiento del módulo superior respecto al módulo inferior, en su dirección longitudinal. Según se observa en la Figura II.29. Dirección longitudinal módulo superior Caso 1, se ha planteado el análisis con las debidas cargas de viento en cada una de las caras. Obtenidas en el ANEXO I.II.

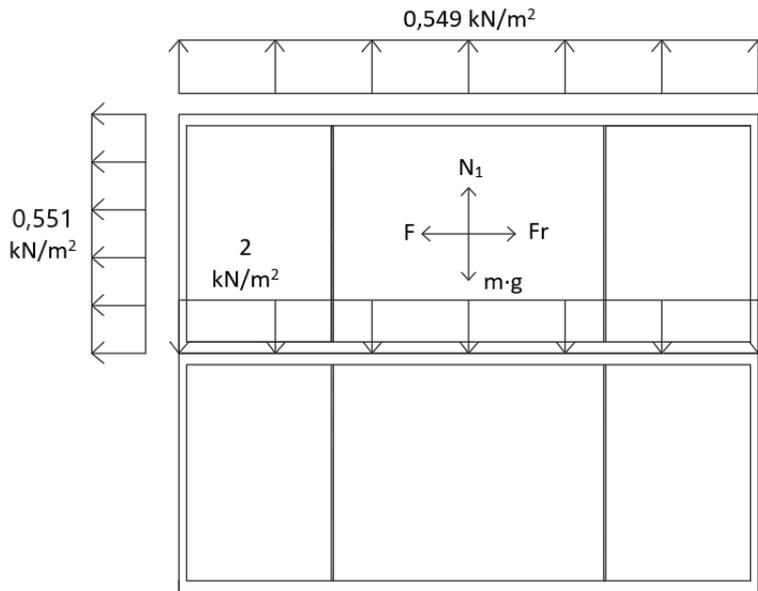


Figura II.29. Dirección longitudinal módulo superior Caso 1

A continuación, se procede a determinar si el módulo superior llegaría a deslizar o no sobre el módulo inferior:

- En primer lugar, se obtiene la fuerza normal, que depende del peso del bloque, la inclinación del plano y de otras fuerzas que se ejerzan en el bloque. En este caso:

$$N_1 = m_1 \cdot g - V_{SUPERIOR} \cdot a \cdot b + U_{soA} \cdot a \cdot b$$

Siendo:

$$m_1 = 1050,57 \text{ kg}; g = 9,81 \text{ m/s}^2; V_{SUPERIOR} = 0,549 \text{ kN/m}^2; U_{soA} = 2 \text{ kN/m}^2; a = 6 \text{ m};$$

$$b = 2,5 \text{ m}.$$

$$N_1 = 1050,57 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 549 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 6 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} + 2000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 6 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m}$$

$$= 32071,1 \text{ N} = 32,07 \text{ kN}$$

- En segundo lugar, una vez obtenida la fuerza normal, se obtiene la fuerza de rozamiento estática:

$$F_{R,ESTÁTICO} = \mu_{ESTÁTICO} \cdot N_1 = 0,74 \cdot 32,07 \text{ kN} = 23,73 \text{ kN}$$

- Finalmente, se obtiene el valor de la fuerza resultante; a fin de comprobar si supera o no a la fuerza de rozamiento estática. Y, así, poder determinar si se movería o no:

$$F = 0,551 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 3,44 \text{ kN}$$

$$F < F_{R,ESTÁTICO} \rightarrow \text{NO SE MUEVE}$$

## ANEXO II.III.II.II. Comprobación dirección transversal

En primer lugar, se analizará el movimiento del módulo inferior respecto al terreno, en su dirección transversal. Según se observa en la Figura II.30. Dirección transversal módulo inferior Caso 1, se ha planteado el análisis con las debidas cargas de viento en cada una de las caras. Obtenidas en el ANEXO I.II.

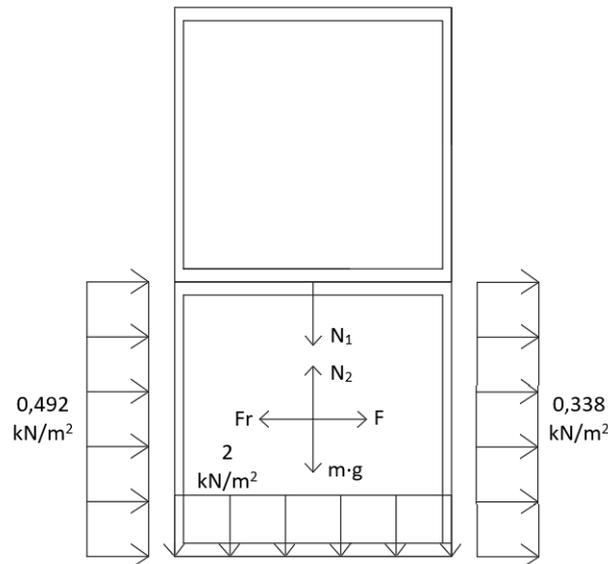


Figura II.30. Dirección transversal módulo inferior Caso 1

En este caso, tanto la fuerza normal  $N$  como la fuerza de rozamiento estática, obtienen el mismo valor que en el análisis anterior:

$$N_2 = 72376,1 \text{ N} = 72,38 \text{ kN}$$

$$F_{R,ESTÁTICO} = \mu_{ESTÁTICO} \cdot N_2 = 0,6 \cdot 72,38 \text{ kN} = 43,43 \text{ kN}$$

A continuación, se obtiene el valor de la fuerza resultante; a fin de comprar si supera o no la fuerza de rozamiento estática y determinar si se mueve o no:

$$F = F_1 + F_2 = 0,492 \cdot 2,5 \cdot 6 + 0,338 \cdot 2,5 \cdot 6 = 12,45 \text{ kN}$$

$$F < F_{R,ESTÁTICO} \rightarrow \text{NO SE MUEVE}$$

En segundo lugar, se analizará el movimiento del módulo superior en su dirección transversal. Según se observa en la Figura II.31. Dirección transversal módulo superior Caso 1, se ha planteado el análisis con las debidas cargas de viento en cada una de las caras. Obtenidas en el ANEXO I.II.

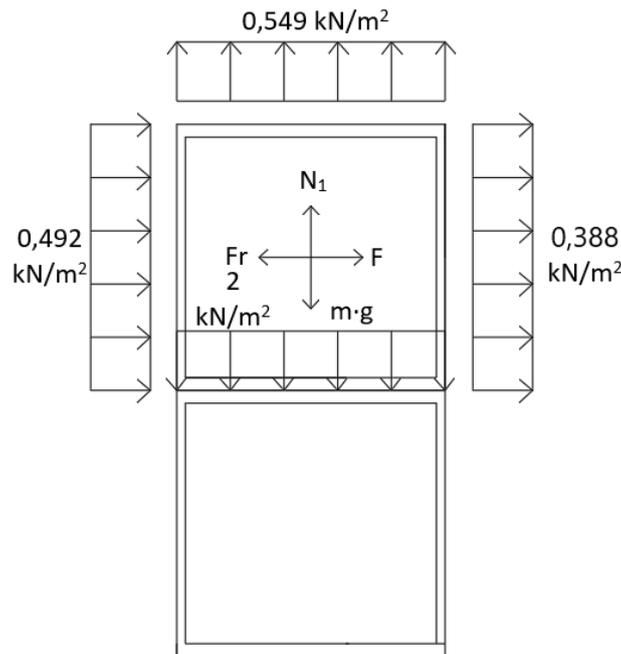


Figura II.31. Dirección transversal módulo superior Caso 1

En este caso, tanto la fuerza normal  $N$  como la fuerza de rozamiento estática, obtienen el mismo valor que en el análisis anterior:

$$N_1 = 32071 \text{ N} = 32,07 \text{ kN}$$

$$F_{R,ESTÁTICO} = \mu_{ESTÁTICO} \cdot N_1 = 0,74 \cdot 32,07 \text{ kN} = 23,73 \text{ kN}$$

A continuación, se obtiene el valor de la fuerza resultante; a fin de comparar si supera o no la fuerza de rozamiento estática y determinar si se mueve o no:

$$F = F_1 + F_2 = 0,492 \cdot 2,5 \cdot 6 + 0,338 \cdot 2,5 \cdot 6 = 12,45 \text{ kN}$$

$$F < F_{R,ESTÁTICO} \rightarrow \text{NO SE MUEVE}$$

### ANEXO II.III.III. Caso 2 – Módulos vacíos

En este segundo caso, se realizará el estudio atendiendo a que ambos módulos se encuentran vacíos o no están siendo utilizados. Por tanto, no se deberá tener en cuenta la sobrecarga de uso anterior.

#### ANEXO II.III.III.I. Comprobación dirección longitudinal

En primer lugar, se analizará el posible movimiento del módulo inferior respecto al terreno, en su dirección longitudinal. Según se observa en la Figura II.32. Dirección longitudinal módulo inferior Caso 2, se ha planteado el análisis con las debidas cargas de viento en cada una de las caras. Obtenidas en el ANEXO I.II.

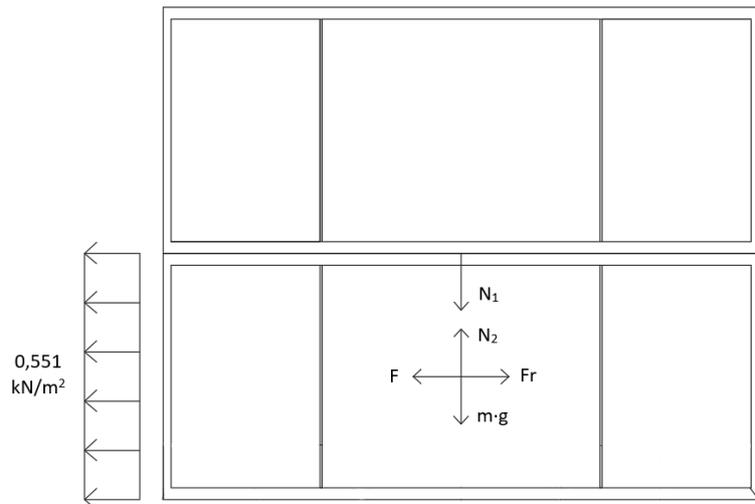


Figura II.32. Dirección longitudinal módulo inferior Caso 2

A continuación, se procede a determinar si el módulo inferior llegaría a deslizar o no sobre el terreno (en este caso de hormigón).

- En primer lugar, se obtiene la fuerza normal, que depende del peso del bloque, la inclinación del plano y de otras fuerzas que se ejerzan en el bloque. En este caso:

$$N_2 = m_2 \cdot g + N_1$$

Siendo:

$m_2 = 1050,57 \text{ kg}$ ;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ;  $N_1 = 2,07 \text{ kN}$  (calculada posteriormente).

$$N_2 = 1050,57 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 2070 \text{ N} = 12376,1 \text{ N} = 12,38 \text{ kN}$$

- En segundo lugar, una vez obtenida la fuerza normal, se obtiene la fuerza de rozamiento estática:

$$F_{R,ESTÁTICO} = \mu_{ESTÁTICO} \cdot N_2 = 0,6 \cdot 12,38 \text{ kN} = 7,43 \text{ kN}$$

- Finalmente, se obtiene el valor de la fuerza resultante; a fin de comprobar si supera o no a la fuerza de rozamiento estática. Y, así, poder determinar si se movería o no:

$$F = 0,551 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 3,44 \text{ kN}$$

$$F < F_{R,ESTÁTICO} \rightarrow \text{NO SE MUEVE}$$

En segundo lugar, se analizará el posible movimiento del módulo superior respecto al módulo inferior, en su dirección longitudinal. Según se observa en la Figura II.33. Dirección longitudinal módulo superior Caso 2, se ha planteado el análisis con las debidas cargas de viento en cada una de las caras. Obtenidas en el ANEXO I.II.

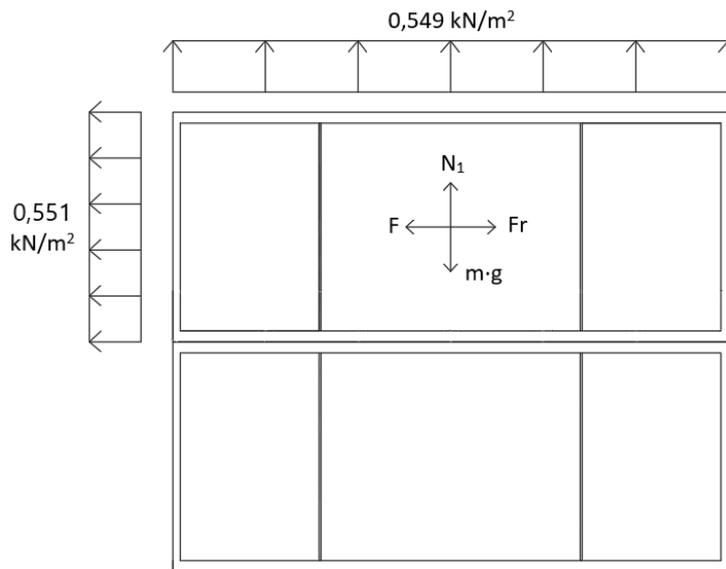


Figura II.33. Dirección longitudinal módulo superior Caso 2

A continuación, se procede a determinar si el módulo superior llegaría a deslizar o no sobre el módulo inferior:

- En primer lugar, se obtiene la fuerza normal, que depende del peso del bloque, la inclinación del plano y de otras fuerzas que se ejerzan en el bloque. En este caso:

$$N_1 = m_1 \cdot g - V_{SUPERIOR} \cdot a \cdot b$$

Siendo:

$$m_1 = 1050,57 \text{ kg}; g = 9,81 \text{ m/s}^2; V_{SUPERIOR} = 0,549 \text{ kN/m}^2; a = 6 \text{ m}; b = 2,5 \text{ m}.$$

$$N_1 = 1050,57 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 549 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 6 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 2071,1 \text{ N} = 2,07 \text{ kN}$$

- En segundo lugar, una vez obtenida la fuerza normal, se obtiene la fuerza de rozamiento estática:

$$F_{R,ESTÁTICO} = \mu_{ESTÁTICO} \cdot N = 0,74 \cdot 2,07 \text{ kN} = 1,53 \text{ kN}$$

- Finalmente, se obtiene el valor de la fuerza resultante; a fin de comprobar si supera o no a la fuerza de rozamiento estática. Y, así, poder determinar si se movería o no:

$$F = 0,551 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 3,44 \text{ kN}$$

$$F > F_{R,ESTÁTICO} \rightarrow \text{SE MUEVE}$$

## ANEXO II.III.III.II. Comprobación dirección transversal

En primer lugar, se analizará el movimiento del módulo inferior respecto al terreno, en su dirección transversal. Según se observa en la Figura II.34. Dirección transversal módulo inferior Caso 2, se ha planteado el análisis con las debidas cargas de viento en cada una de las caras. Obtenidas en el ANEXO I.II.

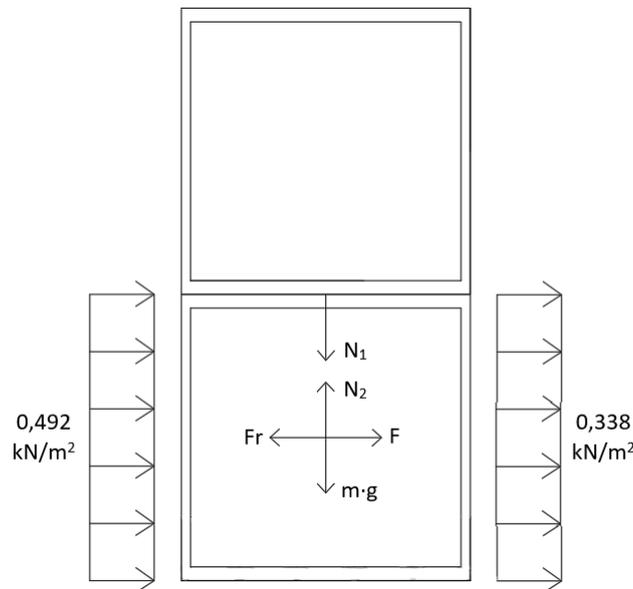


Figura II.34. Dirección transversal módulo inferior Caso 2

En este caso, tanto la fuerza normal  $N$  como la fuerza de rozamiento estática, obtienen el mismo valor que en el análisis anterior:

$$N_2 = 12376,1 \text{ N} = 12,38 \text{ kN}$$

$$F_{R,ESTÁTICO} = \mu_{ESTÁTICO} \cdot N = 0,6 \cdot 12,38 \text{ kN} = 7,43 \text{ kN}$$

A continuación, se obtiene el valor de la fuerza resultante; a fin de comprar si supera o no la fuerza de rozamiento estática y determinar si se mueve o no:

$$F = F_1 + F_2 = 0,492 \cdot 2,5 \cdot 6 + 0,338 \cdot 2,5 \cdot 6 = 12,45 \text{ kN}$$

$$F > F_{R,ESTÁTICO} \rightarrow \text{SE MUEVE}$$

En segundo lugar, se analizará el movimiento del módulo superior en su dirección transversal. Según se observa en la Figura II.35. Dirección transversal módulo superior Caso 2, se ha planteado el análisis con las debidas cargas de viento en cada una de las caras. Obtenidas en el ANEXO I.II.

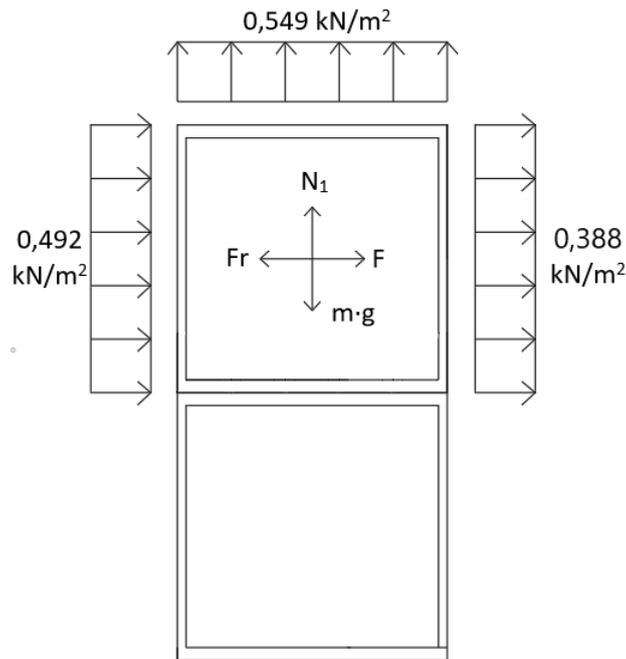


Figura II.35. Dirección transversal módulo superior Caso 2

En este caso, tanto la fuerza normal  $N$  como la fuerza de rozamiento estática, obtienen el mismo valor que en el análisis anterior:

$$N_1 = 2071 \text{ N} = 2,07 \text{ kN}$$

$$F_{R,ESTÁTICO} = \mu_{ESTÁTICO} \cdot N = 0,74 \cdot 2,07 \text{ kN} = 1,53 \text{ kN}$$

A continuación, se obtiene el valor de la fuerza resultante; a fin de comparar si supera o no la fuerza de rozamiento estática y determinar si se mueve o no:

$$F = F_1 + F_2 = 0,492 \cdot 2,5 \cdot 6 + 0,338 \cdot 2,5 \cdot 6 = 12,45 \text{ kN}$$

$$F > F_{R,ESTÁTICO} \rightarrow \text{SE MUEVE}$$

#### ANEXO II.III.IV. Conclusiones

En primer lugar, es necesario atender a que los resultados se han obtenido con valores de coeficientes de rozamiento estático de dudosa exactitud. Ya que, por ejemplo, el valor del coeficiente entre acero y hormigón se trata de un valor conservador aportado por ciertos arquitectos.

Sin embargo, los resultados ofrecen situaciones muy dispares en ambos casos. Para el primero de los casos, estando los módulos en uso, se puede determinar que no llegaría a deslizar ninguno de los dos módulos. Sin embargo, en el segundo de los casos, al estar vacíos no se garantiza que el peso del módulo sea suficiente como para impedir el deslizamiento.

Por tanto, se puede confirmar que la situación crítica será la segundo; y que será necesario emplear ciertos elementos que ofrezcan resistencia al deslizamiento de los módulos. Ya sea entre el módulo superior e inferior o entre el módulo superior y el suelo o terreno.

A continuación, se ofrecen varias posibilidades que permitan garantizar que no produzca deslizamiento.

Por ejemplo, entre ambos módulos, se podría llegar a utilizar ciertos elementos de sujeción en las piezas esquinas. Se han diseñado de tal manera que cuentan con varios agujeros en las caras externas, que permiten utilizar estos elementos. En la Figura I.33. Elemento de sujeción de módulos (CONTAINEX, 2015), se puede observar gráficamente de los elementos que se están considerando.

Se trata de una solución muy utilizada en el mundo de los contenedores metálicos de uso marítimo. Ya que, en ese caso, se tratan de elementos normalizados con la denominación de "Bridge Fitting".



Figura II.36. Bridge Fitting en módulos marítimos

Otra posible solución para evitar el deslizamiento entre ambos módulos, sería utilizar pletinas de cierto grosor, ya sea soldadas o atornilladas a las barras longitudinales y transversales de ambos módulos que se encuentre en contacto:



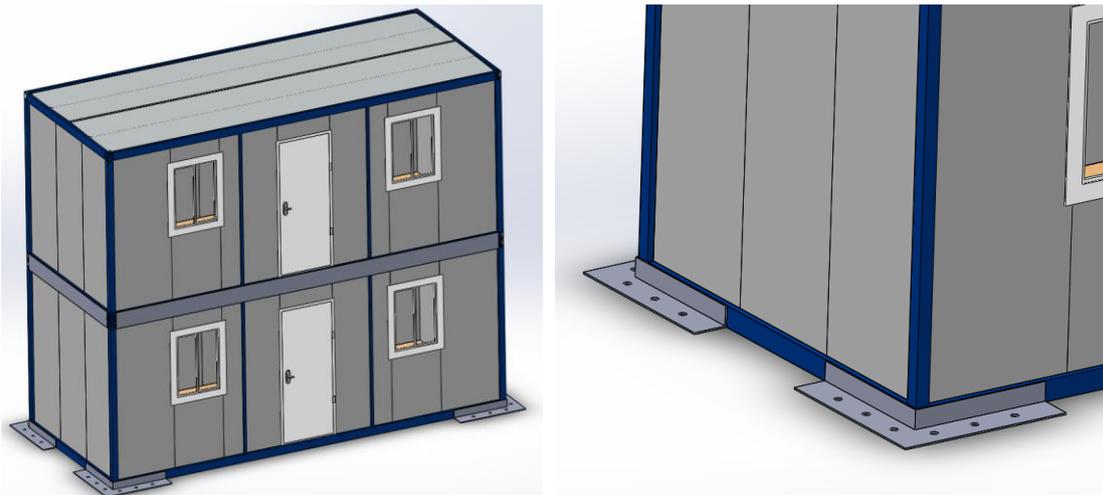
Figura II.37. Elemento de sujeción basado en pletinas de contención

Atendiendo a la Figura II.37. Elemento de sujeción basado en pletinas de contención, se podrían plantear otras soluciones, como utilizar pletinas a lo largo del perímetro del módulo inferior; a fin de crear un espacio donde “encajar” el módulo superior. Además, existe la posibilidad de diseñar estas pletinas de manera que ofrezcan la posibilidad de enganchar en ellas una carcasa exterior para embellecer por el exterior. Como se observa en la siguiente figura:



*Figura II.38. Empleo de carcasas exteriores a lo largo del perímetro del módulo*

Finalmente, se ofrece una solución para evitar el desplazamiento del módulo inferior sobre el terreno. Esta se fundamenta en utilizar pletinas de grosor variable y de sección en L; de tal manera que permitan anclarse al terreno por una de las partes interiores del perfil y, que ofrezcan la posibilidad de ser atornilladas también al módulo. Cabe la posibilidad de colocarlas en ciertas zonas del perímetro o, incluso a lo largo de todo el perímetro, tratando de encajar el módulo entre dichas pletinas mediante una grúa. A continuación, se ofrece una figura donde ver gráficamente una de estas posibles alternativas:



*Figura II.39. Pletinas de contención para módulo inferior*

## ANEXO II.IV. DISEÑO Y ANÁLISIS CON CYPE 3D DE MÓDULO PREFABRICADO

## ANEXO II.IV.I. Introducción

Uno de los principales objetivos de este TFG consiste en analizar el comportamiento de la estructura de acero del módulo ante las distintas solicitaciones que se han calculado en el ANEXO I.II.

Se ha tratado de analizar dos casos distintos: el caso de un único módulo y el caso de dos módulos apilados. Para ello, se ha llevado a cabo el diseño y su análisis estructural mediante el software CYPE 3D.

Inicialmente, es necesario tomar ciertas consideraciones respecto a los perfiles que se van a utilizar para realizar el análisis. Ya que el propio módulo cuenta con piezas de perfiles irregulares, es necesario realizar una aproximación en CYPE 3D, utilizando alguno de los perfiles que ofrece el software.

A continuación, se especifica qué tipo de perfiles se han escogido en CYPE 3D para cada una de las piezas que conforman la estructura metálica del módulo:

- Vigas longitudinales suelo y techo: Tubo Rectangular Liviano 120 x 80 x 3.2 mm.
- Vigas transversales suelo y techo: Tubo Rectangular Liviano 120 x 80 x 3.2 mm.
- Pilares: Tubo Cuadrado Liviano 80 x 3.2 mm.

Para poder llevar a cabo el diseño de la estructura metálica del módulo, también es necesario ir definiendo los nudos y barras que sean necesarias. Para ello, se deberá ir accediendo a los menús que ofrece el software e ir definiendo cada uno de los elementos. Posteriormente, CYPE 3D permite modificar el tipo de perfil de cada una de las barras.

Según se observa en la Figura II.40. Selección de perfil en CYPE 3D, el software ofrece una gran variedad de posibles perfiles y de distintos materiales.

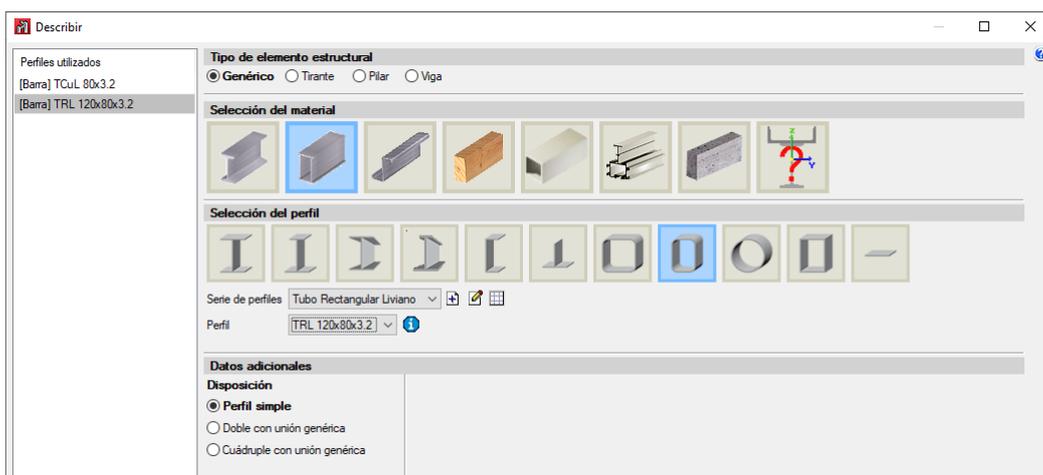


Figura II.40. Selección de perfil en CYPE 3D

A continuación, se muestra una figura con el diseño obtenido, atendiendo a las tres primeras consideraciones. Cabe destacar también, que se ha definido una vinculación exterior como empotramiento, en los cuatros nudos extremos de la parte inferior de la estructura de acero.

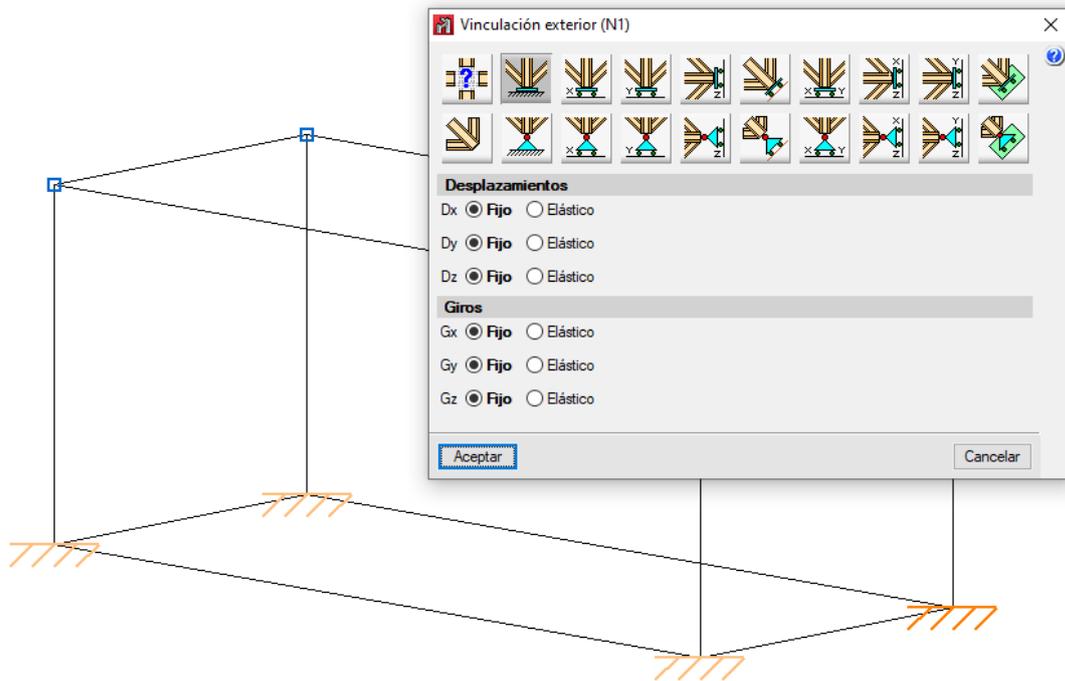


Figura II.41. Selección de vinculación exterior para nudos de apoyo en CYPE 3D

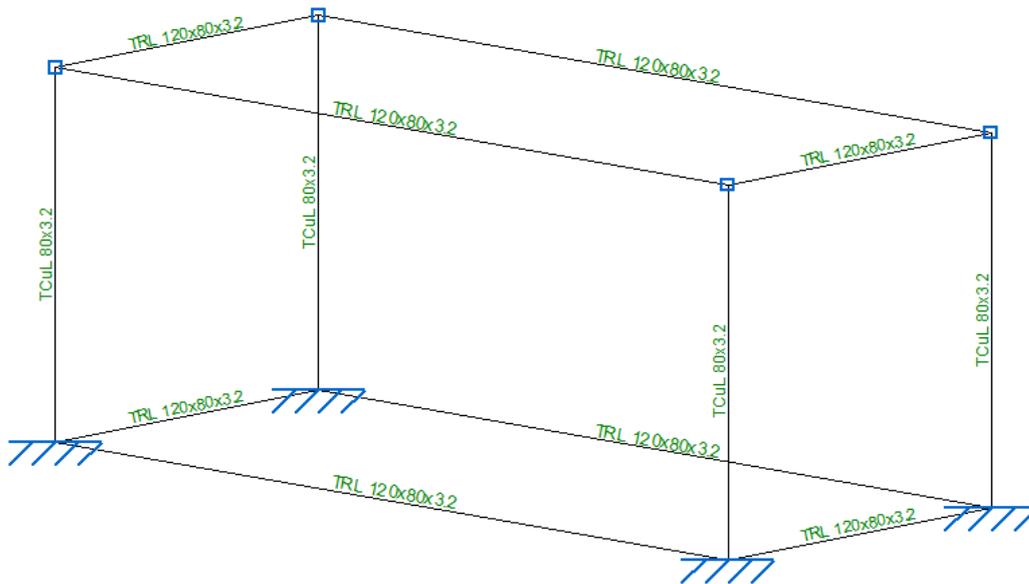


Figura II.42. Diseño inicial módulo con CYPE 3D

A continuación, se deben incluir las correas transversales encargadas de soportar la sobrecarga de uso estipulada para este módulo. En este caso, se trata de orientar el módulo hacia vivienda; por tanto, atendiendo al ANEXO I.II., se ha escogido una sobrecarga de uso de tipo A1 (uso residencial).

En el caso de las correas, al contar con un perfil rectangular hueco de 60 x 40 x 2 mm, CYPE 3D da la posibilidad de seleccionar dicho perfil:

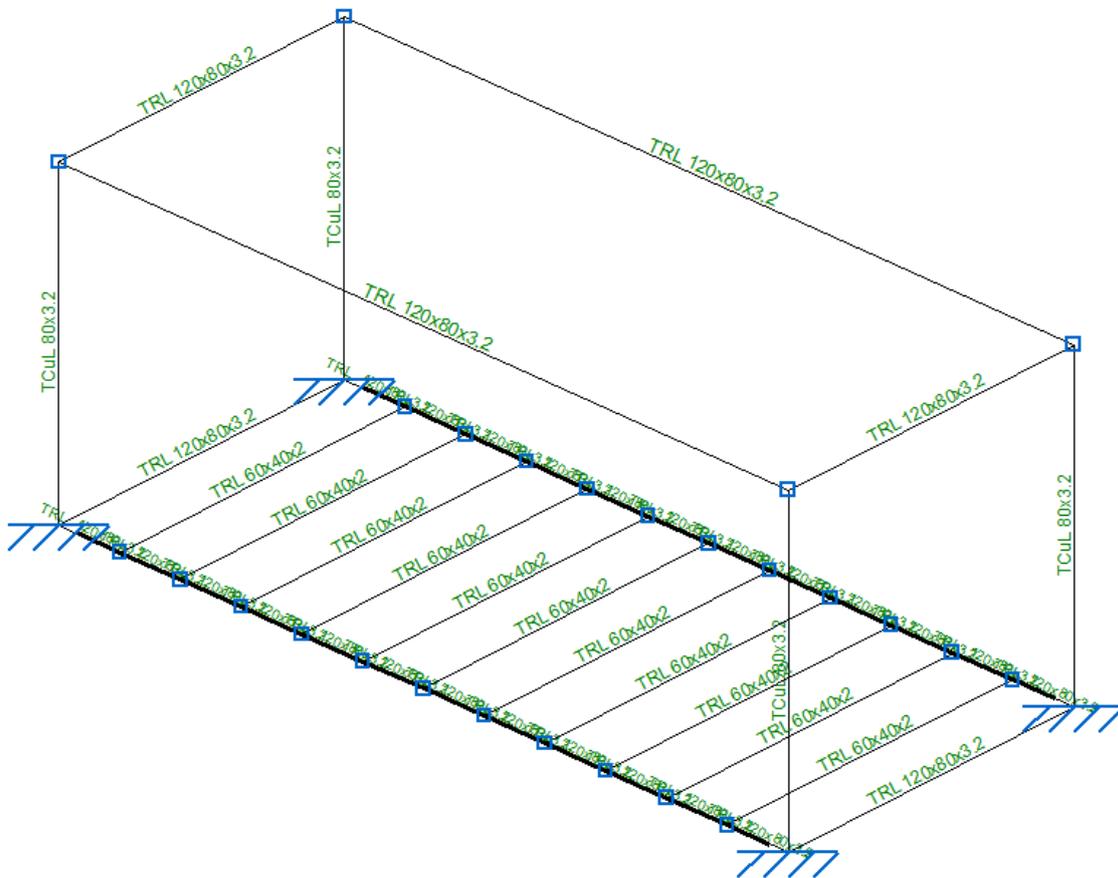


Figura II.43. Introducción de correas en la estructura del módulo en CYPE 3D

Finalmente, para completar el diseño de la estructura, se ha planteado incluir varias barras exteriores a modo de cruz de San Andrés a fin de ayudar a la estructura a soportar las diferentes solicitaciones y para garantizar que el conjunto no se comporte como un mecanismo.

En un primer lugar, para todas estas barras se escogió un perfil estándar rectangular hueco. Para que, una vez realizado el análisis, se pueda estudiar la posibilidad de utilizar perfiles que cumplan más pequeños y económicos.

Según se observa en , en la fachada frontal y posterior del módulo, se han colocado dos cruces de San Andrés por fachada; situadas en los extremos de las fachadas y con una anchura de 1 metro.

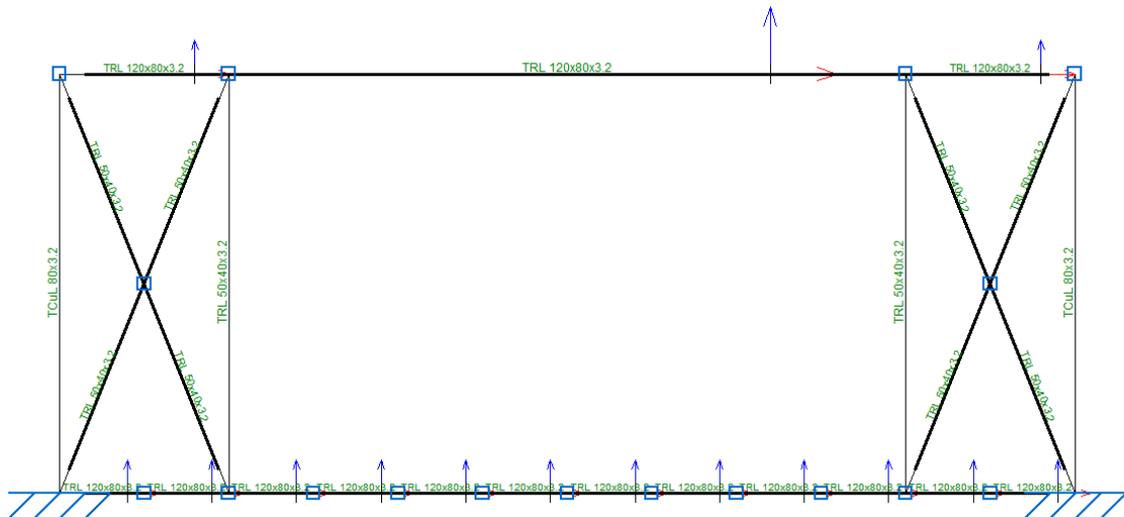


Figura II.44. Cruces de San Andrés en Fachada Frontal y Posterior

Por otra parte, según se observa en la Figura II.45. Cruz de San Andrés en Fachadas Laterales, en las caras laterales también se han definido barras a modo de cruz de San Andrés:

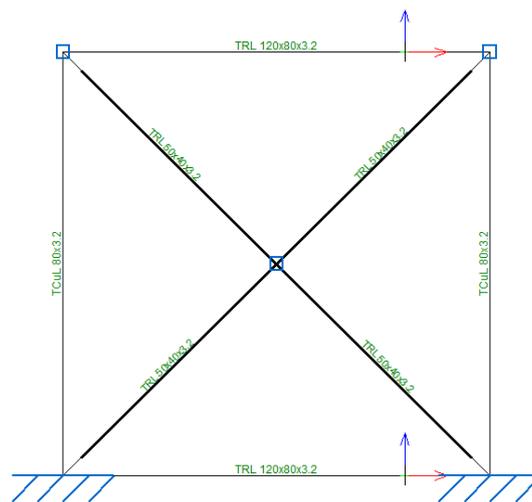


Figura II.45. Cruz de San Andrés en Fachadas Laterales

El siguiente paso consiste en definir en CYPE 3D tanto la norma a utilizar como el tipo de acero a utilizar y las hipótesis adicionales que sean necesarios para el cálculo:

- Norma: Código Técnico de la Edificación – EHE-08.
  - Perfiles: Acero S275.
  - Hipótesis adicionales: una vez calculadas las acciones a considerar en el ANEXO I.II., se deberán incluir en CYPE como hipótesis adicionales: sobrecarga de uso, 2 hipótesis de viento diferentes (a 0º y a 90º) e hipótesis de nieve.
- Además, se deberá seleccionar como categoría de uso, Tipo A. Zonas residenciales.

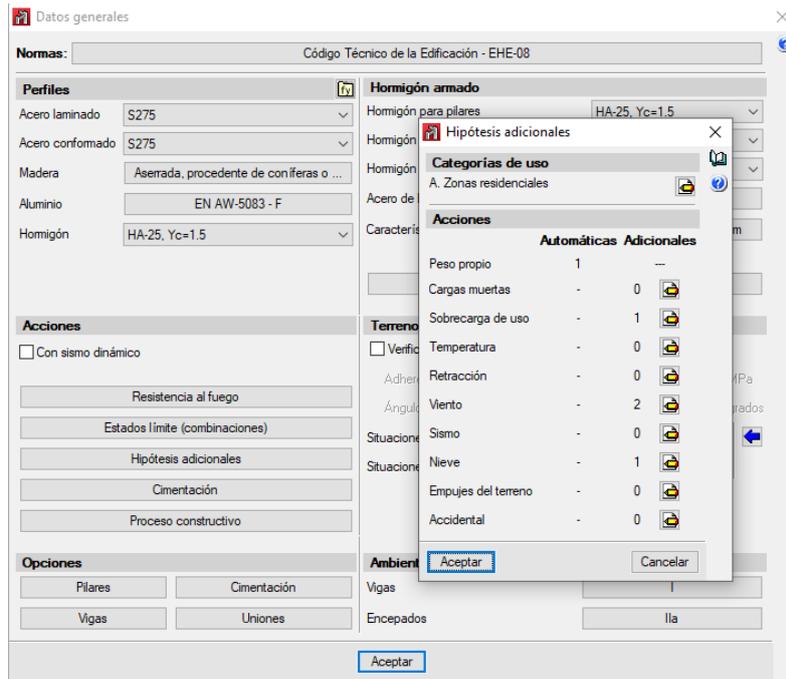


Figura II.46. Menú de Datos de Obra en CYPE 3D

Finalmente, quedaría incluir cada una de las acciones calculadas en función del caso que se desee analizar. Para este Proyecto se han planteado dos casos diferentes: el primero de ellos consiste en analizar un único módulo; y el segundo de ellos, consiste en analizar dos módulos apilados.

### ANEXO II.IV.II. Caso 1 – Módulo único

A continuación, se muestra el procedimiento seguido a la hora de incluir todas y cada una de las cargas que se han tenido en cuenta para el análisis de la estructura metálica del módulo prefabricado.

#### ANEXO II.IV.II.I. Carga de nieve

En primer lugar, se incluye la carga de nieve en la cubierta o fachada superior del módulo. Al definirse la estructura mediante barras y la carga en función de la superficie. Será necesario realizar unos cálculos previos, para determinar que carga uniformemente soportará cada barra:

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$0,6 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = 0,75 \frac{kN}{m}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$0,6 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = 1,8 \frac{kN}{m}$$

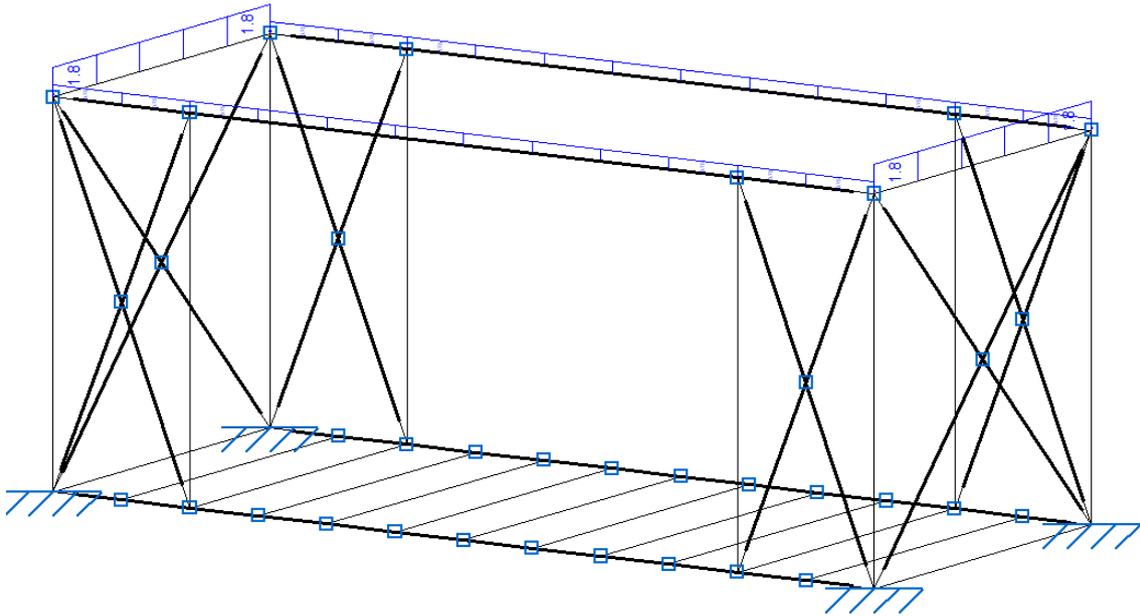


Figura II.47. Carga de nieve para Caso 1

#### ANEXO II.IV.II.II. Sobrecarga de uso

En segundo lugar, se incluirá la sobrecarga de uso tipo A1 en cada una de las correas transversales definidas en la estructura correspondiente al suelo del módulo. En este caso, el método operatorio es similar; cada una de las correas soportará una carga uniformemente repartida en función de la separación entre las correas.

$$2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,5 \text{ m} = 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

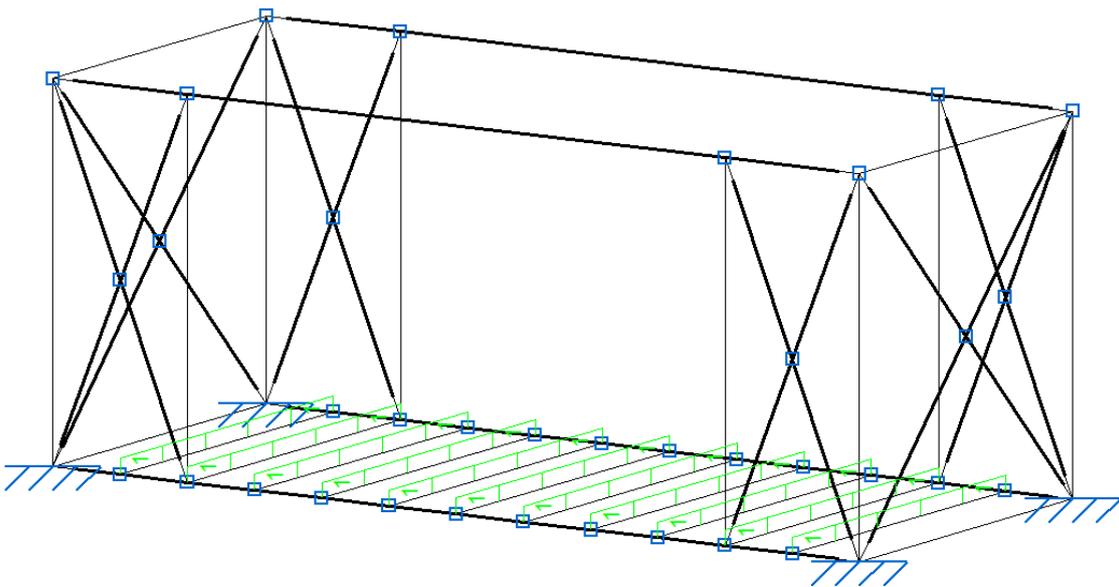


Figura II.48. Sobrecarga de uso para Caso 1

## ANEXO II.IV.II.III. Viento a 0º

En tercer lugar, se incluirán las cargas de viento a 0º calculadas en el ANEXO I.II., en función de cada una de las fachadas y de la cubierta del módulo.

Atendiendo a la Tabla I.12. Valores presiones estáticas para viento a 0º y Tabla I.18. Valores presiones estáticas para viento a 0º (cubierta plana), se procede a calcular las cargas uniformemente repartidas que deberán soportar cada una de las barras de la estructura:

- Cara Lateral o Zonas ABC:

$$-0,529 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,661 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Cara Frontal o Zona E:

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$-0,301 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,376 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$-0,301 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = -0,903 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Cara Posterior o Zona D:

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$0,481 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = 0,601 \frac{kN}{m} \text{ (presión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$0,481 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = 1,443 \frac{kN}{m} \text{ (presión)}$$

- Cubierta o Zonas FGH:

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$-0,646 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,808 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$-0,646 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = -1,938 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

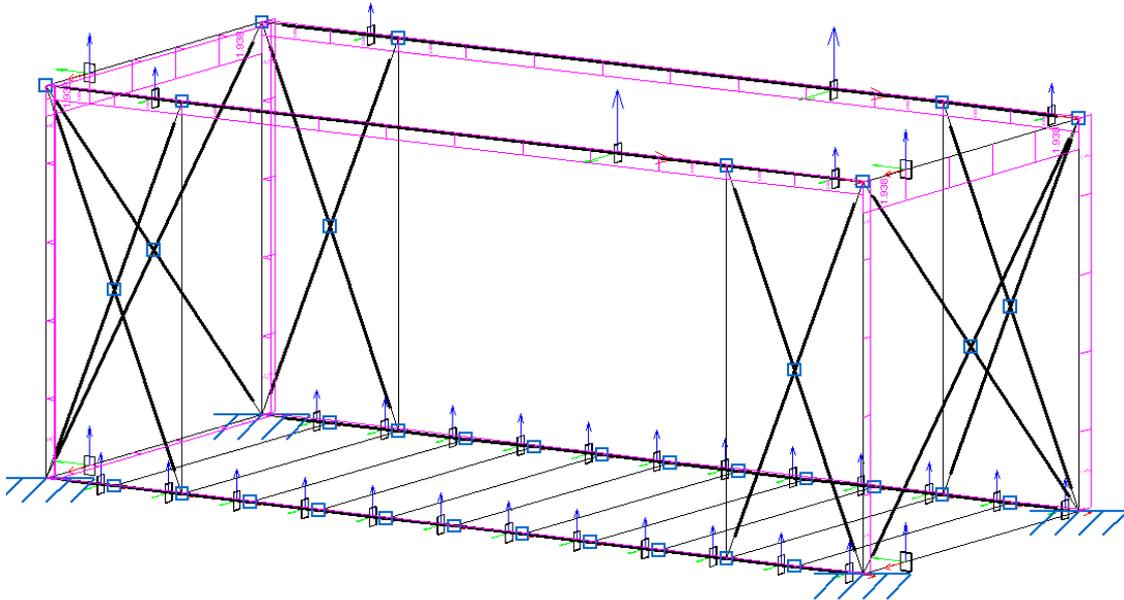


Figura II.49. Viento a 0° para Caso 1

#### ANEXO II.IV.II.IV.Viento a 90°

En cuarto lugar, se incluirán las cargas de viento a 90 ° calculadas en el ANEXO I.II., en función de cada una de las fachadas y de la cubierta del módulo.

Atendiendo a la Tabla I.14. Valores presiones estáticas para viento a 90° y Tabla I.21. Valores presiones estáticas para viento a 90° (cubierta plana), se procede a calcular las cargas uniformemente repartidas que deberán soportar cada una de las barras de la estructura:

- Cara Frontal o Zonas ABC:
  - Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$-0,411 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,514 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$-0,411 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = -1,233 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Cara Lateral Izquierda o Zona D:

$$0,481 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = 0,601 \frac{kN}{m} \text{ (presión)}$$

- Cara Lateral Derecha o Zona E:

$$-0,180 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = 0,225 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Cubierta o Zonas FGHI:

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$-0,042 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,053 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$-0,042 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = -0,126 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

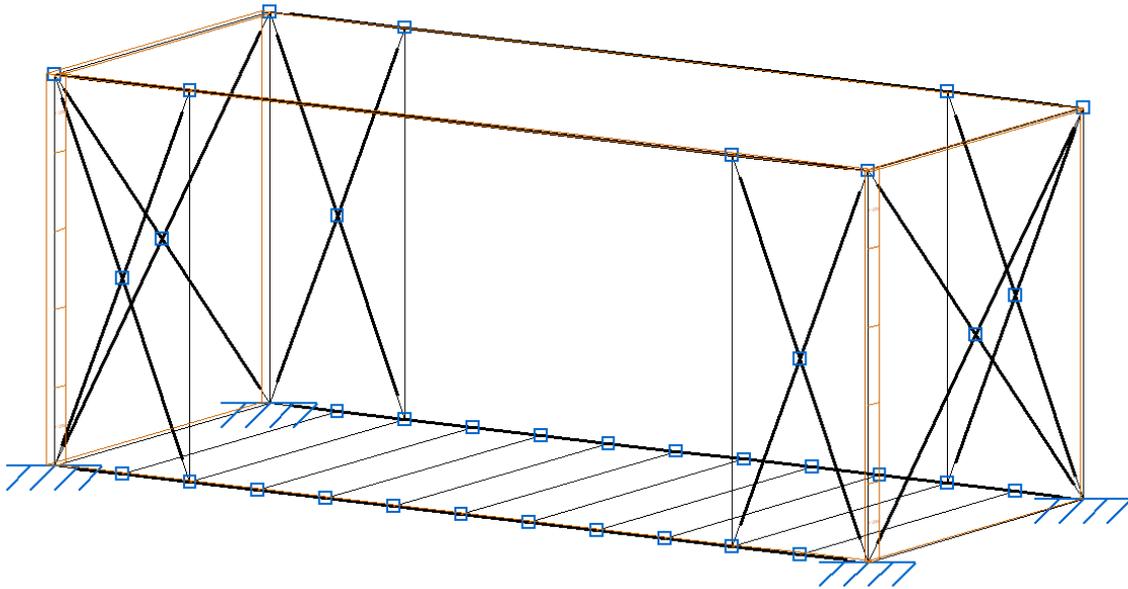


Figura II.50. Viento a 90º para Caso 1

#### ANEXO II.IV.II.V. Resultados y conclusiones

Una vez realizado el primer análisis, CYPE 3D ofrece la posibilidad de comprobar a Estado Límite Último todas las barras que componen la estructura metálica del módulo. Marcándose en rojo aquellos elementos que no cumplen alguna comprobación.

Cabe destacar que, según se ha indicado en los apartados previos, se seleccionó un tipo de perfil rectangular estándar y único para las barras exteriores colocadas a modo de cruz de San Andrés. Y, una vez realizado el primer análisis, se puede determinar cuál sería el primero de los perfiles que cumple con todas las comprobaciones.

En la Figura II.51. Comprobación barras exteriores para Caso 1, se puede observar la lista que ofrece CYPE 3D y, gracias a la cuál, se puede determinar cuál es el primer perfil que cumple con las comprobaciones. En este primer caso, el perfil final escogido se trata de un Tubo Rectangular Liviano de 50 x 40 x 0,9 mm.

Perfil	Peso	Resistencia	Errores
✗ TRL 50x25x2	2.15	---	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de...
✗ TRL 50x30x0.8	0.97	---	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de...
✗ TRL 50x30x0.9	1.09	---	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de...
✗ TRL 50x30x1.1	1.32	---	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de...
✗ TRL 50x30x1.2	1.43	---	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de...
✗ TRL 50x30x1.6	1.88	---	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de...
✗ TRL 50x30x2	2.30	---	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de...
✗ TRL 50x30x2.5	2.81	---	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de...
✗ TRL 50x30x3.2	3.49	---	Se ha producido un error, ya que la esbeltez de...
✓ TRL 50x40x0.9	1.23	48.38 %	
✓ TRL 50x40x1.1	1.49	40.05 %	
✓ TRL 50x40x1.2	1.62	36.93 %	
✓ TRL 50x40x1.6	2.13	28.36 %	
✓ TRL 50x40x2	2.62	23.25 %	
✓ TRL 50x40x2.5	3.21	19.20 %	
✓ TRL 50x40x3.2	3.99	15.69 %	

No se han definido límites de flecha  
Se ha seleccionado no realizar la comprobación de resistencia al fuego

Significado de los iconos  
✗ Perfil que no cumple alguna comprobación.  
✓ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Aceptar Cancelar

Figura II.51. Comprobación barras exteriores para Caso 1

Posteriormente, se vuelve a realizar un segundo análisis para comprobar que todas las barras cumplen antes las solicitaciones impuestas. En la Figura II.52. Comprobación de elementos para Caso 1, se muestran en color verde aquellas barras que realmente cumplen y en rojo las que no.

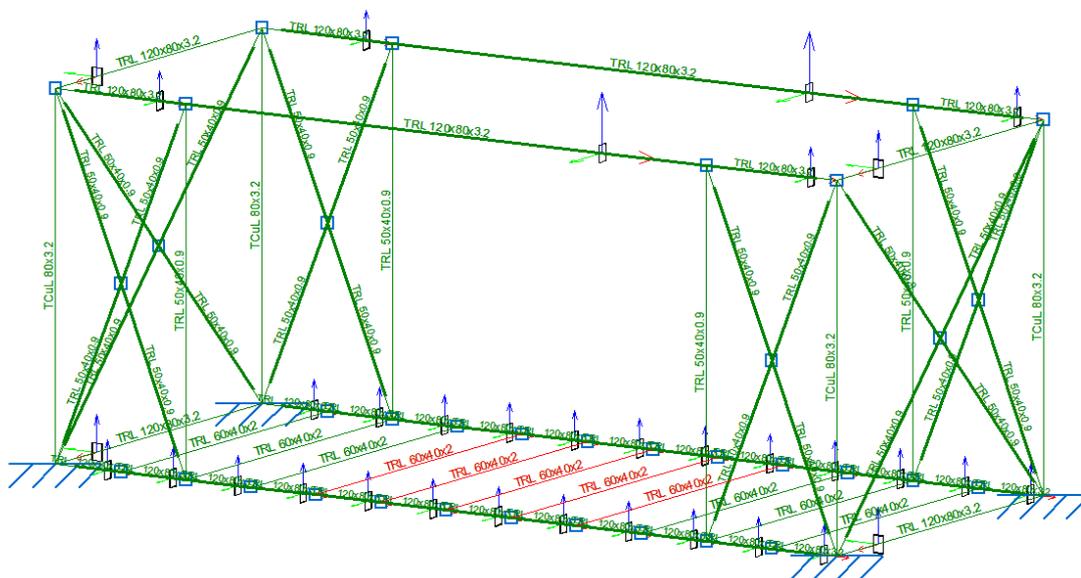


Figura II.52. Comprobación de elementos para Caso 1

En este caso, al establecer una flecha límite de  $L/300$  en cada barra, se observa que algunas de las correas transversales no cumplen con el aprovechamiento de flecha. Por tanto, se accede de nuevo a la lista de comprobación por perfiles que ofrece CYPE 3D y se selecciona el primer perfil que cumpla.

Atendiendo a la Figura II.53. Comprobación correas transversales para Caso 1., se puede determinar que el perfil a escoger es un Tubo Rectangular Liviano de 60 x 40 x 2,5 mm. Por tanto, se modificará el perfil de todas las correas a fin de unificar.

Perfil	Peso	Resistencia	Flecha	Errores
✗ TRL 60x20x3.2	3.49	—	123.58 %	Se ha producido un error, ya que I...
✗ TRL 60x30x0.9	1.23	108.49 %	266.60 %	
✗ TRL 60x30x1.1	1.49	—	222.13 %	Se ha producido un error, ya que I...
✗ TRL 60x30x1.2	1.62	—	205.50 %	Se ha producido un error, ya que I...
✗ TRL 60x30x1.6	2.13	—	159.96 %	Se ha producido un error, ya que I...
✗ TRL 60x30x2	2.62	—	132.93 %	Se ha producido un error, ya que I...
✗ TRL 60x30x2.5	3.21	—	111.66 %	Se ha producido un error, ya que I...
✗ TRL 60x30x3.2	3.99	—	93.63 %	Se ha producido un error, ya que I...
✗ TRL 60x40x0.9	1.37	115.82 %	220.31 %	
✗ TRL 60x40x1.1	1.66	76.45 %	183.20 %	
✗ TRL 60x40x1.2	1.81	70.49 %	169.31 %	
✗ TRL 60x40x1.6	2.38	54.14 %	131.24 %	
✗ TRL 60x40x2	2.93	44.37 %	108.58 %	
✓ TRL 60x40x2.5	3.60	36.62 %	90.68 %	
✓ TRL 60x40x3.2	4.49	29.92 %	75.37 %	
✓ TRL 60x40x4	5.45	25.24 %	64.90 %	
✓ TRL 70x30x0.9	1.37	103.14 %	182.25 %	

Se ha seleccionado no realizar la comprobación de resistencia al fuego

Significado de los iconos

- ✗ Perfil que no cumple alguna comprobación.
- ✓ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Aceptar Cancelar

Figura II.53. Comprobación correas transversales para Caso 1.

Finalmente, se vuelve a llevar a cabo el análisis y una nueva comprobación de los elementos:

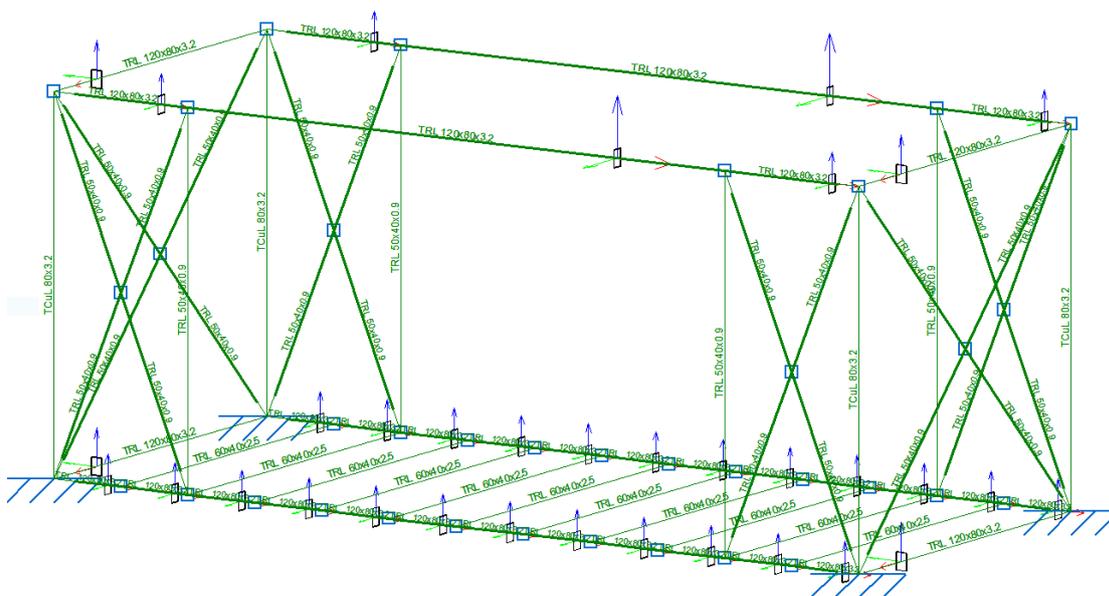


Figura II.54. Comprobación final de elementos para Caso 1

En este caso, se puede observar que todas las barras cumplen las comprobaciones a Estado Límite Último. Por tanto, se procederá a analizar los resultados obtenidos y aportados gracias al software.

A continuación, se muestra una vista 3D de la estructura completa, atendiendo a los perfiles escogidos para cada tipo de barra:

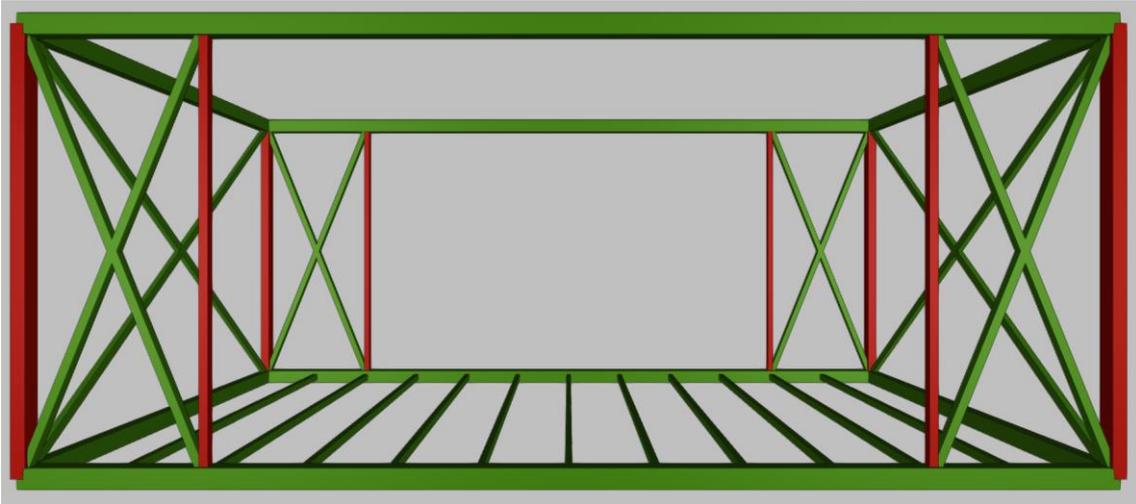


Figura II.55. Representación 3D de la estructura en CYPE 3D

Finalmente, se presentan algunos de los resultados obtenidos para este primer caso:

- **Tensión / Aprovechamiento:**

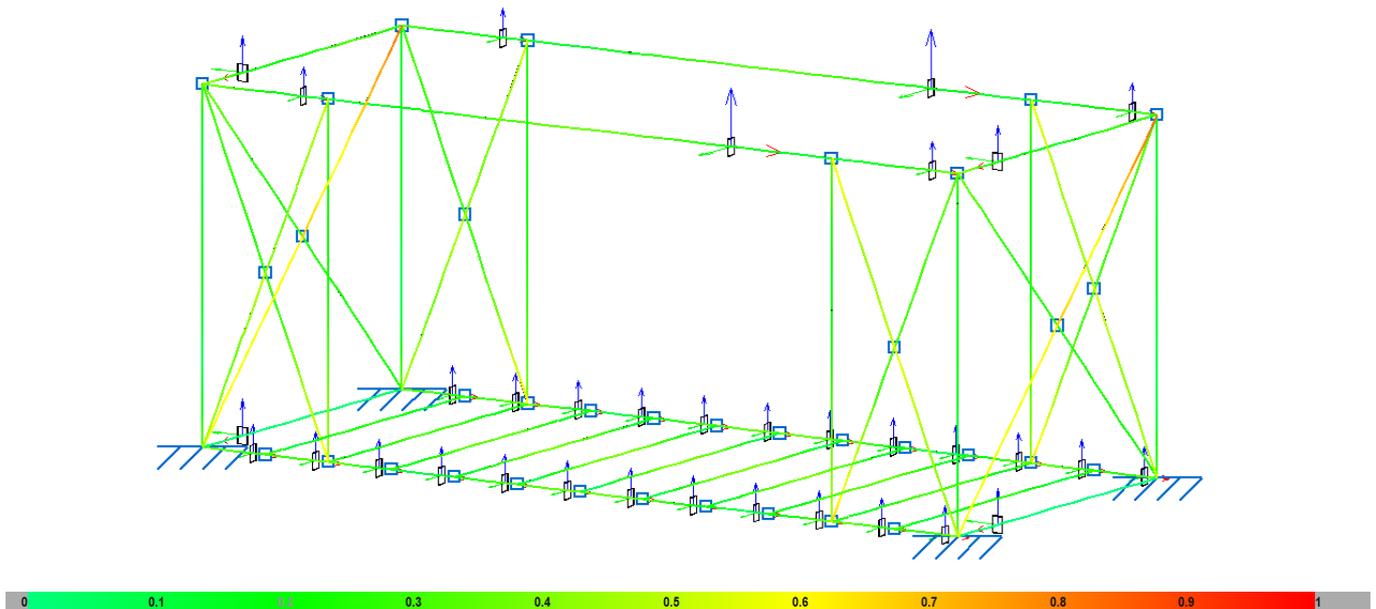


Figura II.56. Tensión / Aprovechamiento para Caso 1

Atendiendo a la Figura II.56. Tensión / Aprovechamiento para Caso 1, se puede observar que las barras más solicitadas a tensión son las cruces de San Andrés. Y, en especial, las correspondientes de las caras laterales en su parte superior. Alcanzando valores del 84% a resistencia.

- Flecha xy:

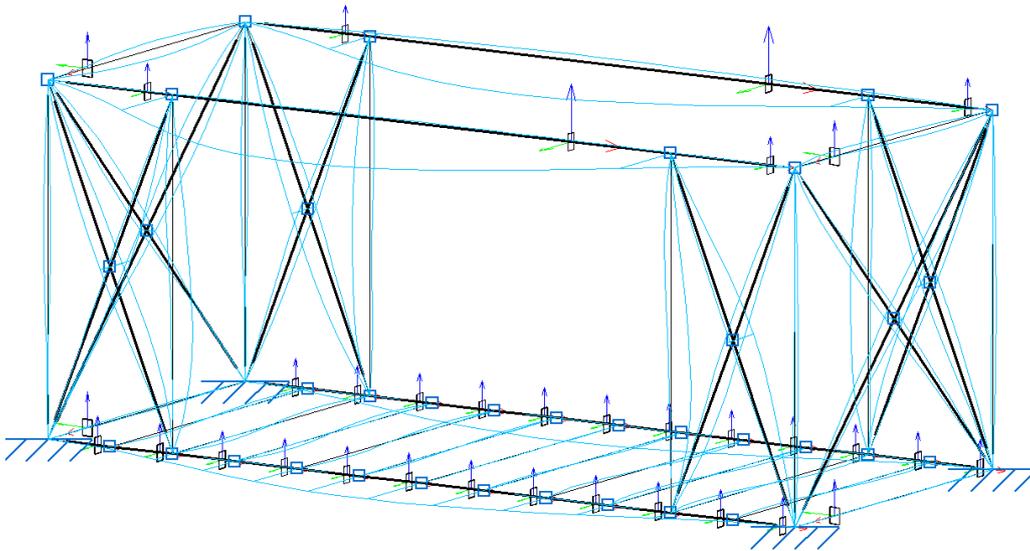


Figura II.57. Flecha xy para Caso 1

Según se observa en la Figura II.57. Flecha xy para Caso 1, los valores máximos de flecha en el plano xy se dan en las barras longitudinales superiores. Alcanzándose valores de 16,468 mm y de 12,418 mm.

- Flecha xz:

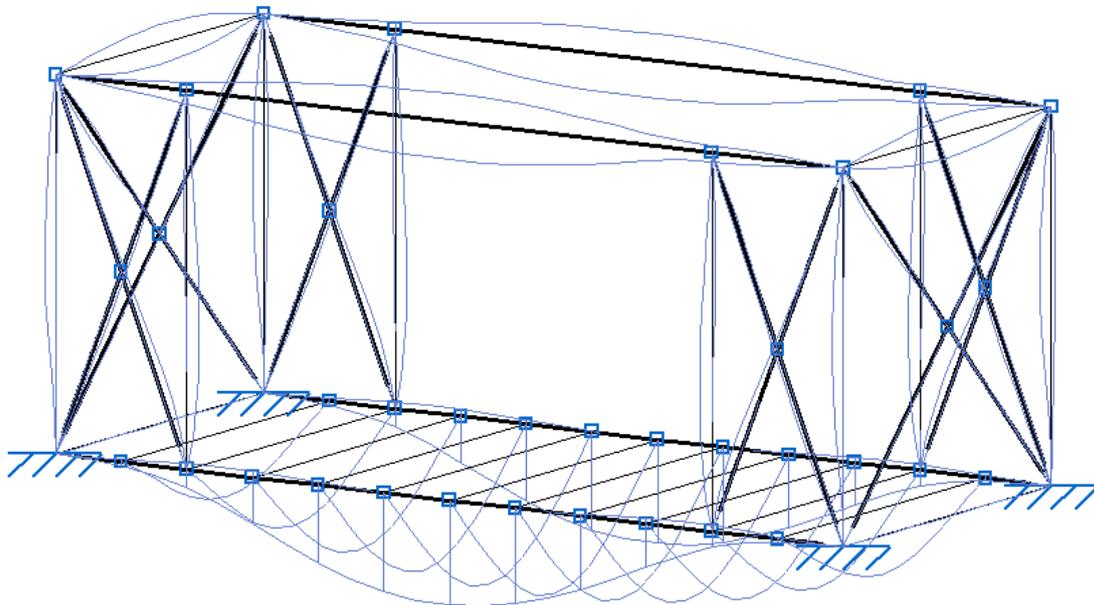


Figura II.58. Flecha xz para Caso 1

Según se observa en la Figura II.58. Flecha xz para Caso 1, los valores máximos de flecha en el plano xz se dan en las barras longitudinales y correas transversales inferiores. Alcanzándose valores en torno a 6,854 mm en las barras longitudinales y de 8,2 mm en la correa transversal central.

- **Deformada e isovalores:**

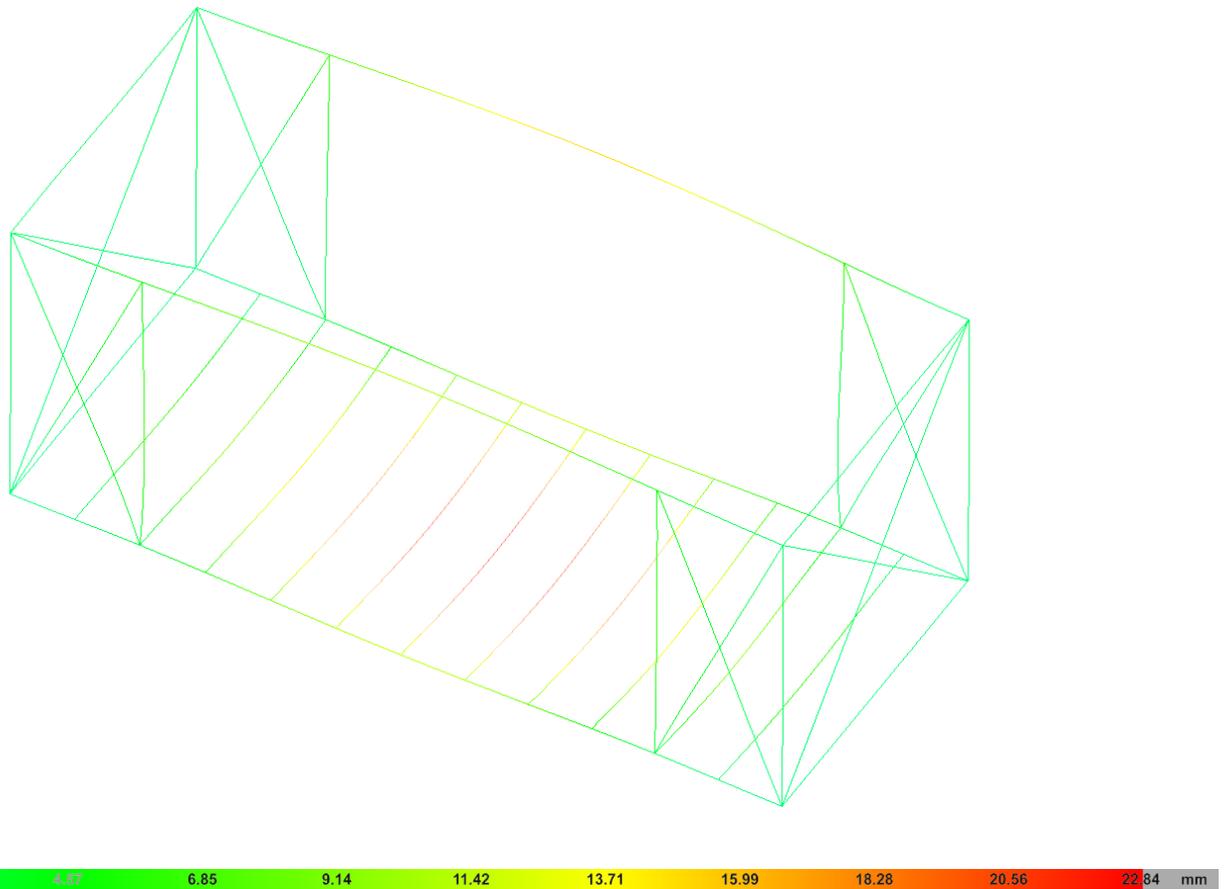


Figura II.59. Deformada e isovalores para Caso 1

Atendiendo a la Figura II.59. Deformada e isovalores para Caso 1, se puede observar que los valores máximos de deformada para la hipótesis más crítica se dan en las correas transversales inferiores. En concreto, las correas intermedias; alcanzándose valores de hasta 22,84 mm en las correas, según la leyenda superior.

### ANEXO II.IV.III. Caso 2 – Dos módulos apilados

A continuación, se muestra el procedimiento seguido a la hora de incluir todas y cada una de las cargas que se han tenido en cuenta para el caso de apilar dos módulos prefabricados.

En este caso, se realizará el diseño del módulo inferior incluyendo todas las cargas procedentes del módulo superior (como el peso del módulo, su sobrecarga de uso, carga de nieve, ...).

#### ANEXO II.IV.III.I. Peso módulo superior

En primer lugar, se incluye el peso del módulo superior que deberá soportar la cubierta o fachada superior del módulo. Al definirse la estructura mediante barras y la carga en función de la superficie. Será necesario realizar unos cálculos previos, para determinar que carga uniformemente soportará cada barra:

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$0,687 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = 0,859 \frac{kN}{m}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$0,687 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = 2,061 \frac{kN}{m}$$

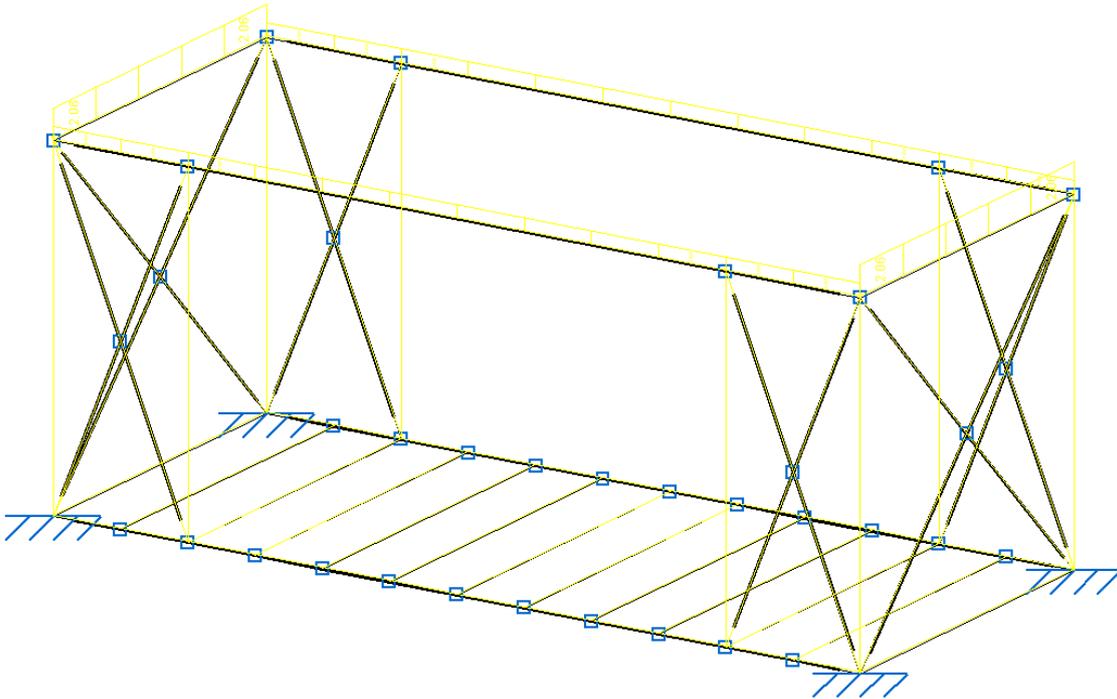


Figura II.60. Peso módulo superior para Caso 2

#### ANEXO II.IV.III.II. Carga de nieve

En segundo lugar, se incluye la carga de nieve en la cubierta o fachada superior del módulo. Al definirse la estructura mediante barras y la carga en función de la superficie. Será necesario realizar unos cálculos previos, para determinar que carga uniformemente soportará cada barra:

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$0,6 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = 0,75 \frac{kN}{m}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$0,6 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = 1,8 \frac{kN}{m}$$

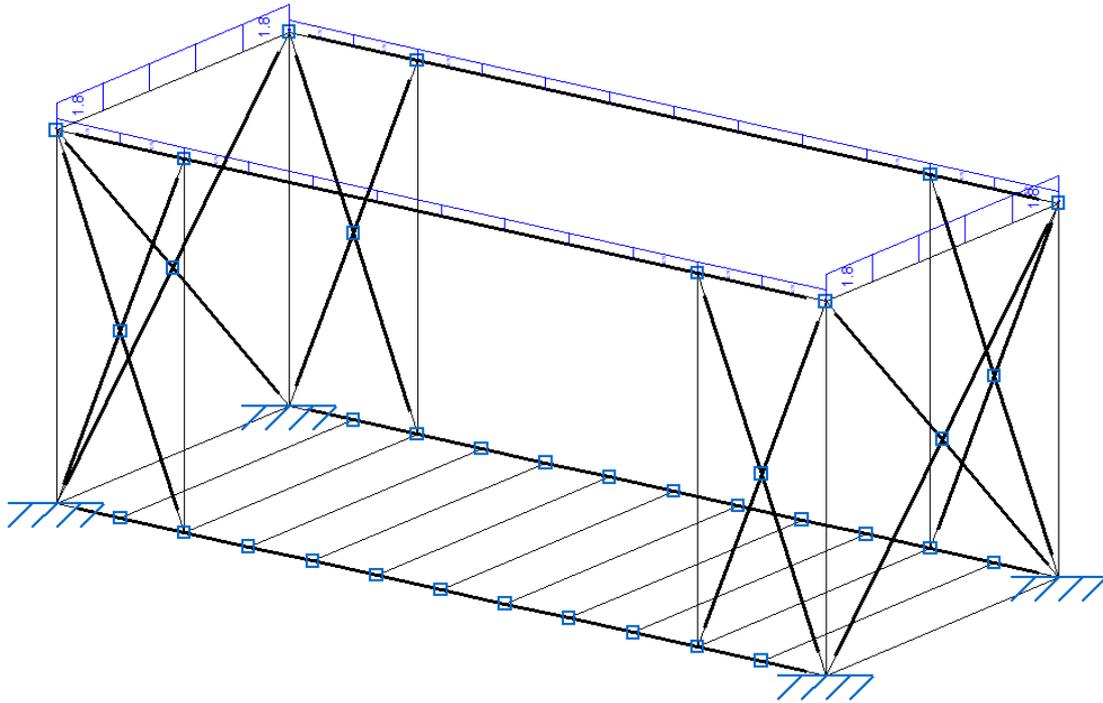


Figura II.61. Carga de nieve para Caso 2

#### ANEXO II.IV.III.III. Sobrecarga de uso

En tercer lugar, se incluirá la sobrecarga de uso tipo A1 en cada una de las correas transversales definidas en la estructura correspondiente al suelo del módulo. En este caso, el método operatorio es similar; cada una de las correas soportará una carga uniformemente repartida en función de la separación entre las correas. Además, se incluirá, en las barras superiores, la sobrecarga de uso procedente del módulo superior.

- Correas Transversales Inferiores:

$$2 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,5 m = 1 \frac{kN}{m}$$

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$2 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = 2,5 \frac{kN}{m}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$2 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = 6 \frac{kN}{m}$$

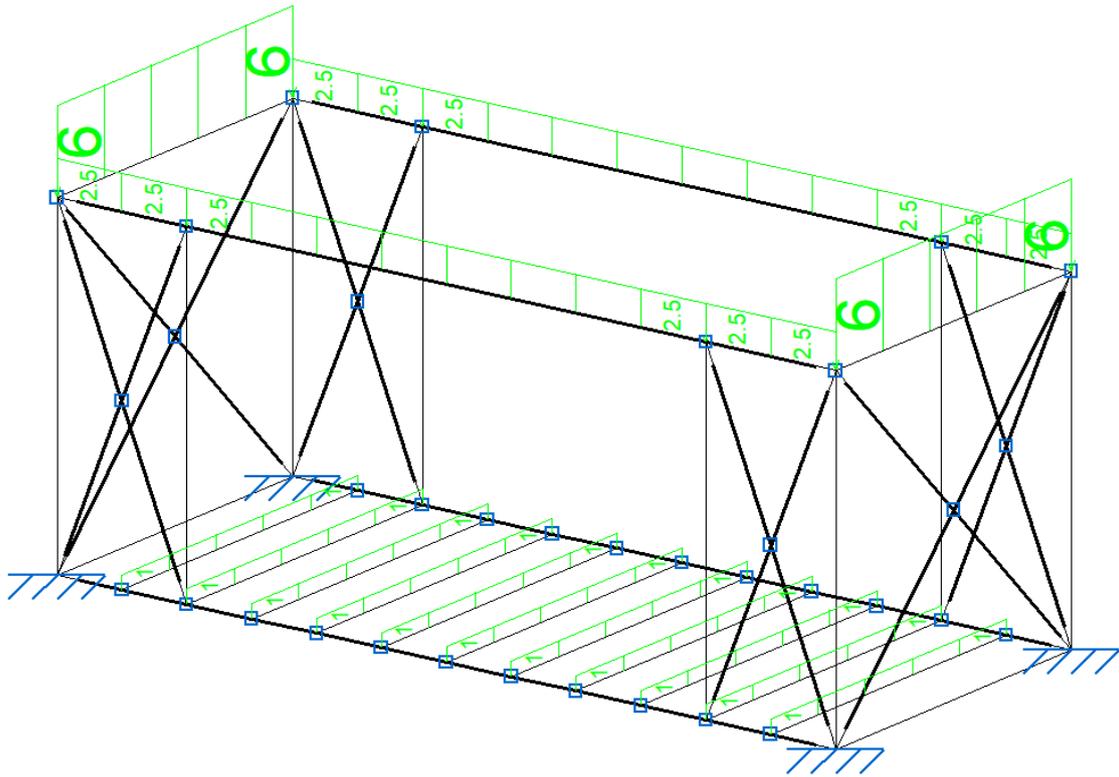


Figura II.62. Sobrecarga de uso para Caso 2

#### ANEXO II.IV.III.IV. Viento a 0º

En cuarto lugar, se incluirán las cargas de viento a 0º calculadas en el ANEXO I.II., en función de cada una de las fachadas y de la cubierta del módulo.

Atendiendo a la Tabla I.23. Valores presiones estáticas para viento a 0º y Tabla I.28. Valores presiones estáticas para viento a 0º (cubierta plana), se procede a calcular las cargas uniformemente repartidas que deberán soportar cada una de las barras de la estructura:

- Cara Lateral o Zonas ABC:

$$-0,511 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,639 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

Barra superior:

$$-0,511 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m = -1,278 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Cara Frontal o Zona E:

- o Barra longitudinal inferior: se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$-0,338 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,423 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

Barra superior:

$$-0,338 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m = -0,845 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$-0,338 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = -1,014 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Cara Posterior o Zona D:

- Barra longitudinal: se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$0,492 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = 0,615 \frac{kN}{m} \text{ (presión)}$$

Barra superior:

$$0,492 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m = 1,23 \frac{kN}{m} \text{ (presión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$0,492 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = 1,476 \frac{kN}{m} \text{ (presión)}$$

- Cubierta o Zonas FGH:

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$-0,549 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,686 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$-0,549 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = -1,647 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

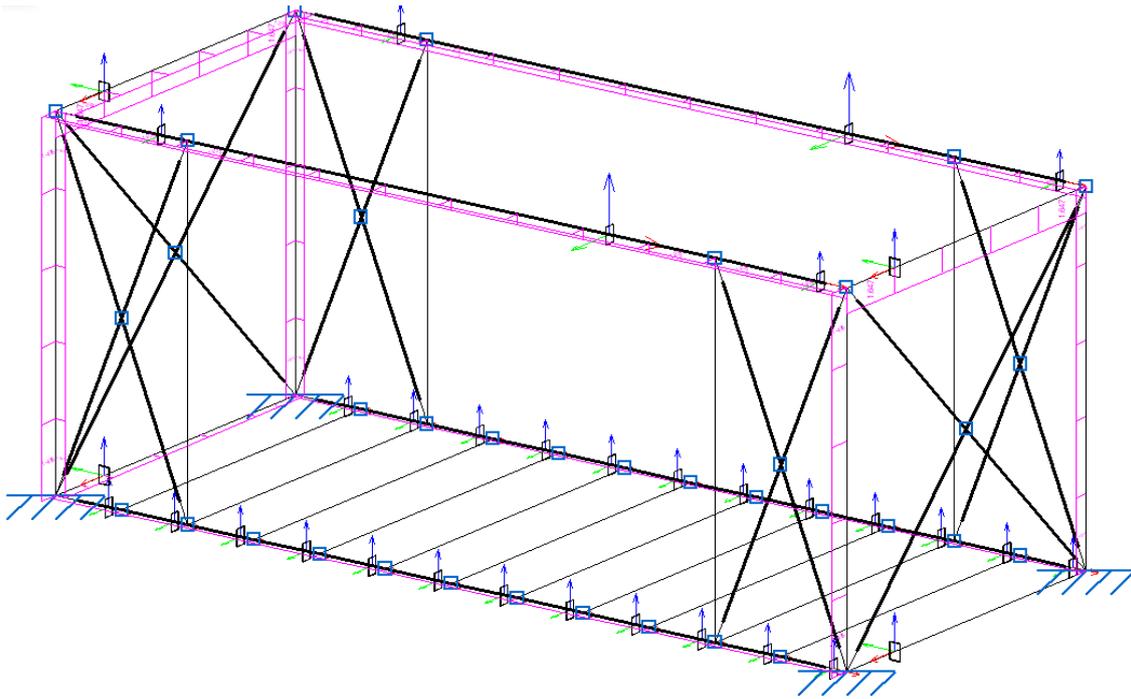


Figura II.63. Viento a 0° para Caso 2

## ANEXO II.IV.III.V. Viento a 90°

En quinto lugar, se incluirán las cargas de viento a 90 ° calculadas en el ANEXO I.II., en función de cada una de las fachadas y de la cubierta del módulo.

Atendiendo a la Tabla I.25. Valores presiones estáticas para viento a 90° y Tabla I.31. Valores presiones estáticas para viento a 90° (cubierta plana), se procede a calcular las cargas uniformemente repartidas que deberán soportar cada una de las barras de la estructura:

- Cara Frontal o Zonas ABC:
  - Barra longitudinal: se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$-0,395 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,494 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

Barra superior:

$$-0,395 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m = -0,988 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$-0,395 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = -1,185 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Cara Lateral Izquierda o Zona D:

$$0,4892 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = 0,612 \frac{kN}{m} \text{ (presión)}$$

Barra superior:

$$0,4892 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m = 1,233 \frac{kN}{m} \text{ (presión)}$$

- Cara Lateral Derecha o Zona E:

$$-0,308 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,385 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

Barra superior:

$$-0,308 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m = -0,77 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Cubierta o Zonas FGHI:

- Barras longitudinales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 2,5 metros de anchura.

$$-0,013 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,016 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

- Barras transversales: cada una de ellas se llevará la mitad respecto a los 6 metros de longitud.

$$-0,013 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m = -0,039 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

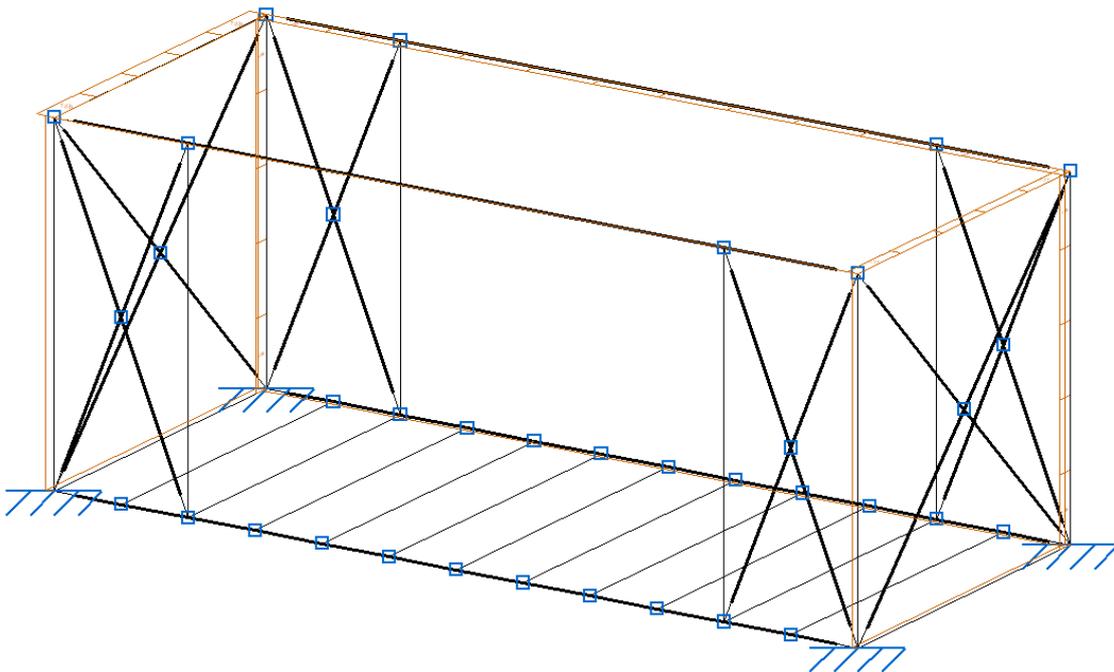


Figura II.64. Viento a 90° para Caso 2



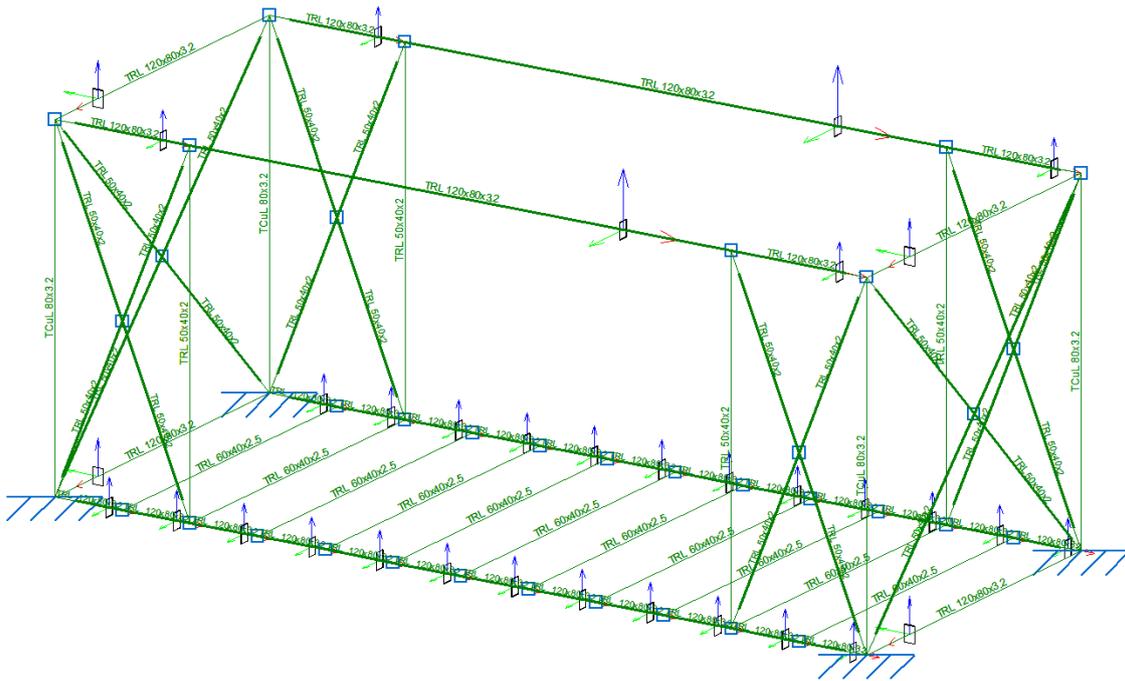


Figura II.66. Comprobación final de elementos para Caso 2

En este caso, se puede observar que todas las barras cumplen las comprobaciones a Estado Límite Último. Por tanto, se procederá a analizar los resultados obtenidos y aportados gracias al software. Como este caso utiliza los mismos perfiles en cuanto a dimensiones (únicamente varían ciertos espesores) que el primero de los casos, en la Figura II.55. Representación 3D de la estructura en CYPE 3D, se puede observar la representación de la estructura en 3D.

Finalmente, se presentan algunos de los resultados obtenidos para este segundo caso:

- **Tensión / Aprovechamiento:**

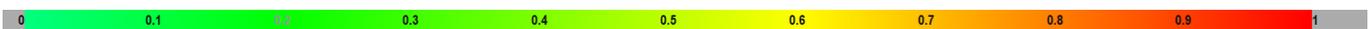
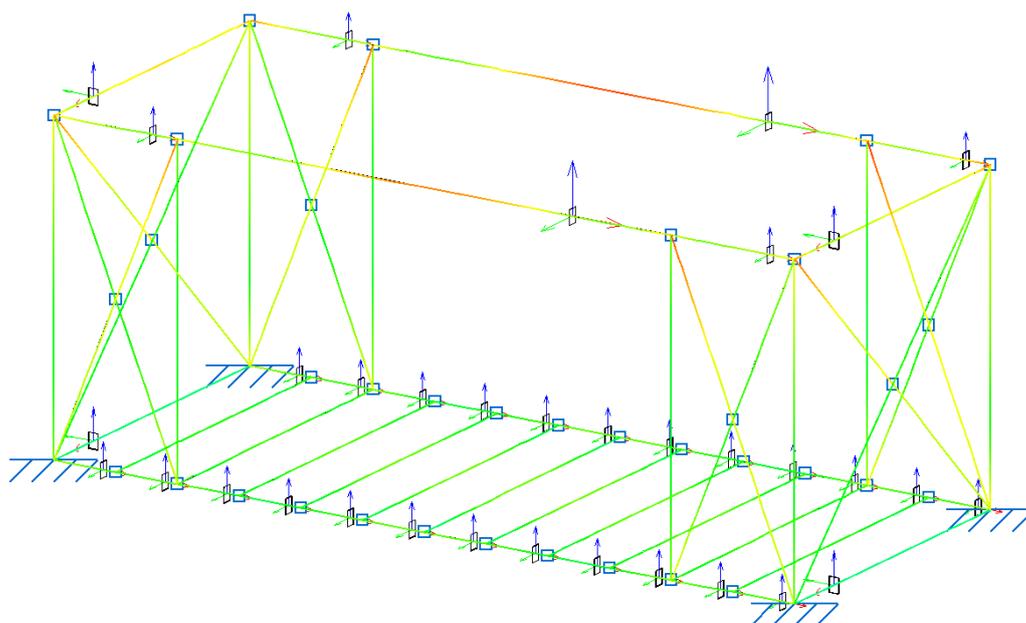


Figura II.67. Tensión / Aprovechamiento para Caso 2

Atendiendo a la Figura II.67. Tensión / Aprovechamiento para Caso 2, se puede observar que las barras más solicitadas a tensión son ciertas barras exteriores en las cruces de San Andrés. Y, en especial, las barras longitudinales superiores o de la estructura del techo del módulo. Alcanzando valores de hasta 91% de aprovechamiento a resistencia.

- **Flecha xy:**

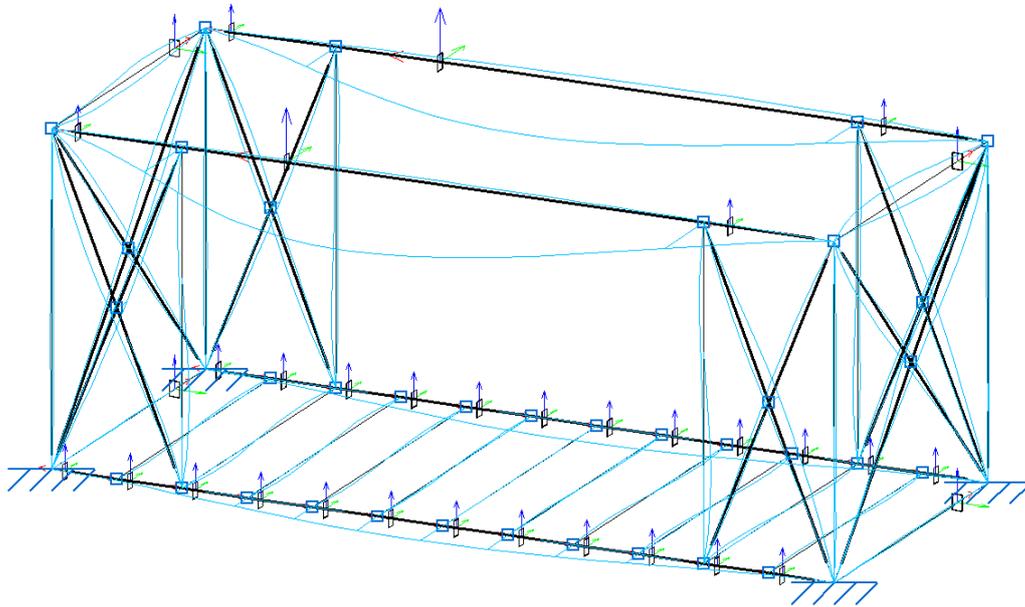


Figura II.68. Flecha xy para Caso 2

Según se observa en la Figura II.68. Flecha xy para Caso 2, los valores máximos de flecha en el plano xy se dan en las barras longitudinales superiores. Alcanzándose valores de hasta 23,5 mm en las barras longitudinales superiores.

- **Flecha xz:**

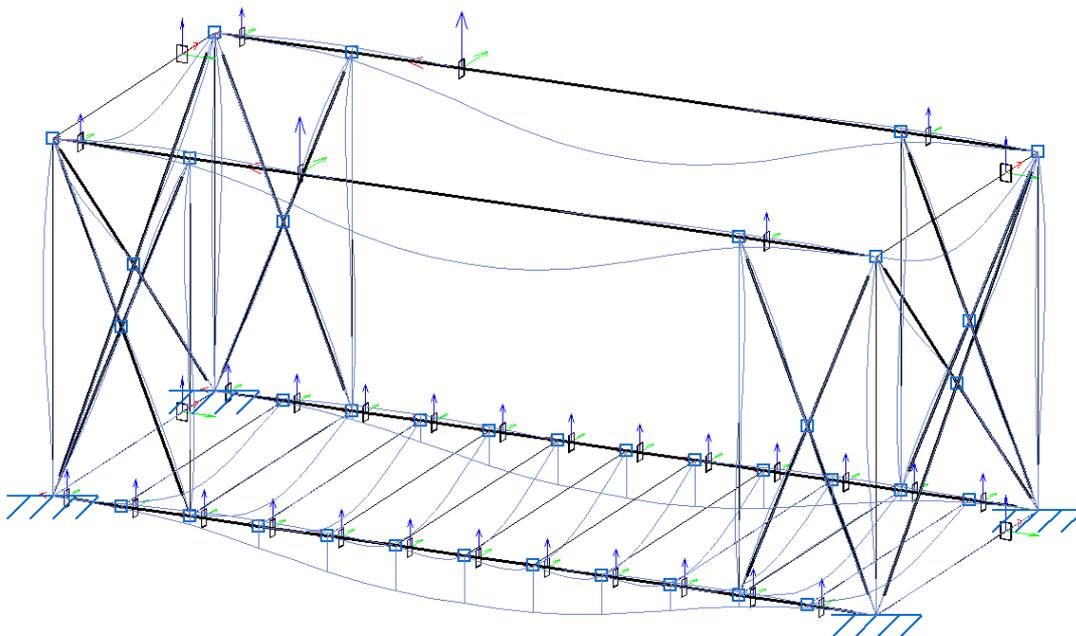


Figura II.69. Flecha xz para Caso 2

Según se observa en la Figura II.69. Flecha xz para Caso 2, los valores máximos de flecha en el plano xz se dan en las barras longitudinales superiores y correas transversales inferiores. Alcanzándose valores en torno a 9,2 mm en las barras longitudinales superiores y de 8 mm en la correa transversal central.

- **Deformada e isovalores:**

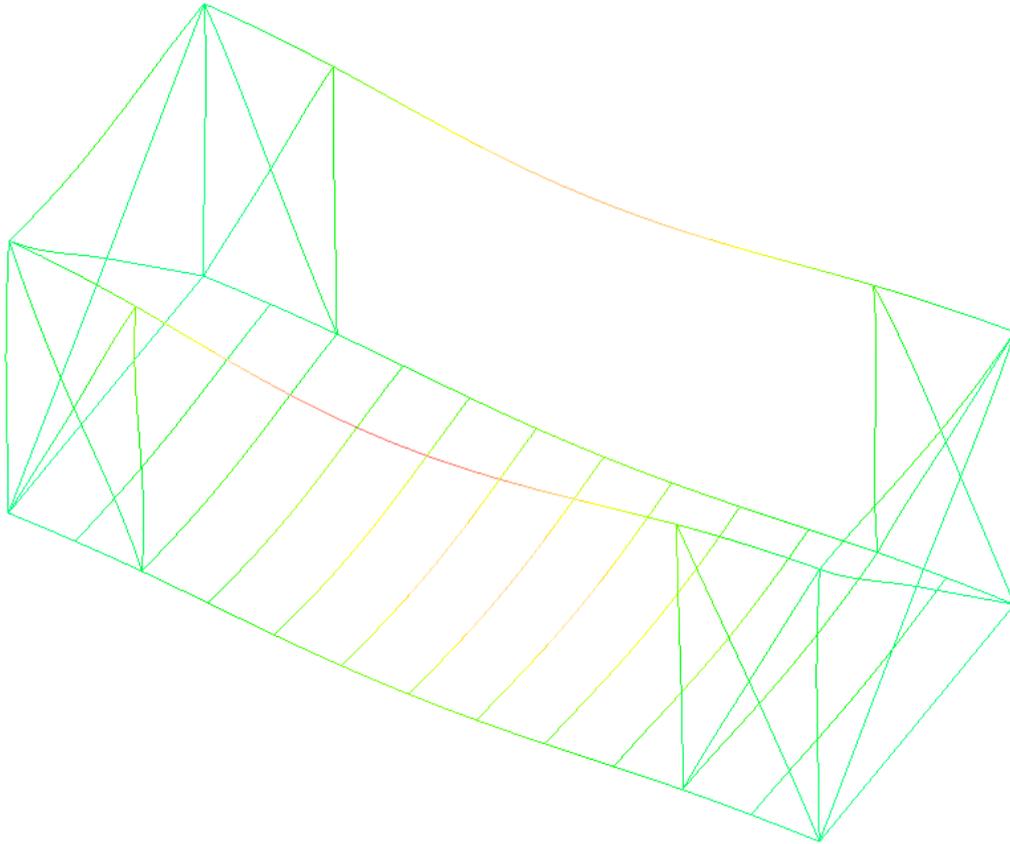


Figura II.70. Deformada e isovalores para Caso 2

Atendiendo a la Figura II.70. Deformada e isovalores para Caso 2, se puede observar que los valores máximos de deformada para la hipótesis más crítica se dan en las correas transversales inferiores. En concreto, las correas intermedias; alcanzándose valores de hasta 30,27 mm en las barras longitudinales superiores, según la leyenda superior.

## ANEXO II.V. CÁLCULO DE UNIÓN ATORNILLADA INFERIOR

### ANEXO II.V.I. Introducción

En este apartado del presente documento, se tratará de analizar una unión atornillada del módulo. Como fuente de información principal, se ha hecho uso del libro “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”; ya que cuenta con una introducción teórica acerca de pernos y uniones atornilladas y ofrece la información necesaria para poder realizar varios cálculos.

El propósito del perno consiste en sujetar dos o más partes. Apretando la tuerca se estira el perno, y de esta manera se produce la fuerza de sujeción, que se llama pre-tensión o precarga del perno. Existe en la conexión después de que la tuerca se apriete de forma apropiada, sin importar si se ejerce o no la fuerza externa  $P$ .

Por supuesto, como los miembros se están sujetando, la fuerza de sujeción, que produce tensión en el perno, induce compresión en los elementos.

Los agujeros de los tornillos quizás presenten rebabas o bordes agudos después de su formado, que podrían penetrar en el entalle e incrementar la concentración del esfuerzo. Por lo tanto, para prevenir este problema, se aconseja usar arandelas debajo de la cabeza del perno. Deben ser de acero endurecido y cargadas en el perno de manera que el borde redondeado del agujero estampado esté de frente al tornillo. Algunas veces también es necesario emplear arandelas debajo de la tuerca.

La carga de sujeción estira o alarga el tornillo; la carga se obtiene haciendo girar la tuerca hasta que el tornillo se alargue casi hasta su límite elástico. Si la tuerca no se afloja, la tensión en el tornillo permanece como la fuerza de precarga o de sujeción.

Cuando se aprieta, el mecánico debe, si es posible, mantener estacionaria la cabeza del tornillo y hacer girar la tuerca: de esta manera el cuerpo del tornillo no sentirá el par de torsión de fricción de la rosca.

### ANEXO II.V.II. Procedimiento de cálculo

Se trata de calcular una de las uniones atornilladas entre una de las piezas esquina y la barra longitudinal contigua. En este caso, se ha seleccionado ambas piezas en la estructura correspondiente al suelo.

Ambas piezas cuentan se sujetan mediante dos pernos M12 x 1,75, como se muestra en la .

El cálculo se va a realizar atendiendo a la carga de viento a  $0^\circ$  que se obtuvo en su momento y cuyos valores quedan recogidos en el ANEXO I.II.

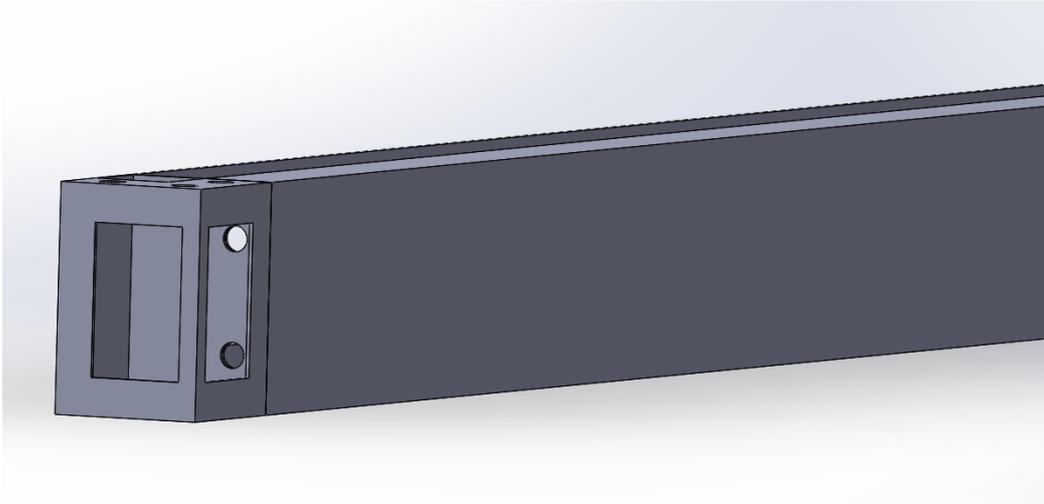


Figura II.71. Detalle unión atornillada inferior (1)

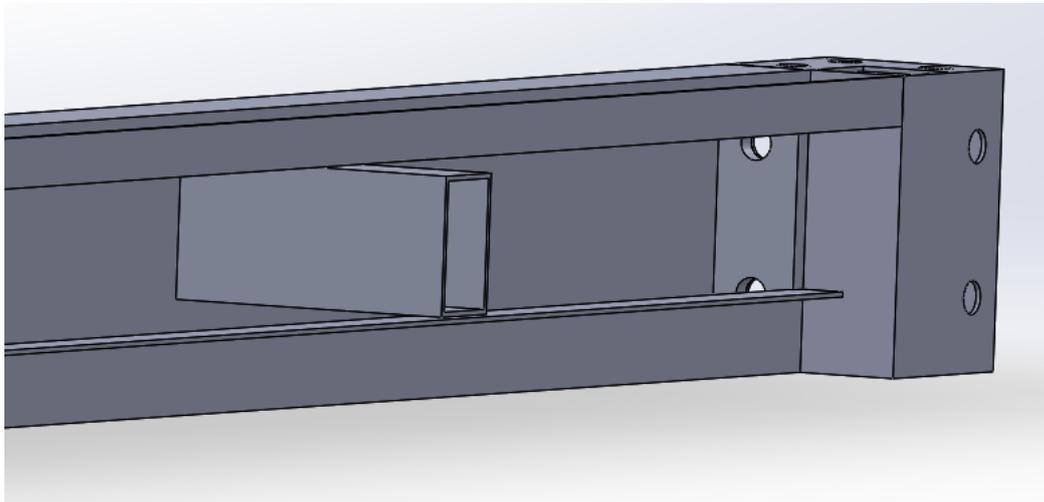


Figura II.72. Detalle unión atornillada (2)

Como se ha comentado anteriormente, se analizará atendiendo a las cargas de viento a  $0^\circ$ . Por tanto, se puede determinar que la barra longitudinal inferior está sometida a un carga uniformemente repartida del siguiente valor:

$$-0,301 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m = -0,376 \frac{kN}{m} \text{ (succión)}$$

Al contar con una carga con sentido paralelo al plano de la unión atornillada, se puede determinar que la unión estará sometida a cortante.

En este caso, el punto O, o centroide del grupo de pernos, se trata del punto medio entre ambos agujeros. La distancia "r" del centroide a cada uno de los agujeros, se corresponde con la mitad de la distancia que separa cada uno de ellos.

$$r = \frac{60}{2} mm = 30 mm$$

La carga a cortante "V" en este caso, aplicada en el punto medio de la barra longitudinal, sería de:

$$V = 0,376 \frac{kN}{m} \cdot 5,84 m = 2,2 kN$$

Una vez calculado el valor de la carga cortante a la que se verá sometida la unión, se procede a calcular la carga cortante primaria por cada perno:

$$F' = \frac{V}{n} = \frac{2,2}{2} kN = 1,1 kN/perno$$

Siendo "n" el número de pernos definidos en la unión.

La longitud del perno en este caso será de 25 mm, más la altura de la tuerca, más los 3 milímetros correspondientes a la arandela. La altura de la tuerca en este caso será de 9,5 mm. Incluyendo dos roscas más allá de la tuerca, se totaliza una longitud de 41 mm.

A partir de la ecuación (8-14) del Shigley, se puede determinar la longitud roscada del perno:

$$L_T = \begin{cases} 2d + 6 mm, & L \leq 125, d \leq 48 mm \\ 2d + 12 mm, & 125 \leq L \leq 200 mm \\ 2d + 6 mm, & L > 200 mm \end{cases}$$

Por tanto, sabiendo que  $L < 125$  mm y  $d < 48$  mm:

$$L_T = 2d + 6 mm = 2 \cdot 12 + 6 = 30 mm$$

Así, la parte sin rosca del perno es de  $41 - 30 = 11$  mm. Por tanto, la tensión máxima tangencial por cortante es:

$$\tau = \frac{F'}{A} = \frac{1100 N}{\frac{\pi \cdot 12^2}{4} mm^2} = 9,73 MPa.$$

Por último, se procede a calcular la tensión máxima por aplastamiento. El espesor en la unión de la pieza esquina es menor que el de la barra longitudinal, por lo cual el esfuerzo de aplastamiento mayor se debe a la presión del perno contra el alma de la pieza esquina. El área de soporte  $A_b = t \cdot d = 12 \cdot 2 = 24 mm^2$ . De esta forma, el esfuerzo de aplastamiento es:

$$\sigma = -\frac{F}{A_b} = -\frac{1100 N}{24 mm^2} = -45,83 MPa$$

Logroño, a 22 de junio de 2021

Autor del presente documento:




---

Sergio Bravo Fernández

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**

**PLANOS**

Sistema de construcción modular basado  
en unidades móviles apilables

Autor: Sergio Bravo Fernández

Tutor: José Antonio Gómez Cristóbal

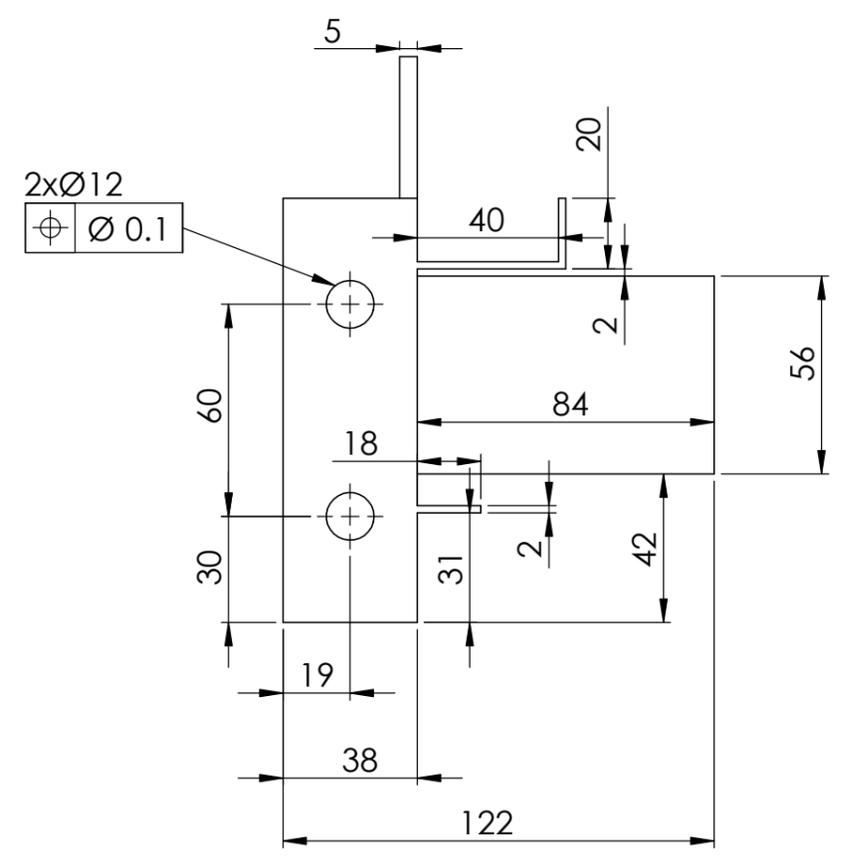
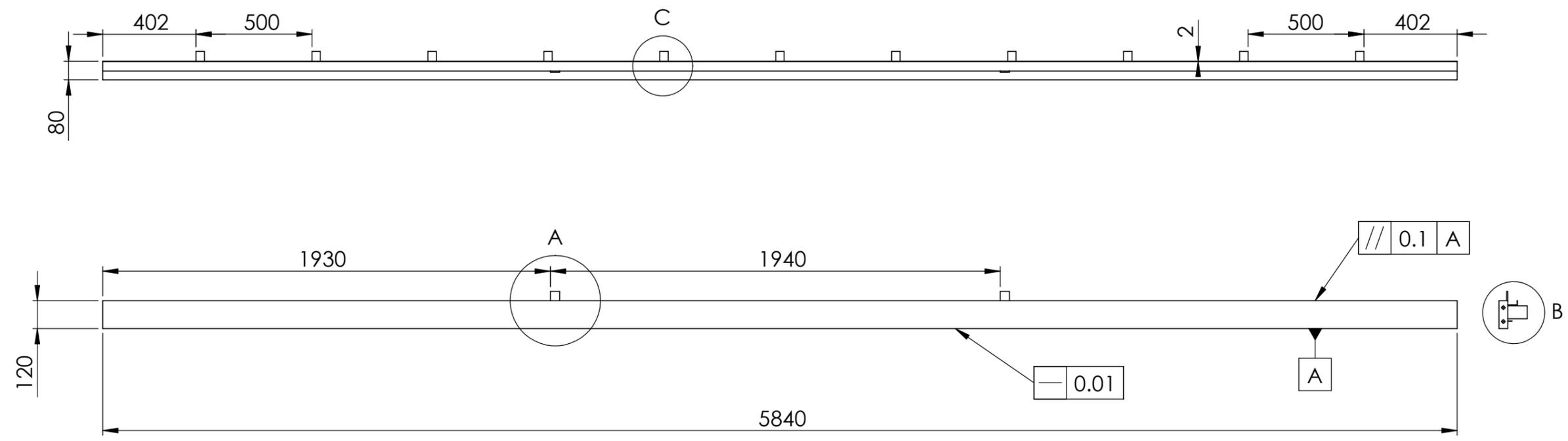
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de La Rioja  
2020/2021



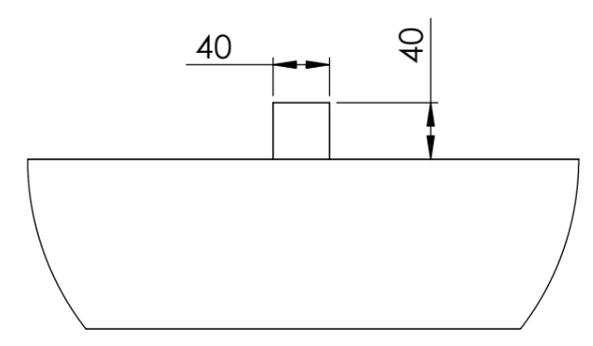
**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

## ÍNDICE DE PLANOS

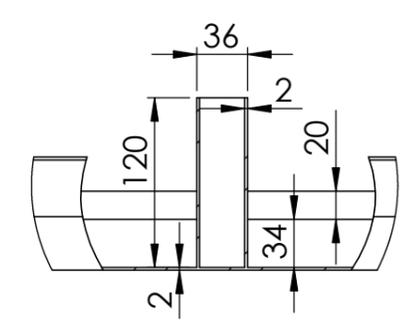
PLANO 1. VIGA LONGITUDINAL SUELO .....	1
PLANO 2. VIGA TRANSVERSAL SUELO .....	2
PLANO 3. PIEZA ESQUINA SUELO .....	3
PLANO 4. CORREAS TRANSVERSALES SUELO .....	4
PLANO 5. PILAR .....	5
PLANO 6. TUBO PVC.....	6
PLANO 7. PIEZA ESQUINA TECHO.....	7
PLANO 8. VIGA LONGITUDINAL TECHO.....	8
PLANO 9. VIGA TRANSVERSAL TECHO.....	9
PLANO 10. CORREA LONGITUDINAL TECHO 1 .....	10
PLANO 11. CORREA LONGITUDINAL TECHO 2 .....	11
PLANO 12. CORREA TRANSVERSAL TECHO .....	12
PLANO 13. PANEL PUR FRONTAL 1 .....	13
PLANO 14. PANEL PUR SUPERIOR PUERTA .....	14
PLANO 15. PANEL PUR SUPERIOR VENTANA .....	15
PLANO 16. PANEL PUR INFERIOR VENTANA .....	16
PLANO 17. PANEL PUR LATERAL .....	17
PLANO 18. PANEL PUR POSTERIOR 1 .....	18
PLANO 19. PANEL PUR POSTERIOR 2 .....	19
PLANO 20. PANEL PUR POSTERIOR 3 .....	20
PLANO 21. PILAR SISTEMA KIT .....	21
PLANO 22. DISEÑO 3D MÓDULO PREFABRICADO .....	22
PLANO 23. DISEÑO 3D MÓDULO SISTEMA KIT .....	23
PLANO 24. DISEÑO 3D PASARELA CON ESCALERA.....	24



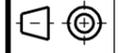
DETALLE B  
ESCALA 1 : 2

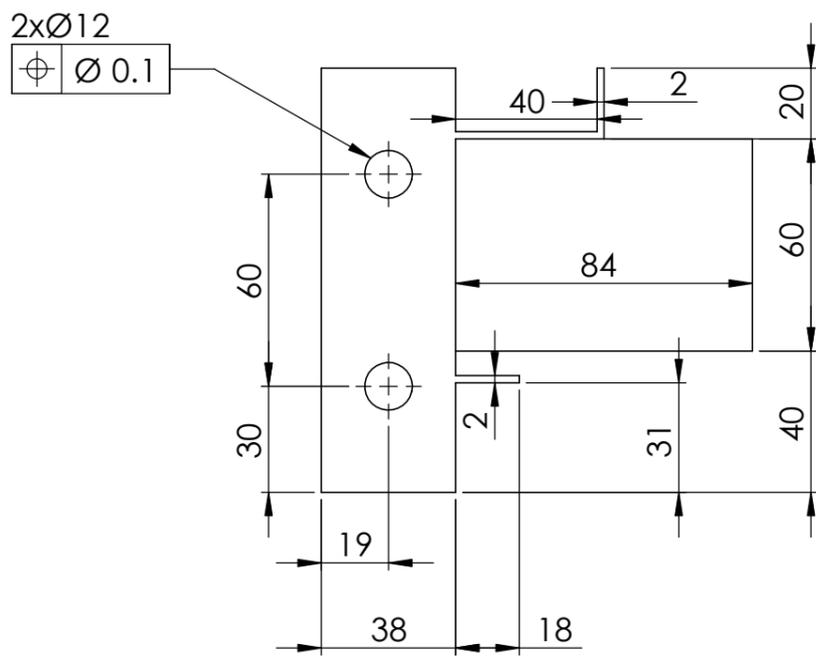
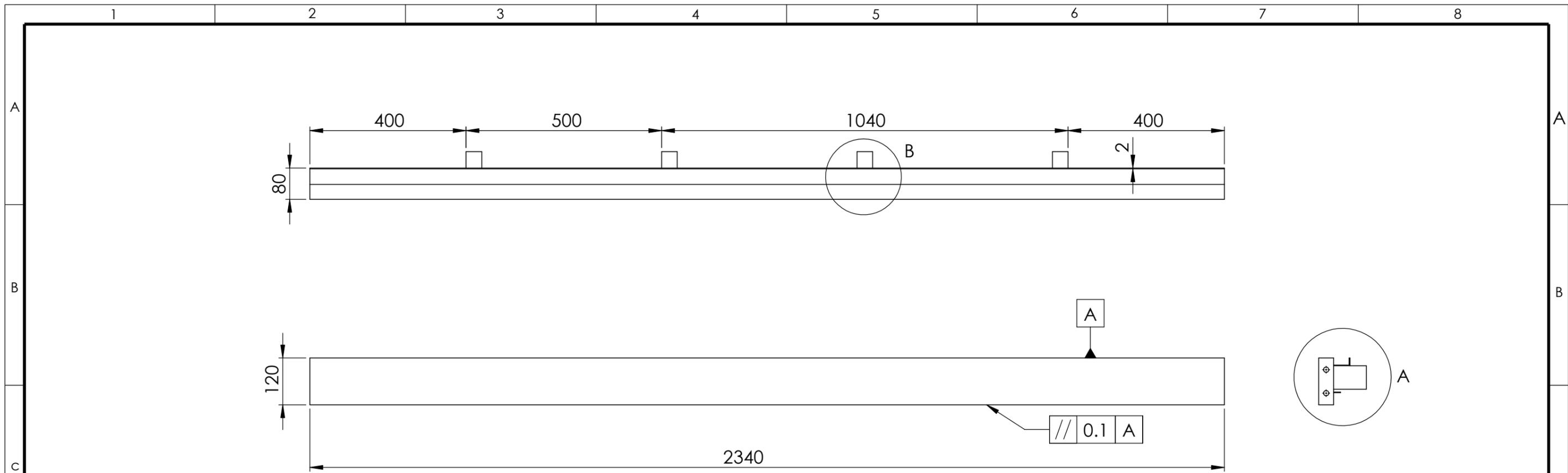


DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

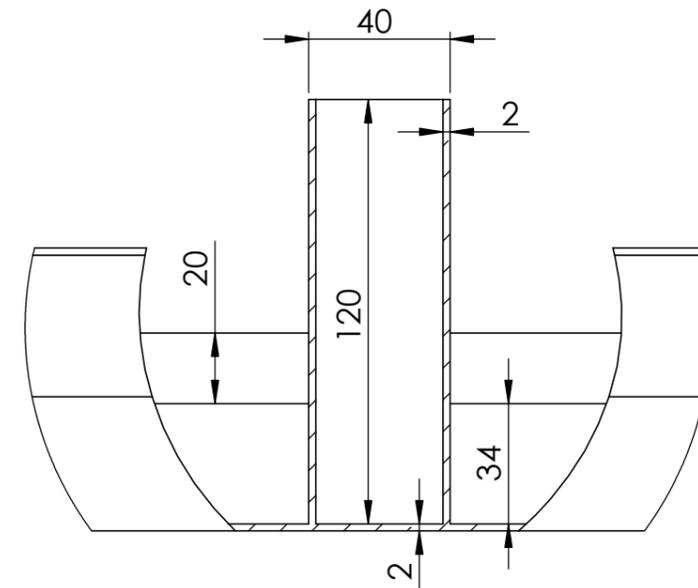


DETALLE C  
ESCALA 1 : 5

	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
U.S. Norm.	TG UNE-EN 22768				
Escalas:	<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>			Número: 1	
1:20				REFERENCIA: P1	
1:5	<b>VIGA LONGITUDINAL SUELO</b>			Sustituye a:	
1:2				Sustituido por:	
PROYECCIÓN					

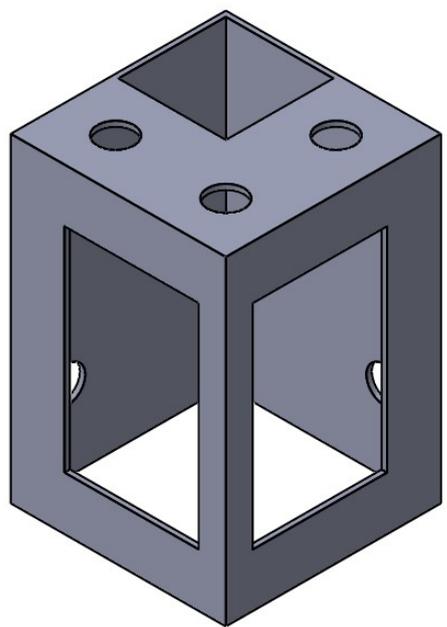
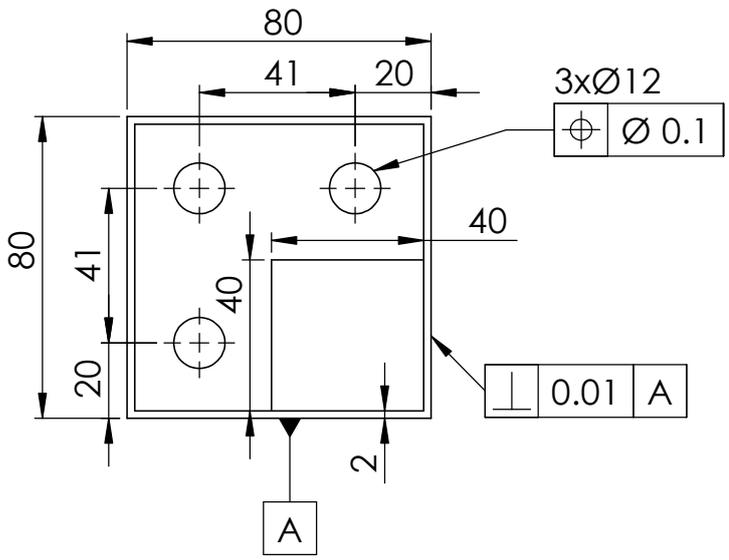
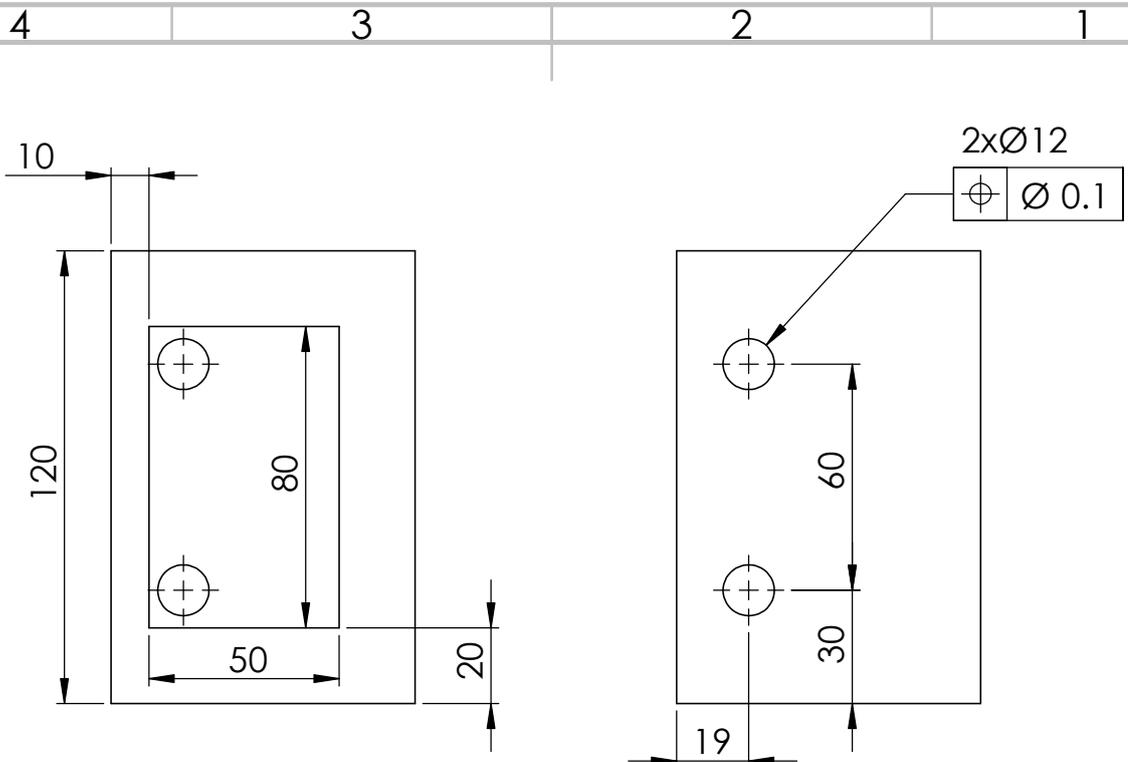


DETALLE A  
ESCALA 1 : 2



DETALLE B  
ESCALA 1 : 2

	FECHA	NOMBRE		<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en Ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
U.S. Norm.	TG UNE-EN 22768				
Escalas: 1:10 1:2	<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>			Número: 2	
PROYECCIÓN 				<b>VIGA TRANSVERSAL SUELO</b>	
				Sustituido por:	



	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				
Escalas:	<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>			Número:	3
A 1:30				REFERENCIA:	P3
PROYECCIÓN	<b>PIEZA ESQUINA SUELO</b>			Sustituye a	
				Sustituido por	

4 3 2 1

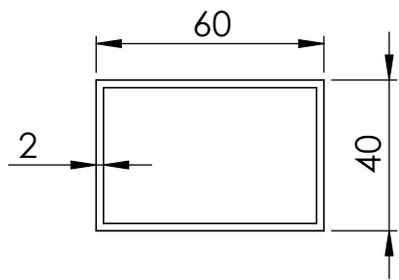
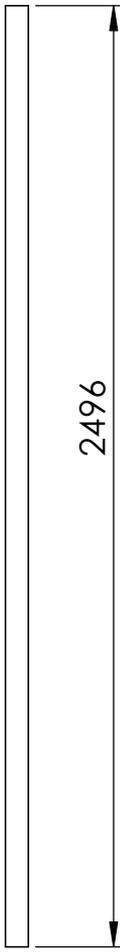
F

F



E

E



DETALLE A  
ESCALA 1 : 2

D

D

C

C

60

B

B

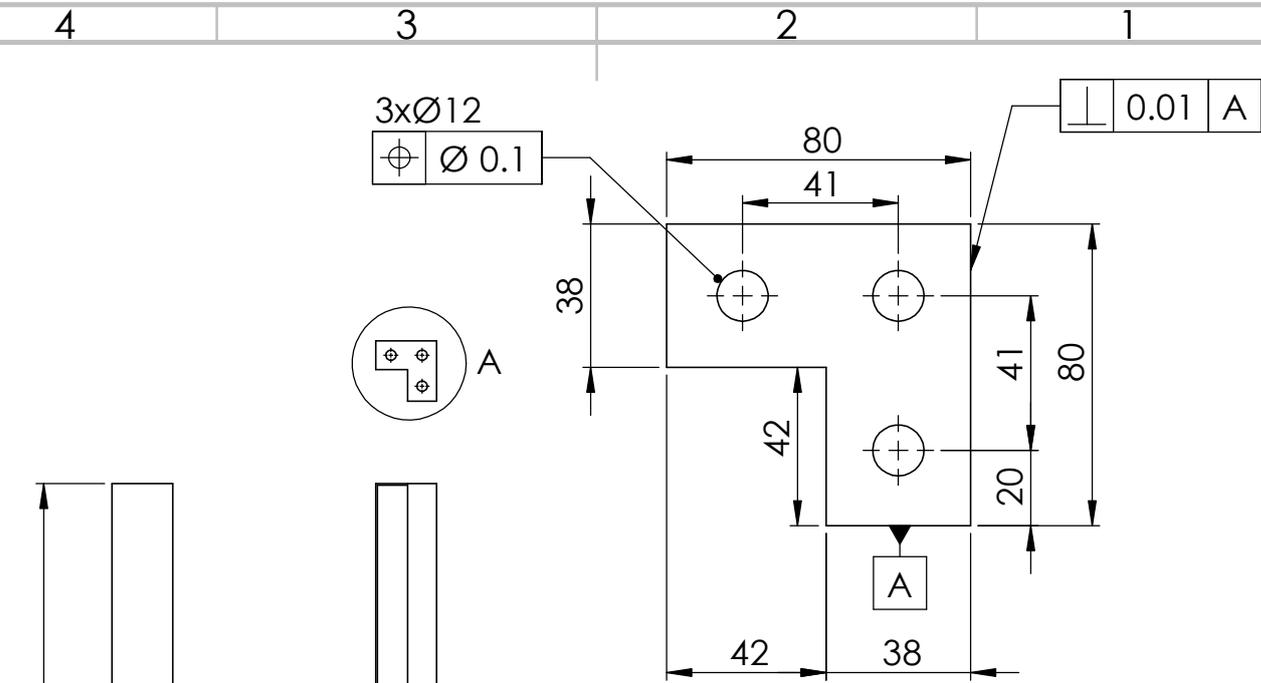
	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				

A

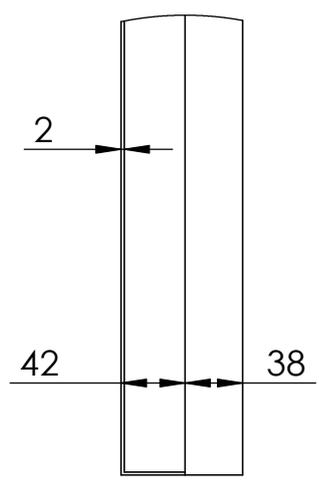
A

Escalas: 1:20 1:2	TRABAJO DE FIN DE GRADO	Número: 4
	CORREAS TRANSVERSALES SUELO	REFERENCIA: P4
PROYECCIÓN 		Sustituye a
		Sustituido por

4 3 2 1



DETALLE A  
ESCALA 1 : 2



DETALLE B  
ESCALA 1 : 5

	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				
Escalas: 1:10 1:5 1:2  PROYECCIÓN 	<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>			Número: 5	
	<b>PILAR</b>			REFERENCIA: P5	
				Sustituye a  Sustituido por	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

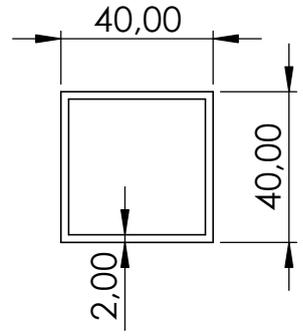
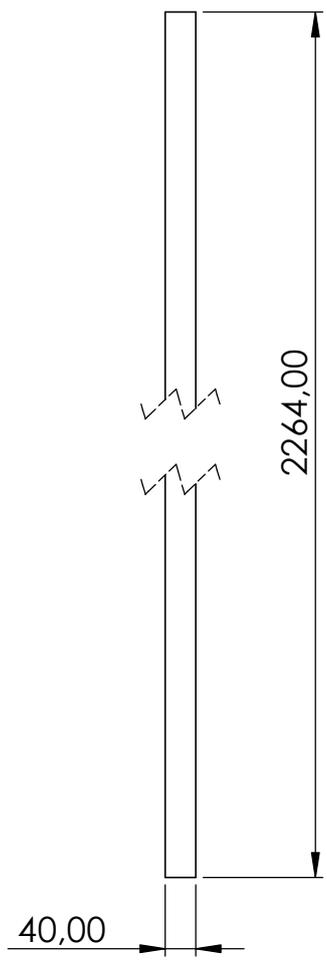
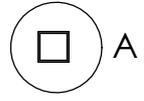
D

C

C

B

B



DETALLE A  
ESCALA 1 : 2

	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo
Comprob.		
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768	

ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
**UNIVERSIDAD DE LA RIOJA**  
Grado en ingeniería Mecánica



Escalas:  
1:30

TRABAJO DE FIN DE GRADO

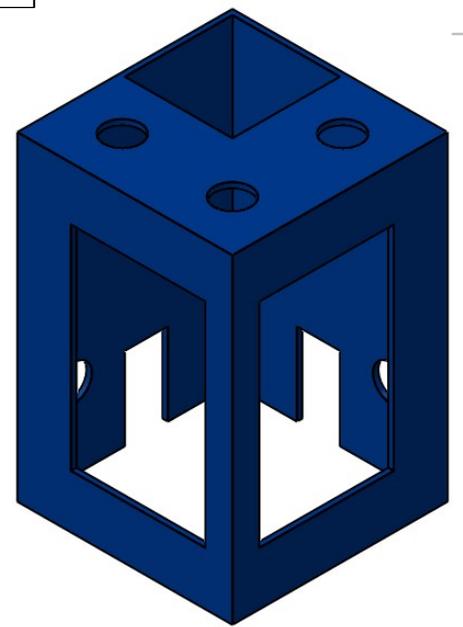
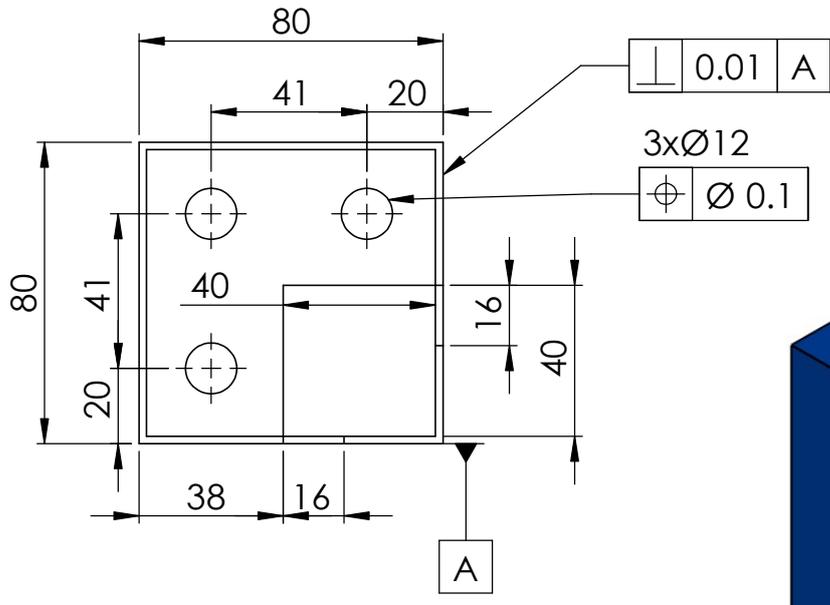
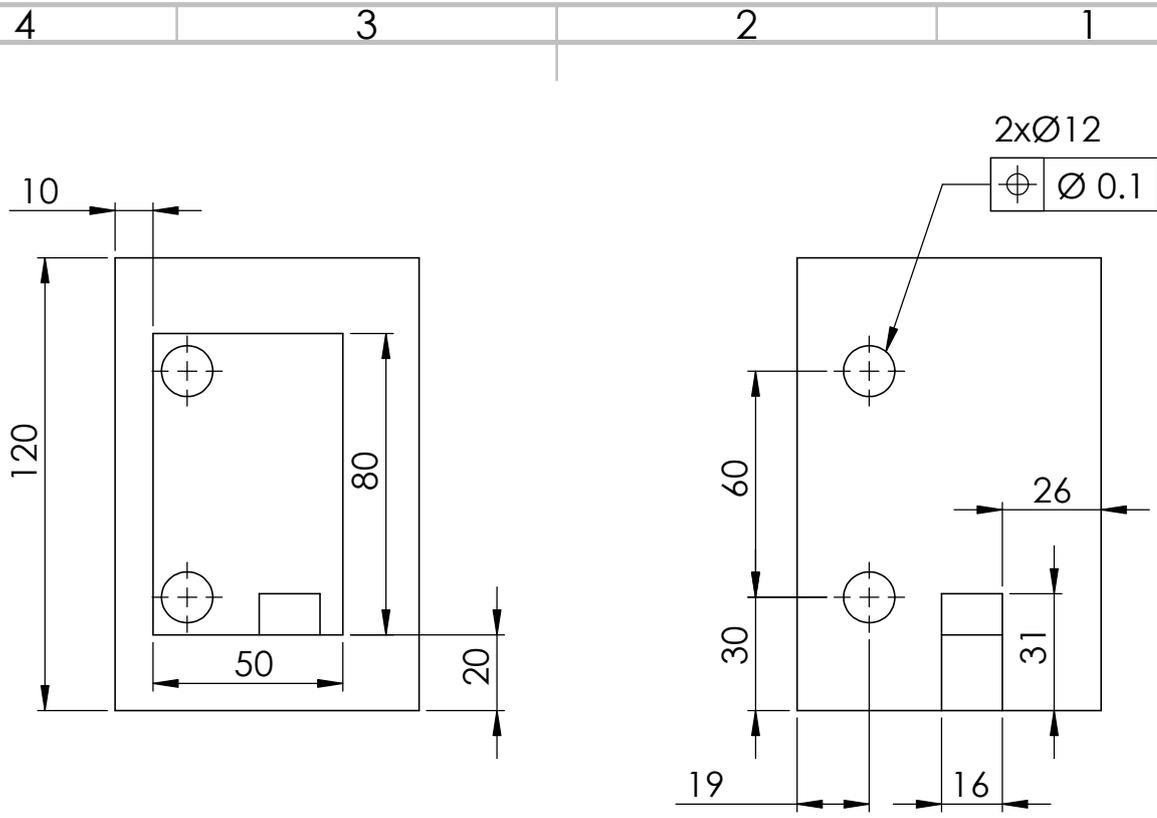
Número:  
6



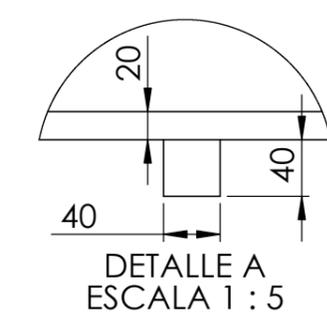
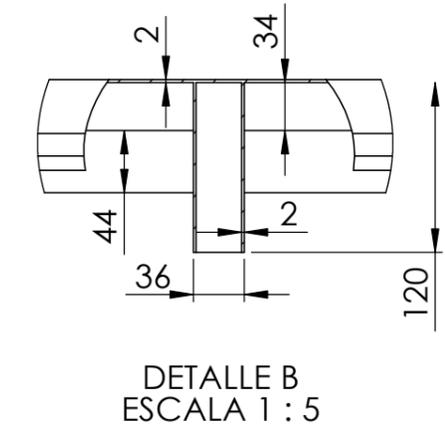
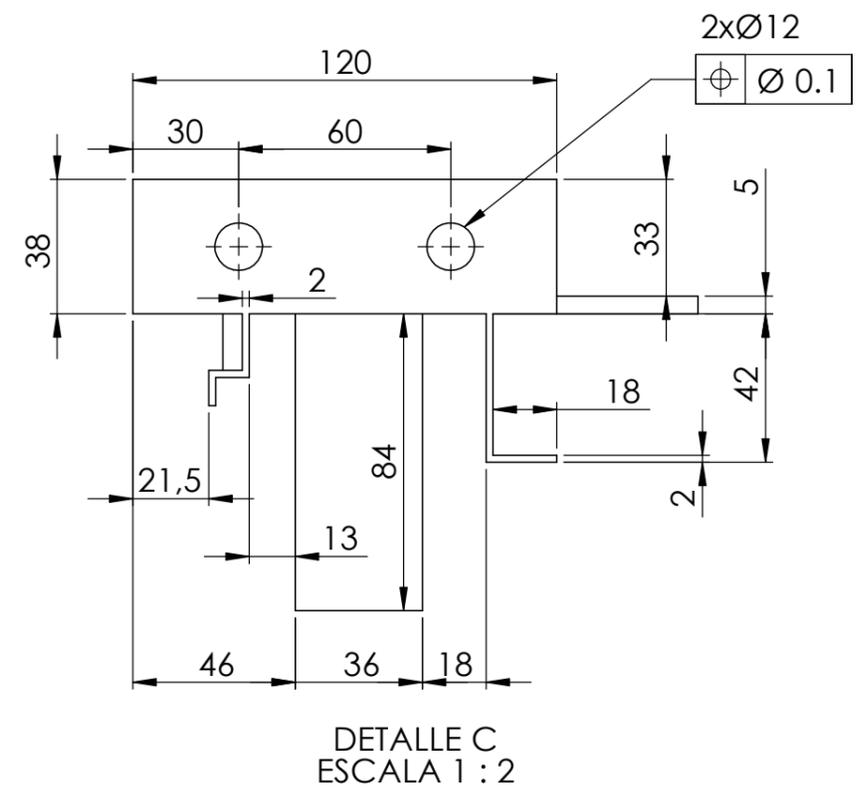
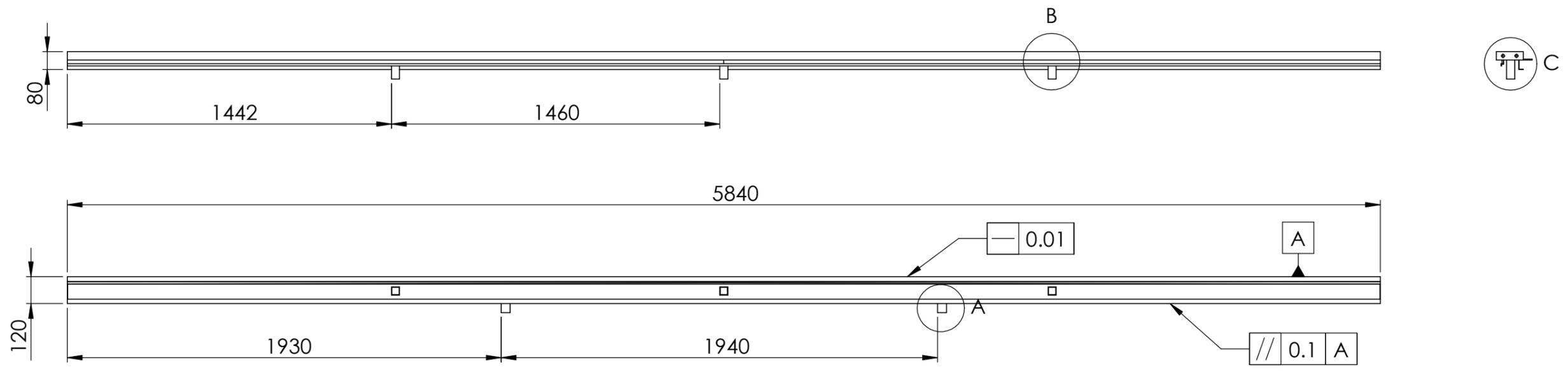
TUBO PVC

REFERENCIA: P6  
Sustituye a  
Sustituido por

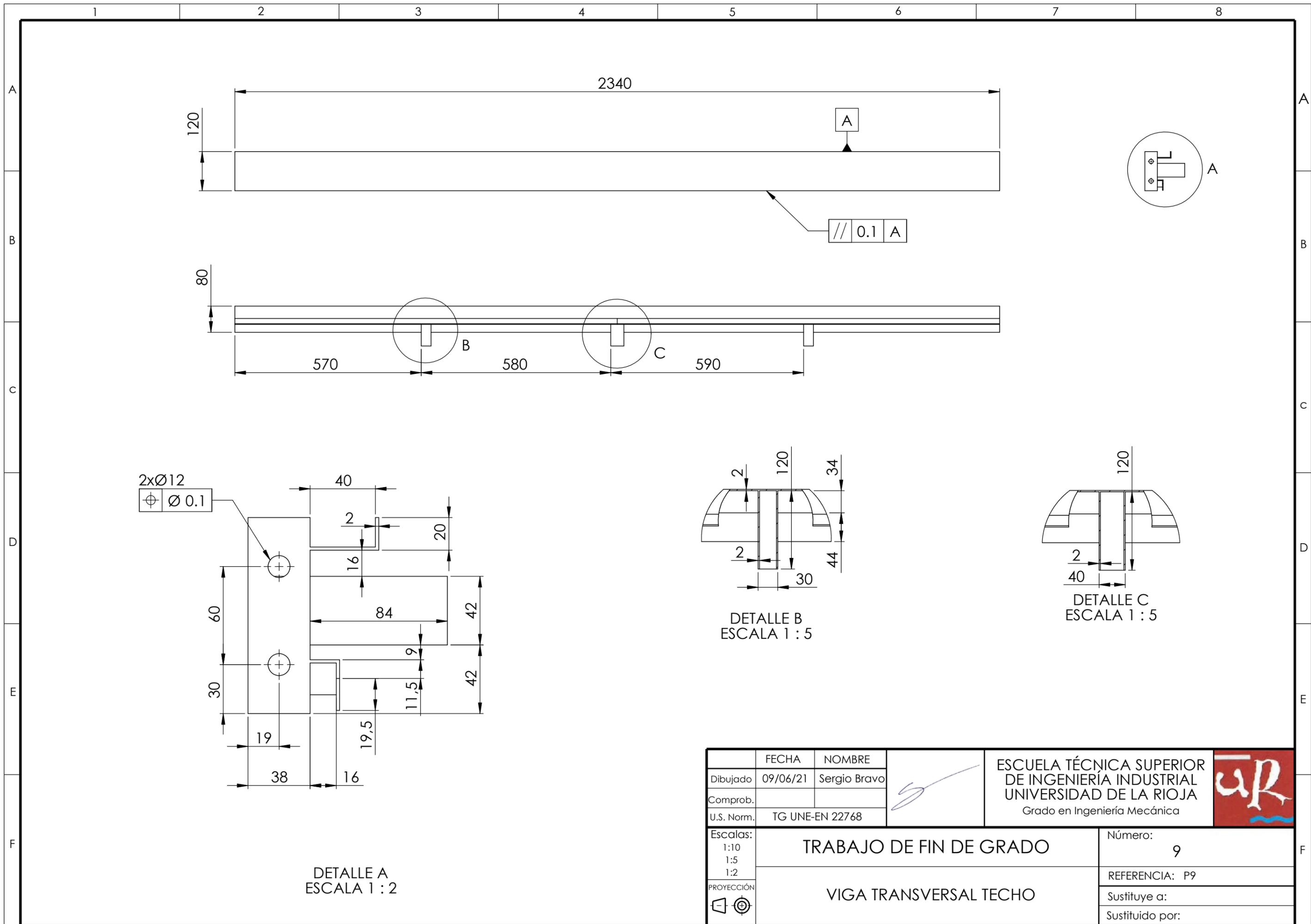
4 3 2 1



	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				
Escalas:	<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>			Número:	7
1:2				REFERENCIA:	P7
PROYECCIÓN 	<b>PIEZA ESQUINA TECHO</b>			Sustituye a	
				Sustituido por	



	FECHA	NOMBRE		<b>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b> <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en Ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
U.S. Norm.	TG UNE-EN 22768				
Escalas:	<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>			Número:	
1:20				8	
1:5	<b>VIGA LONGITUDINAL TECHO</b>			REFERENCIA: P8	
1:2				Sustituye a:	
PROYECCIÓN				Sustituido por:	



	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
U.S. Norm.	TG UNE-EN 22768				
Escalas:	<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>			Número:	
1:10				9	
1:5	<b>VIGA TRANSVERSAL TECHO</b>			REFERENCIA: P9	
1:2				Sustituye a:	
PROYECCIÓN				Sustituido por:	
					

4 3 2 1

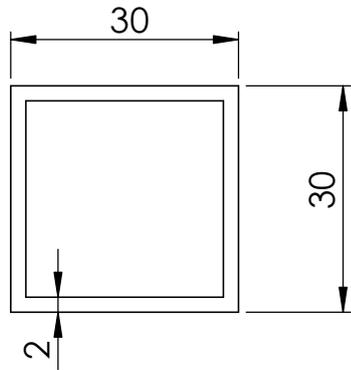
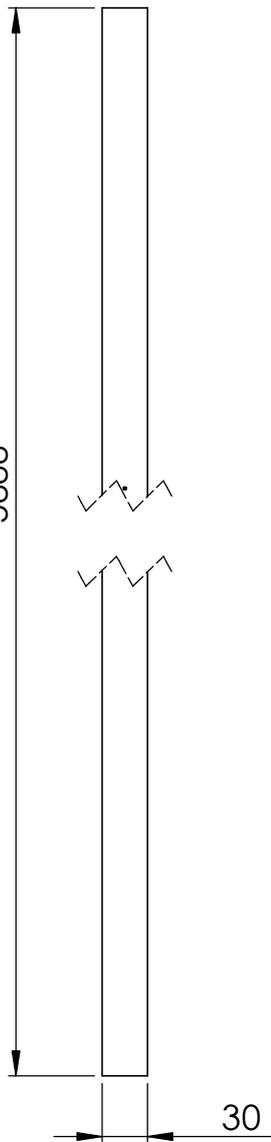
F

F



E

E



DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

D

D

C

C

B

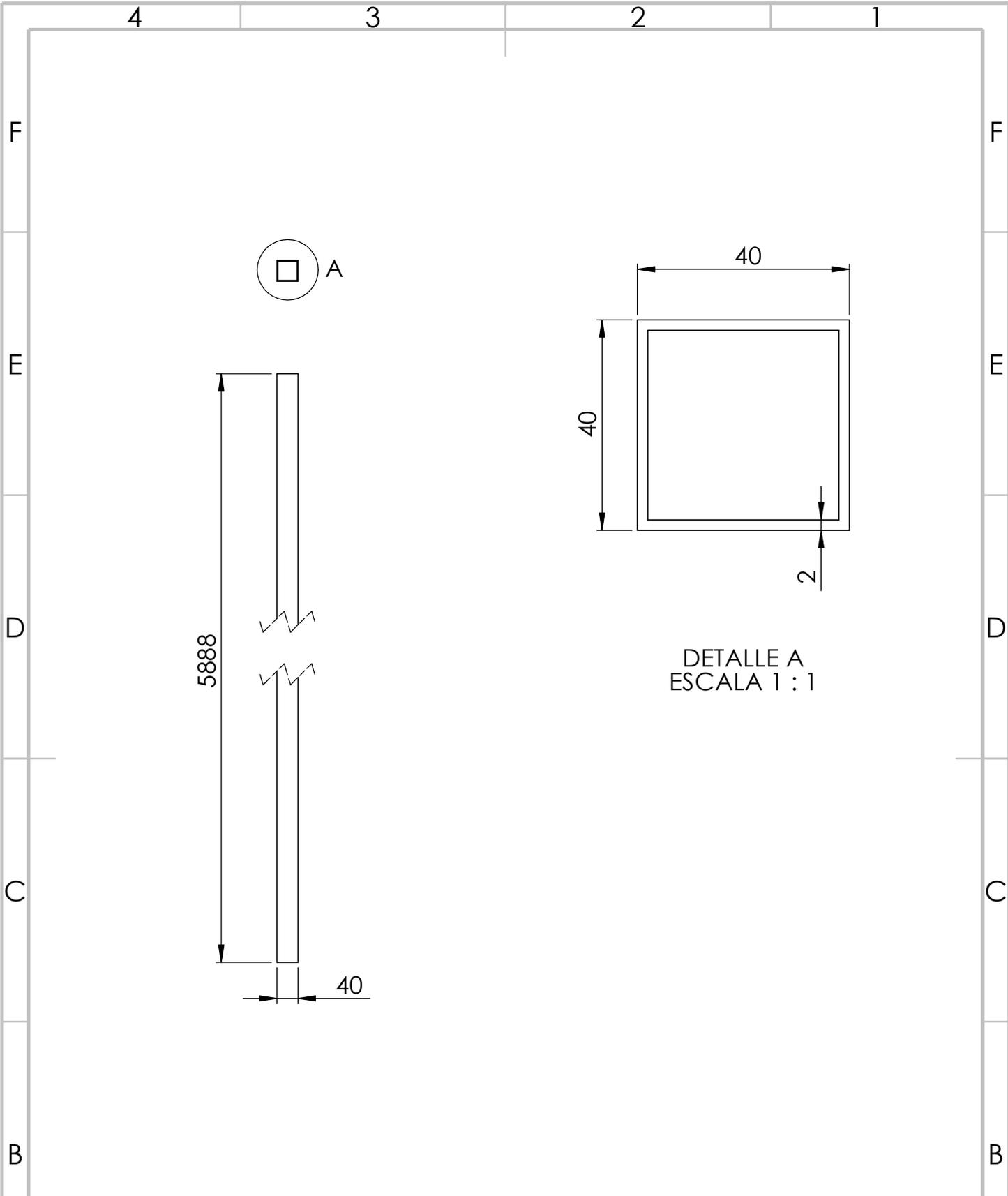
B

	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				
Escalas: 1:5 1:1	TRABAJO DE FIN DE GRADO			Número:	10
				REFERENCIA:	P10
PROYECCIÓN 	CORREA LONGITUDINAL TECHO 1			Sustituye a	
				Sustituido por	

A

A

4 3 2 1



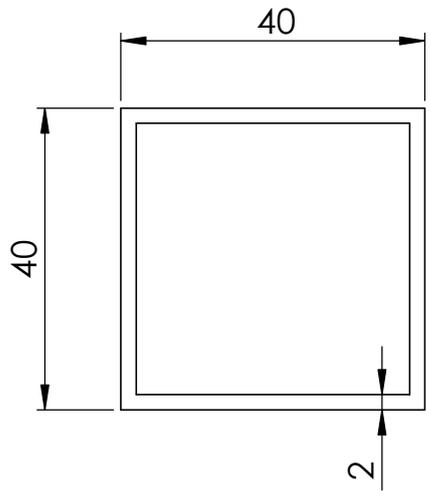
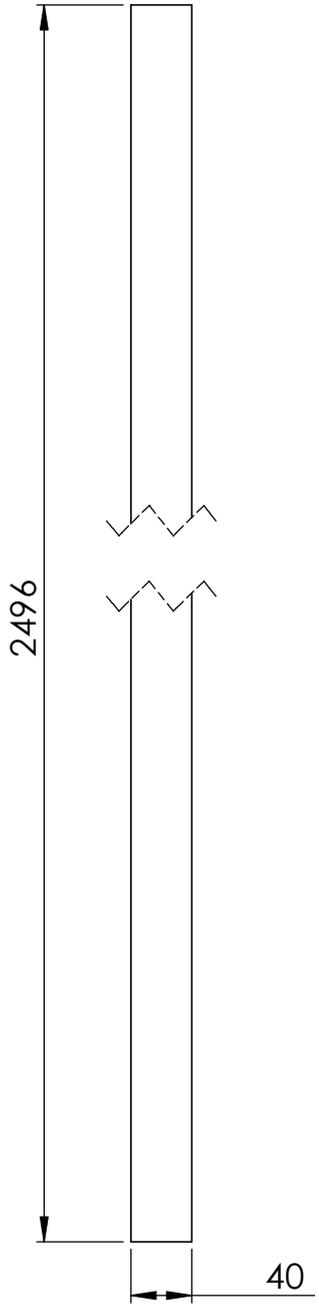
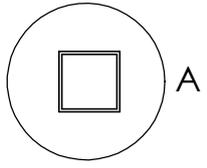
DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				
Escalas: 1:10 1:1	<b>TRABAJO DE FIN DE GRADO</b>			Número:	11
				<b>CORREA LONGITUDINAL TECHO 2</b>	
Sustituye a					
Sustituido por					
PROYECCIÓN 					

4 3 2 1

F  
E  
D  
C  
B

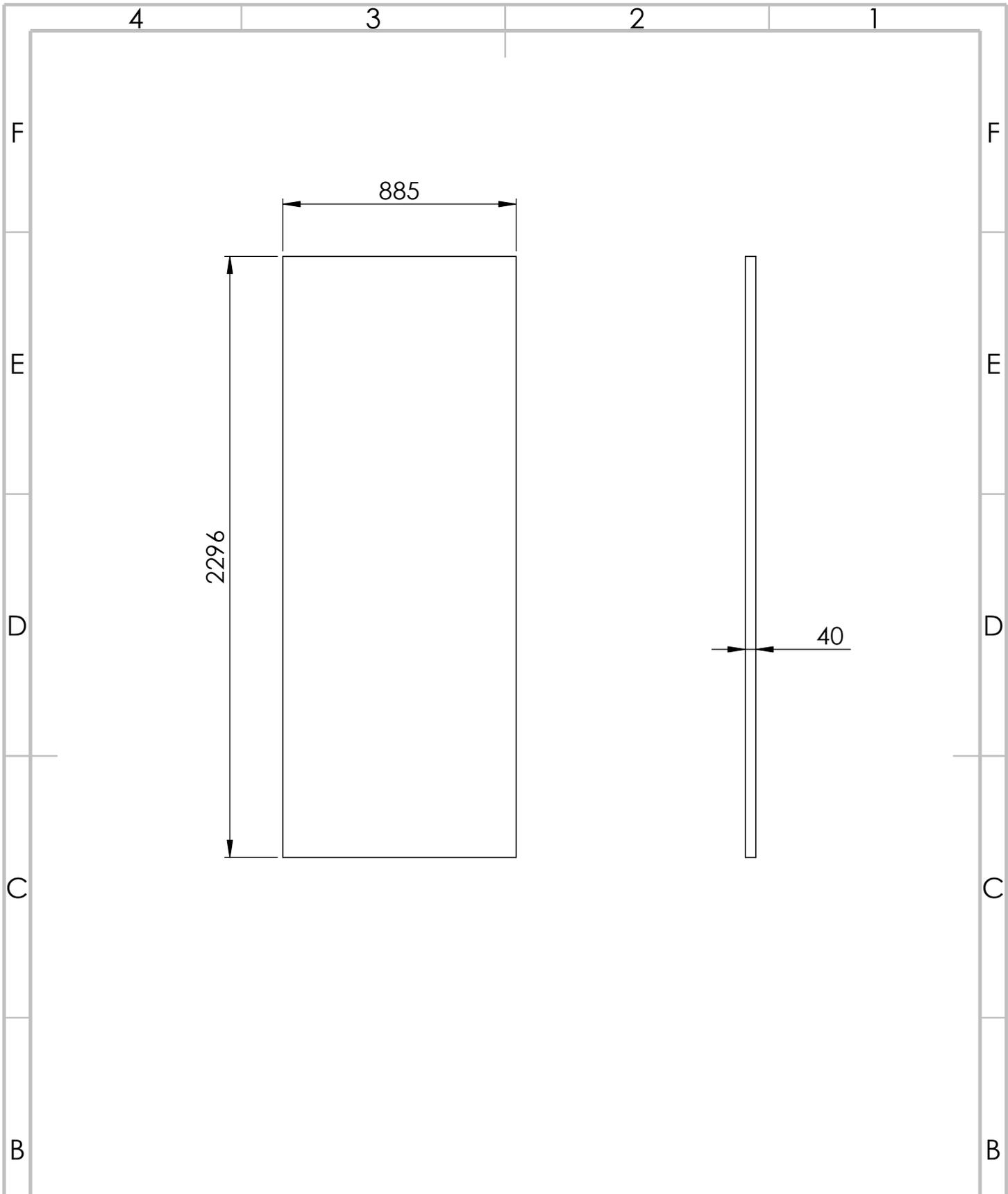
F  
E  
D  
C  
B



DETALLE A  
ESCALA 1 : 1

	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				
A	Escalas: 1:5 1:1	TRABAJO DE FIN DE GRADO			Número: 12
	PROYECCIÓN 	CORREA TRANSVERSAL TECHO			REFERENCIA: P12
					Sustituye a
					Sustituido por

4 3 2 1



	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				
Escalas:	TRABAJO DE FIN DE GRADO			Número:	13
A 1:20				REFERENCIA: P13	
PROYECCIÓN	PANEL PUR FRONTAL 1			Sustituye a	
				Sustituido por	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

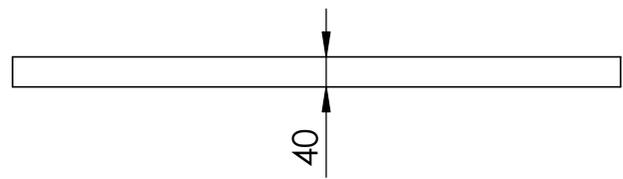
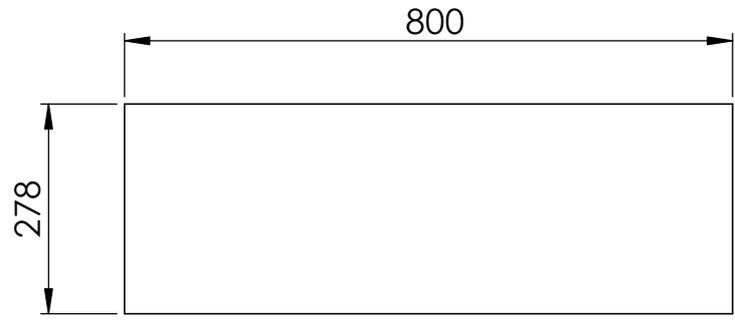
D

C

C

B

B



	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo
Comprob.		
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768	



ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
**UNIVERSIDAD DE LA RIOJA**  
Grado en ingeniería Mecánica



Escalas:  
1:10

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Número:  
14



PANEL PUR SUPERIOR PUERTA

REFERENCIA: P14  
Sustituye a  
Sustituido por

4 3 2 1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

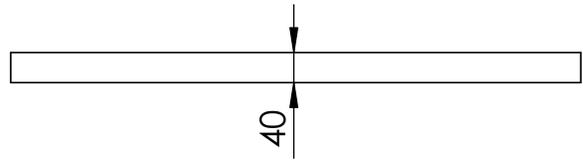
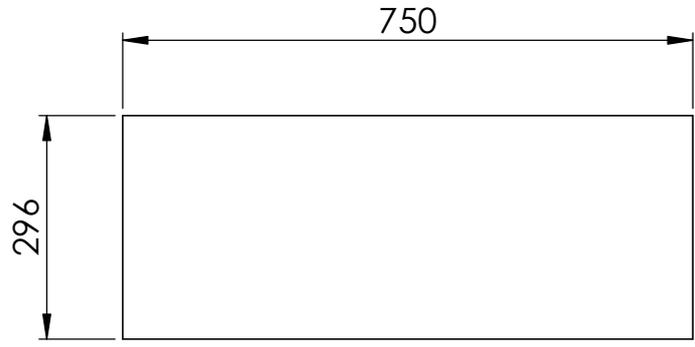
D

C

C

B

B

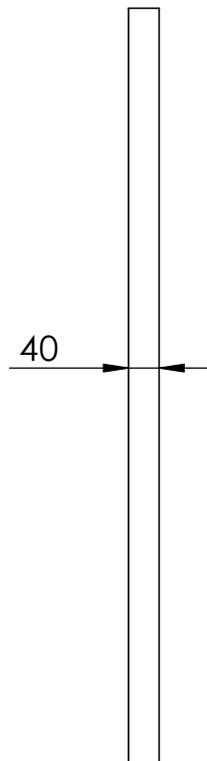
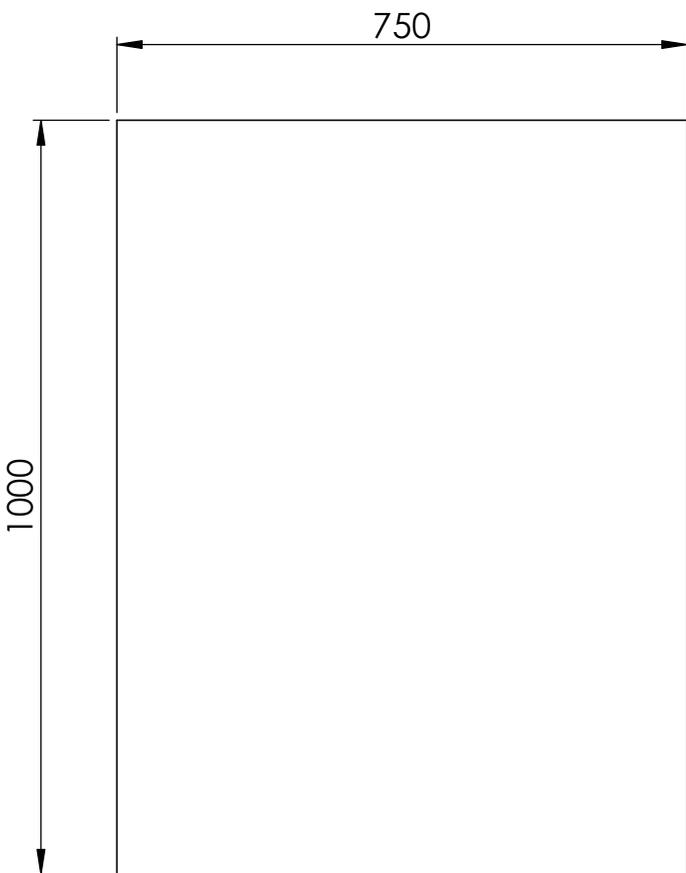


	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica				
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo						
Comprob.								
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768							
Escalas:	TRABAJO DE FIN DE GRADO			Número:	15			
1:10				PANEL PUR SUPERIOR VENTANA			REFERENCIA:	P15
PROYECCIÓN 							Sustituye a	

A

A

4 3 2 1



	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo
Comprob.		
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768	

ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
**UNIVERSIDAD DE LA RIOJA**  
Grado en ingeniería Mecánica



Escalas:  
1:10

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Número:  
16

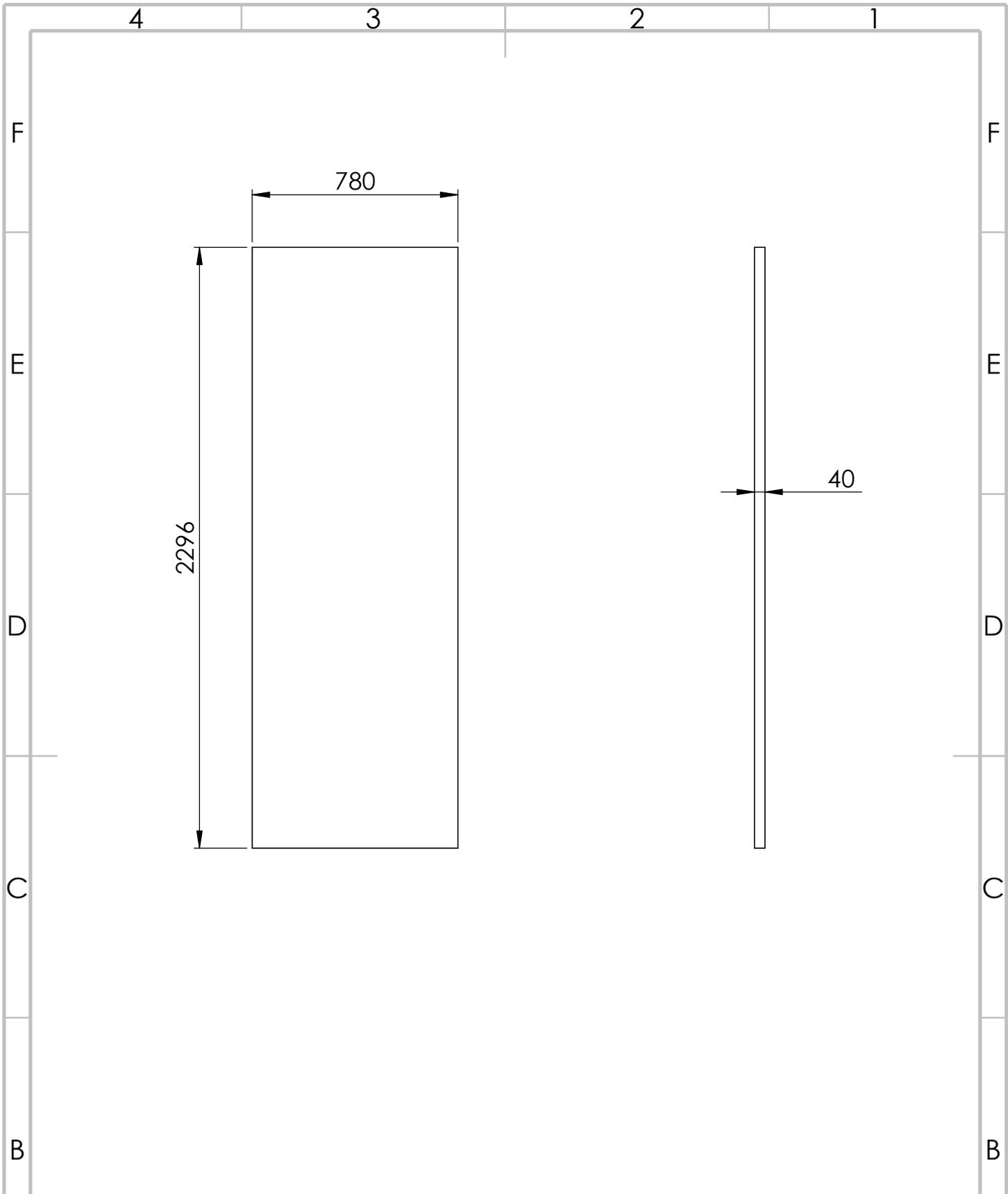
PANEL PUR INFERIOR VENTANA

REFERENCIA: P16

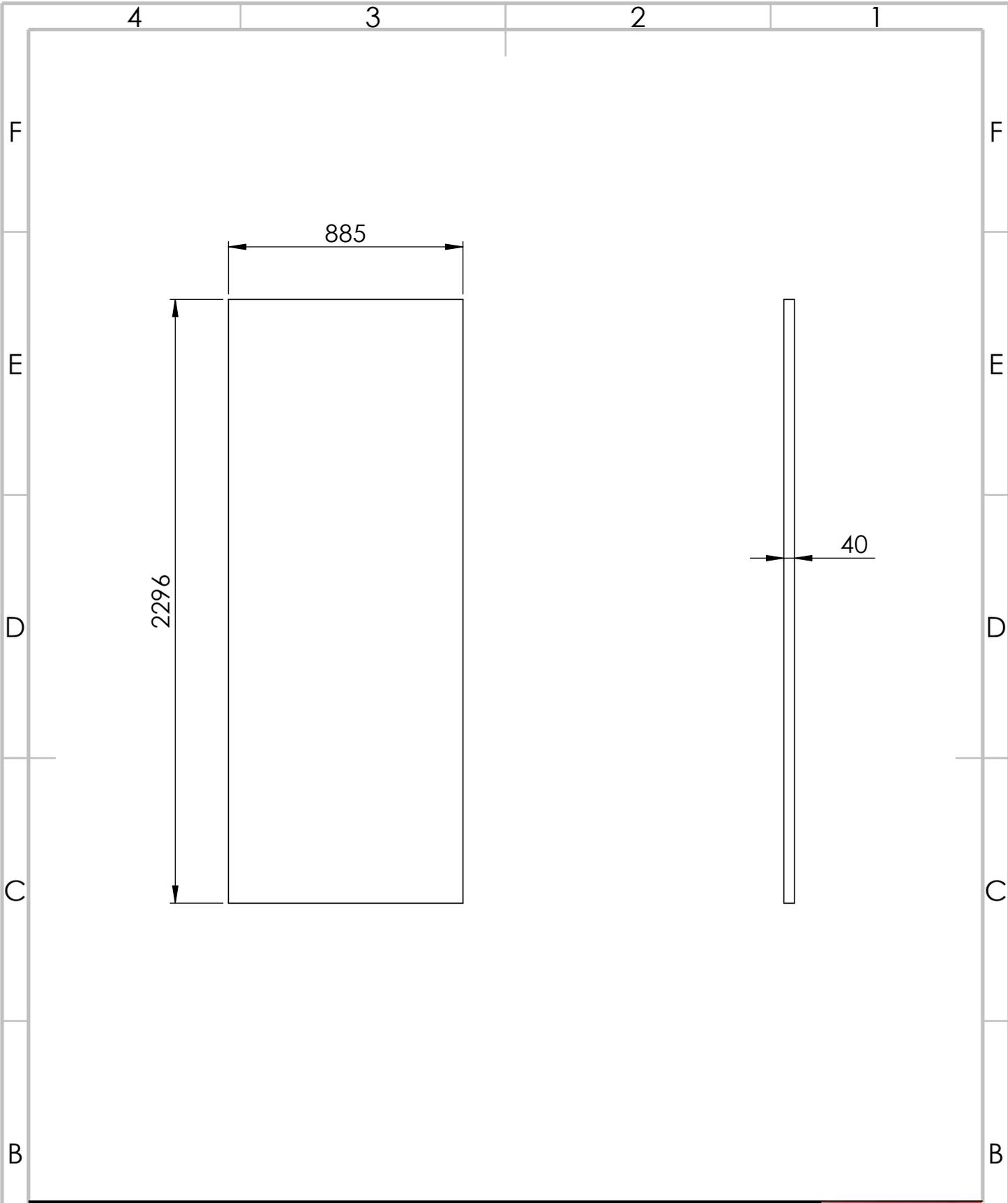


Sustituye a

Sustituido por



	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				
Escalas:	TRABAJO DE FIN DE GRADO			Número:	17
A 1:20				REFERENCIA:	P17
PROYECCIÓN	PANEL PUR LATERAL			Sustituye a	
				Sustituido por	



	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo
Comprob.		
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768	



ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
**UNIVERSIDAD DE LA RIOJA**  
Grado en ingeniería Mecánica



Escalas: **1:20**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

Número: **18**

**PANEL PUR POSTERIOR 1**

REFERENCIA: P18

Sustituye a

Sustituido por



4 3 2 1

F

F

750

2296

40

E

E

D

D

C

C

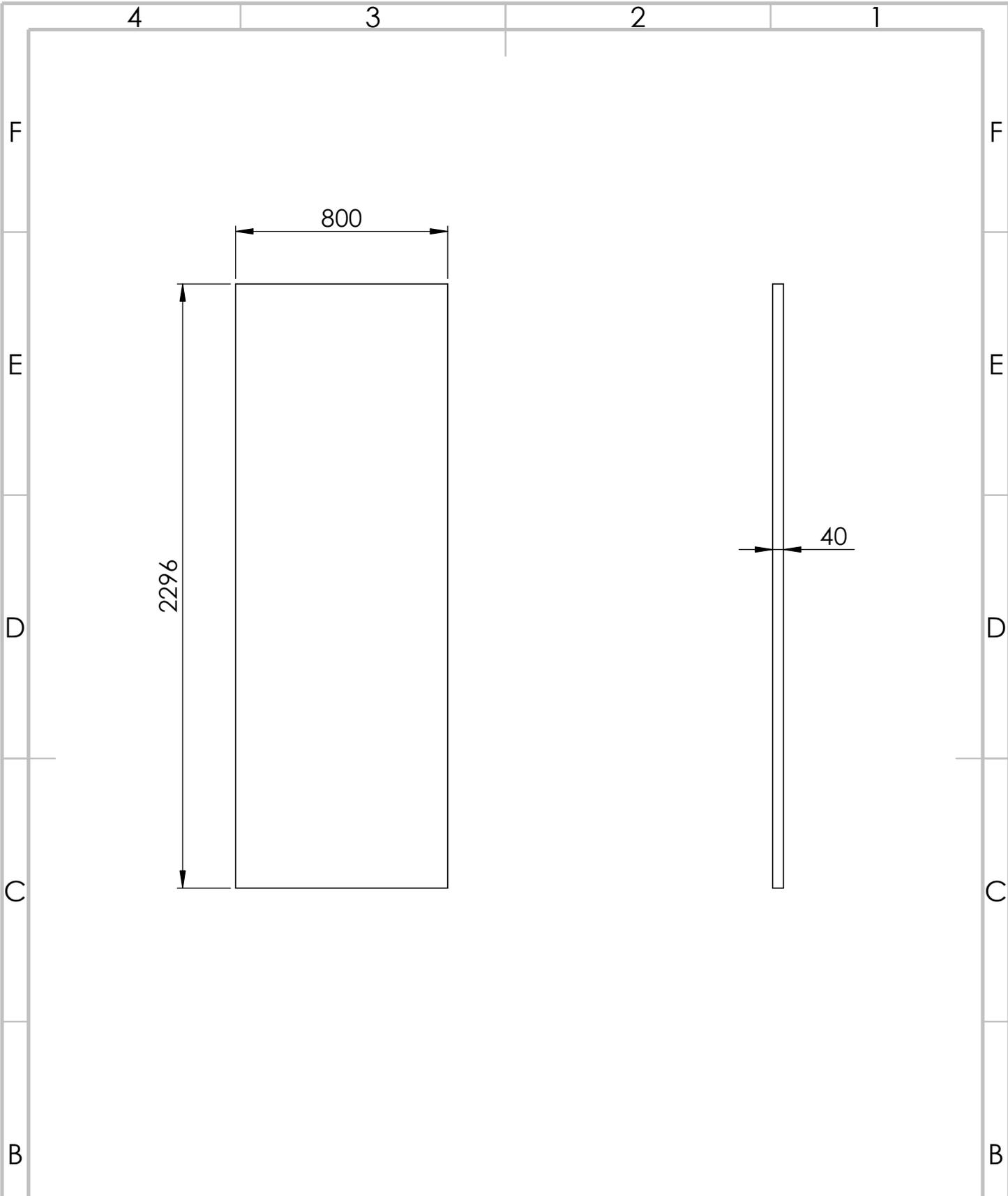
B

B

	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL <b>UNIVERSIDAD DE LA RIOJA</b> Grado en ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768				

A	Escalas:	TRABAJO DE FIN DE GRADO	Número:	19	A
	1:20		REFERENCIA: P19		
	PROYECCIÓN 	PANEL PUR POSTERIOR 2	Sustituye a		
			Sustituido por		

4 3 2 1



	FECHA	NOMBRE
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo
Comprob.		
Id.s.normas	T.G. UNE-EN 22768	



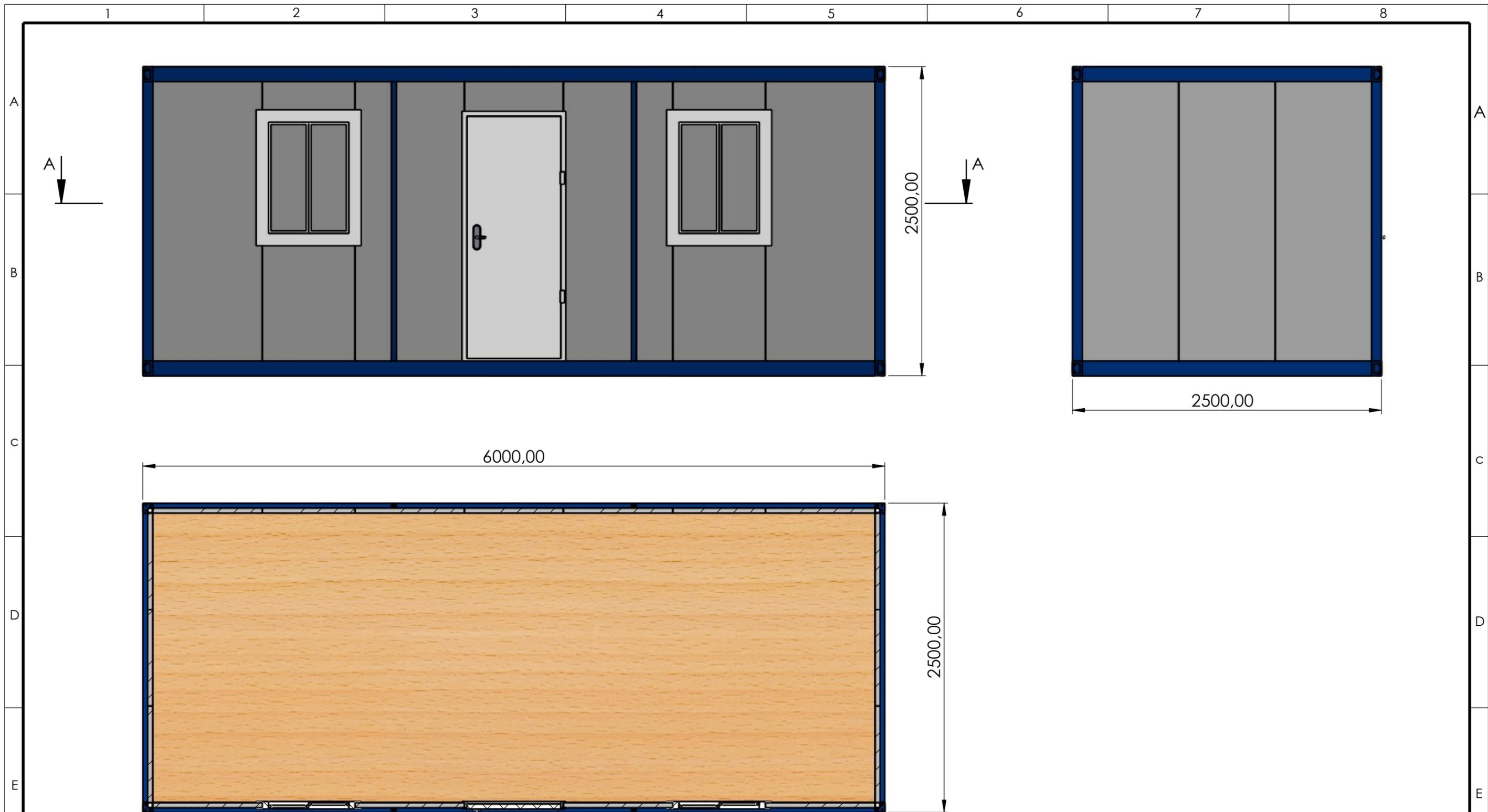
ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
**UNIVERSIDAD DE LA RIOJA**  
Grado en ingeniería Mecánica



Escalas:	<p>TRABAJO DE FIN DE GRADO</p> <p>PANEL PUR POSTERIOR 3</p>	Número:	20
1:20		REFERENCIA:	P20
PROYECCIÓN		Sustituye a	
		Sustituido por	

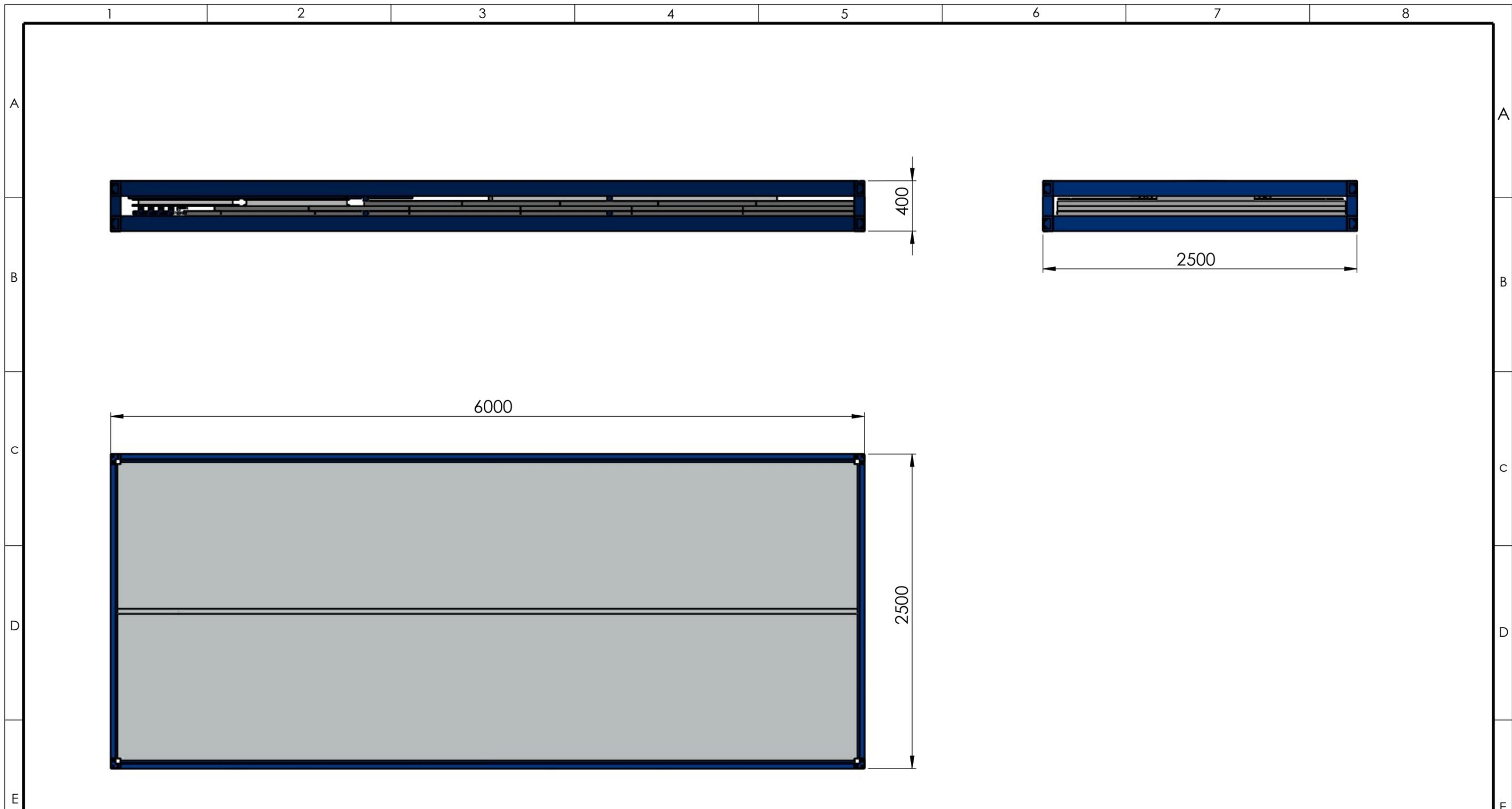
Número:	20
REFERENCIA:	P20
Sustituye a	
Sustituido por	

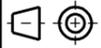


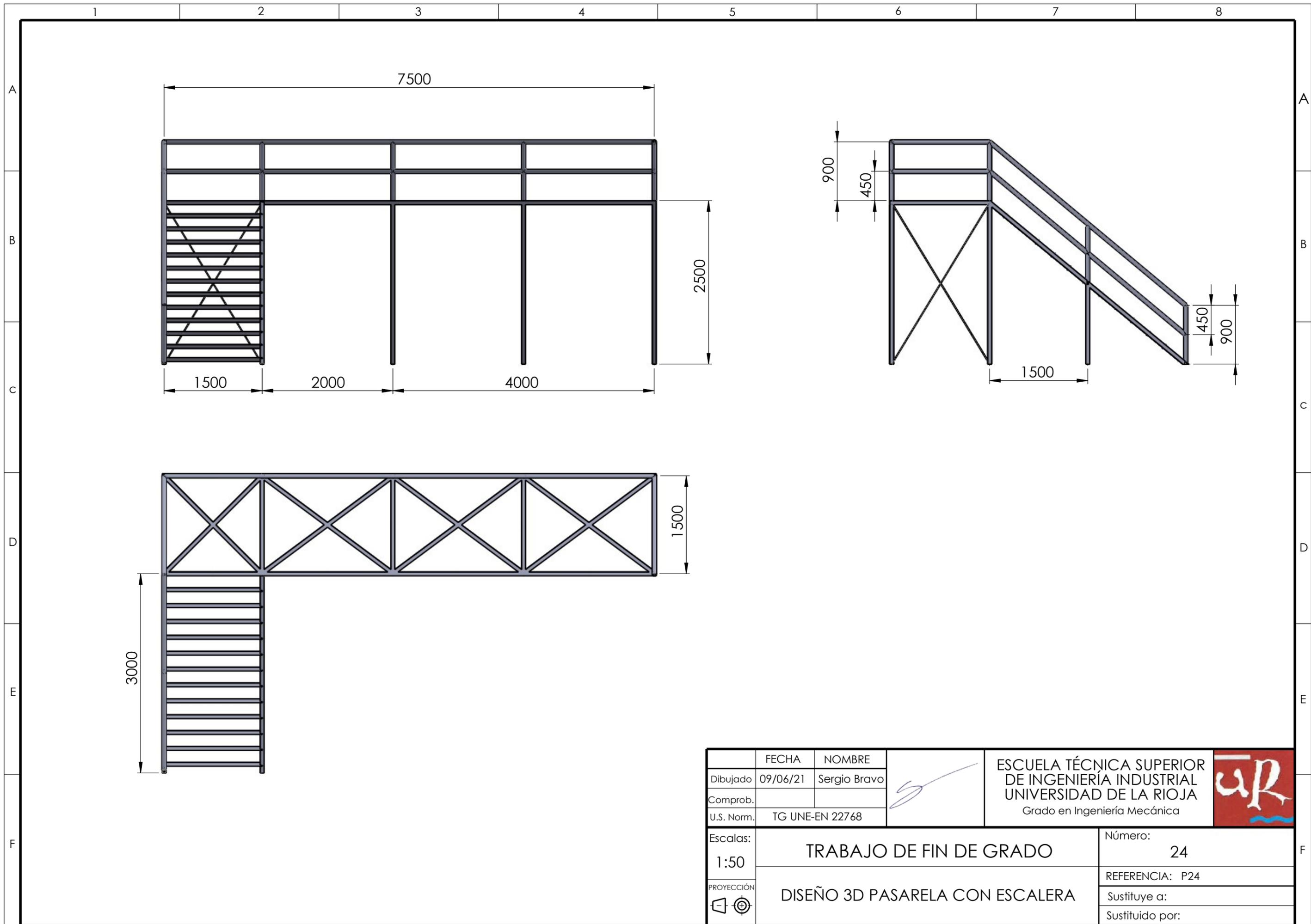


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 30

	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica		
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo				
Comprob.						
U.S. Norm.	TG UNE-EN 22768					
Escalas:	1:30			TRABAJO DE FIN DE GRADO		Número: 22
PROYECCIÓN				DISEÑO 3D MÓDULO PREFABRICADO		REFERENCIA: P22
						Sustituye a:
						Sustituido por:



	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
U.S. Norm.	TG UNE-EN 22768				
Escalas:	TRABAJO DE FIN DE GRADO			Número:	23
	DISEÑO 3D MÓDULO SISTEMA KIT			REFERENCIA:	P23
PROYECCIÓN				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



	FECHA	NOMBRE		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE LA RIOJA Grado en Ingeniería Mecánica	
Dibujado	09/06/21	Sergio Bravo			
Comprob.					
U.S. Norm.	TG UNE-EN 22768				
Escalas:	TRABAJO DE FIN DE GRADO			Número:	24
	1:50			REFERENCIA:	P24
PROYECCIÓN	DISEÑO 3D PASARELA CON ESCALERA			Sustituye a:	
				Sustituido por:	

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**  
**PLIEGO DE CONDICIONES**

Sistema de construcción modular basado  
en unidades móviles apilables

Autor: Sergio Bravo Fernández

Tutor: José Antonio Gómez Cristóbal

Departamento de Ingeniería Mecánica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de La Rioja  
2020/2021



UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA

## ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

CAPITULO 1. – DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO .....	1
Artículo 1.1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICONES TÉCNICAS PARTICULARES .....	1
Artículo 1.2. DOCUMENTOS DEL PROYECTO.....	1
Artículo 1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....	2
Artículo 1.4. PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PLAZOS .....	2
CAPITULO 2. – CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS MATERIALES .....	2
Artículo 2.1. CONDICIONES GENERALES .....	2
Artículo 2.2. CONTROL DE MATERIALES.....	3
Artículo 2.3. ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES .....	3
Artículo 2.4. ACOPIO DE MATERIALES.....	4
Artículo 2.5. RECEPCIÓN DE MATERIALES.....	4
Artículo 2.6. MATERIALES NO ESPECIFICADOS .....	5
Artículo 2.7. ACEROS .....	5
Artículo 2.8. TUBOS DE PVC .....	7
Artículo 2.9. AISLANTE TÉRMICO FACHADA.....	8
Artículo 2.10. AISLANTE TÉRMICO SUELO .....	8
Artículo 2.11. AISLANTE TÉRMICO TECHO .....	9
Artículo 2.12. MATERIAL ELÉCTRICO.....	10
Artículo 2.13. PINTURA .....	10
Artículo 2.14. HERRAMIENTAS .....	10
CAPITULO 3. – EJECUCIÓN Y CONTROL DE LAS INSTALACIONES .....	10
Artículo 3.1. CONDICIONES GENERALES .....	10
Artículo 3.1.1. Ejecución de las instalaciones.....	10
Artículo 3.1.2. Servidumbres y servicios afectados.....	11
Artículo 3.1.3. Evitar contaminaciones .....	11
Artículo 3.1.4. Limpieza del entorno .....	11
Artículo 3.1.5. Coordinación con otras obras.....	12
Artículo 3.1.6. Pruebas mínimas para la recepción.....	12
Artículo 3.1.7. Seguridad y señalización.....	12
Artículo 3.2. CONTROL DE EJECUCIÓN .....	13
Artículo 3.3. PRUEBAS .....	13

## CAPITULO 1. – DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO

### Artículo 1.1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares comprende el conjunto de características que deberán cumplir los materiales empleados en la instalación, así como los técnicos y encargados de mandar en la ejecución de cualquier tipo de actividad y de obras accesorias y dependientes para la ejecución del presente “Proyecto de Sistema de Construcción Modular Basado en Unidades Móviles Apilables”.

### Artículo 1.2. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

El presente proyecto consta de los siguientes documentos:

- Documento nº1: Índice general.
- Documento nº2: Memoria.
- Documento nº3: Anexos.
- Documento nº4: Planos.
- Documento nº5: Pliego de condiciones.
- Documento nº6: Mediciones.
- Documento nº7: Presupuesto.

El contenido de cada uno de estos documentos queda recogido íntegramente en el documento nº1: Índice General.

Se entiende por documentos contractuales aquellos que estén incorporados en el contrato y que sean de obligado cumplimiento, excepto modificaciones debidamente autorizadas. Si no se especifica lo contrario, el orden de prioridad debe ser el siguiente:

- Planos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto.
- Memoria.

El resto de los documentos o datos del Proyecto tienen carácter informativo y están constituidos por la Memoria, Anexos y Mediciones. Los citados documentos informativos representan únicamente una opinión fundamentada. Estos datos han de considerarse tan sólo como complemento de la información que el contratista ha de adquirir directamente y con sus propios medios.

Solamente los documentos contractuales definidos en la parte anterior constituyen la base del contrato. Por tanto, el contratista no podrá alegar modificación alguna de las condiciones del contrato en base a los datos contenidos de los documentos informativos a menos que estos aparezcan en algún documento contractual.

El contratista será, pues, responsable de los errores que se puedan derivar de no obtener la suficiente información directa que rectifique o ratifique el contenido de los documentos informativos del Proyecto.

En caso de contradicción entre los Planos y las Prescripciones Técnicas Particulares contenidas en el presente Pliego de Condiciones, prevalece lo que ha prescrito en estas últimas.

### Artículo 1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Ejecución de dos módulos prefabricados o unidades móviles, de dimensiones en planta de 6 metros de longitud por 2,5 metros de anchura. Con una altura total de 2,5 metros, destacando que cuenta con cubierta plana. El módulo cuenta con una puerta de 0,8 metros de anchura y 2 metros de alto y dos ventanas de 0,75 metros de anchura y 1 metro de altura.

Las fachadas del módulo están compuestas por varios paneles sándwich de aislamiento térmico y acústico PUR de 40 milímetros de espesor y de diferentes dimensiones en función de la fachada del módulo; unidas entre sí mediante un sistema de fijación visto (machihembrado). La cubierta será plana, formada por una chapa trapezoidal de acero superior, un rollo de fibra de vidrio aislante de 80 milímetros de espesor y una capa final de lamas metálicas de aluminio.

Los módulos podrán ser transportados en conjunto mediante un camión. Para ello, serán enviados en sistema FLAT PACK o KIT. La carga, transporte y descarga correrá por cuenta del adjudicatario del presente contrato.

La descarga se realizará sobre el propio terreno y se hará uso de una grúa para poder apilar ambos módulos de manera correcta.

Por último, se llevará a cabo la instalación de una pasarela de tramex junto con una escalera. Cuyas dimensiones vienen detalladas en el Plano 24. Diseño 3D Pasarela con Escalera.

### Artículo 1.4. PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PLAZOS

El programa previsto para la ejecución de las instalaciones se estima en un periodo máximo de 2 días, incluyendo tanto el montaje de ambos módulos como el de la pasarela con escalera y su colocación mediante grúa, a partir de la llegada de todos los elementos al lugar de montaje.

## CAPITULO 2. – CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS MATERIALES

### Artículo 2.1. CONDICIONES GENERALES

Todos los materiales a utilizar en la instalación, incluidos o no incluidos en este Pliego, habrán de observar las siguientes prescripciones:

- Si las procedencias de los materiales fuesen fijadas en documentos contractuales, se tendrán que usar obligatoriamente, a menos que haya una autorización expresa.
- Si por no cumplir las prescripciones del presente Pliego, se rechazan los materiales que figuren como utilizables en documentos informativos, se tendrá la obligación de aportar

otros materiales que cumplan las prescripciones, sin que por esto tenga derecho a un nuevo precio unitario.

- Se notificará con suficiente antelación las procedencias de los materiales que se proponga utilizar, aportando las muestras y los datos necesarios, tanto por lo que haga referencia a calidad como a la cantidad.
- En ningún caso podrán ser acopiados y utilizados materiales cuya procedencia no haya sido aprobada.
- Todos los materiales deberán ofrecer la calidad suficiente a juicio del director de la obra, aunque no se especifique expresamente en el Pliego de Condiciones. Quedando, en función de su criterio, la posibilidad de ser retirados, demolidos o reemplazados en cualquier momento de la instalación.
- El transporte, manipulación y empleo de materiales, se hará de modo que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro en sus formas o dimensiones.

## Artículo 2.2. CONTROL DE MATERIALES

Se designará el laboratorio acreditado para la actividad de control de materiales que deberá incorporar tres conceptos básicos:

- Control de recepción de productos y recopilación de los certificados de garantía del fabricante, en los casos que sean exigibles por la reglamentación de obligado cumplimiento.
- La ejecución de los ensayos cuya realización es obligatoria dentro del marco del control de recepción, por la normativa de obligado cumplimiento sobre materiales, o por ser exigidos en las especificaciones del proyecto, Código Técnico de la Edificación (CTE) y sostenibilidad de la edificación.
- La realización de los ensayos, que son recomendables para mantener bajo control las características de seguridad, durabilidad y funcionamiento de las instalaciones condicionadas por el comportamiento de los materiales.

## Artículo 2.3. ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES

La empresa adjudicataria debe instalar, por su cuenta, los almacenes precisos para asegurar la conservación de los materiales, evitando su destrucción o deterioro y cumpliendo lo que, al respecto, indique el presente Pliego.

Los materiales se almacenarán de modo que se asegure su correcta conservación y de forma que sea posible su inspección en todo momento y que pueda asegurarse el control de calidad con el tiempo necesario para que sean conocidos los resultados antes de su empleo.

#### Artículo 2.4. ACOPIO DE MATERIALES

La empresa adjudicataria está obligada a acopiar en correctas condiciones los materiales que se requieran para la ejecución de las instalaciones en el ritmo y calidad exigidos.

Se deberá prever el lugar, forma y manera de realizar los acopios de los distintos materiales. Y el Director deberá proponer un emplazamiento de las zonas de acopio, con la descripción de sus accesos y medidas que se propone llevar a cabo para garantizar la preservación de la calidad de los materiales.

Las zonas de acopio deberán cumplir las condiciones mínimas siguientes:

- Deberán mantenerse los servicios públicos o privados existentes.
- Estarán provistos de los dispositivos y obras para la recogida y evacuación de las aguas superficiales.
- Los acopios se dispondrán de forma que no se merme la calidad de los materiales, tanto en su manipulación como en su situación de acopio.
- Se adoptarán las medidas necesarias para prevenir de riesgos de daños a terceros.
- Todas las zonas utilizadas para acopio deberán quedar, al término de las instalaciones, en las mismas condiciones que existían antes de ser utilizadas como tales.

#### Artículo 2.5. RECEPCIÓN DE MATERIALES

El Director definirá, en conformidad con la legislación oficial vigente, las características de aquellos materiales para los que no figuren especificaciones correctas en este Pliego, de forma que puedan satisfacer las condiciones de funcionalidad y calidad.

La empresa adjudicataria notificará, con suficiente antelación, la procedencia y características de los materiales que se propone utilizar, a fin de determinar su idoneidad.

Cualquier trabajo realizado mediante la utilización de materiales de procedencia no autorizada podrá ser considerado como defectuoso.

La empresa adjudicataria deberá presentar, para su aprobación, muestras, catálogos y certificados de homologación de los productos y equipos, identificados por marcas o patentes.

La calidad de los materiales que hayan sido almacenados o copiados durante el periodo previsto, deberá ser comprobada en el momento de su utilización, mediante las pruebas y ensayos correspondientes, siendo rechazados los que no cumplan las condiciones establecidas.

## Artículo 2.6. MATERIALES NO ESPECIFICADOS

Los materiales que hayan de emplearse en las obras sin que se hayan especificado en este Pliego, no podrán ser utilizados sin haber sido reconocidos previamente y aprobados o rechazados. Según reúnan o no las condiciones exigibles.

Todo material no expresado en este Pliego de Condiciones y que haya de emplearse en estas obras se entenderá que es de la mejor calidad.

## Artículo 2.7. ACEROS

El acero a emplear cumplirá con las condiciones exigidas respecto a calidad. El alargamiento medio de rotura será superior a dieciocho (18) grados, entendiéndose por tal deformación unitaria la remanente medida después del ensayo normal de tracción UNE-EN ISO 6892-1:2020, sobre una base de cinco (5) diámetros de cuello de estrangulación y de más de tres (3) diámetros del punto de aplicación de la mordaza.

El módulo de elasticidad inicial será igual o superior a 1.800.000 kg/cm<sup>2</sup>. El límite elástico será el indicado en los planos y, si no hay especificaciones, será de 5100 kg/cm<sup>2</sup>.

La tensión máxima de rotura será igual o superior al 125% de su correspondiente límite elástico, entendiéndose por tensión máxima de rotura el valor de la ordenada máxima del diagrama tensión-deformación.

El valor límite elástico característico se determinará tomando el promedio aritmético de los "n/2" valores más bajos obtenidos en el ensayo de "n" probetas, prescindiéndose del valor medio de la serie, si "n" fuese impar.

Si se considera conveniente, se exigirá un certificado de un Laboratorio Oficial que garantice la calidad del acero utilizado.

El acero galvanizado en perfiles y chapas lo será por doble capa por inmersión en caliente. La aplicación de la película de cinc tendrá una dosificación mínima de seiscientos diez gramos por metro cuadrado (610 gr/m<sup>2</sup>) en doble exposición.

Previo a efectuar el galvanizado del acero, habrá de conformarse a fin de no dañar el recubrimiento durante el proceso posterior. El galvanizado será de primera calidad, libre de defectos como burbujas, rayas y puntos sin galvanizar. Su calidad será probada con arreglo a las normas UNE-EN ISO 1461:2010, en cuanto a la dosificación de cinc, y UNE-EN ISO 14713-2:2020, en lo referente a las recomendaciones para su protección frente a la corrosión.

### - Acero para estructuras metálicas:

En el caso de acero para la pasarela con escalera, la zona de soldadura no se pintará. Y no se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

La normativa de aplicación será: CTE DB SE-A de Seguridad Estructural: Acero; UNE-EN 1090-2:2019 para la Ejecución de estructuras de acero y aluminio (Parte 2: requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero) y la Instrucción de Acero Estructural (EAE). En el caso de

barandillas de escaleras, rampas, pasarelas y plataformas de trabajo, también será uso de la normativa UNE-EN ISO 14122-3 (Parte 3).

Se utilizará como criterio de medición en Proyecto, el peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

Como condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las instalaciones:

- Ambientales: no se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.
- Del contratista: presentará su aprobación, al director de la ejecución de la obra, el programa de montaje de estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

En la fase de ejecución se llevará a cabo tareas de limpieza y preparación de las zonas de unión y el acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

En el caso de la pasarela con escalera, se llevará a cabo la colocación y fijación provisional de los perfiles y la ejecución de las uniones soldadas.

- **Acero para rejillas electrosoldadas:**

Respecto a la rejilla electrosoldada de acero; el criterio de medición en Proyecto es la superficie de hueco a cerrar, medida según documentación gráfica de Proyecto. Como condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra, deberá comprobarse que el soporte al que se tienen que fijar los anclajes tienen la suficiente resistencia.

En cuanto a su proceso de ejecución; deberá procederse al marcado de los puntos de fijación del bastidor. Una presentación de la reja con su aplomado y nivelación. Y una resolución de las uniones del bastidor a los paramentos además del montaje de elementos complementarios.

Como condiciones de terminación, el conjunto deberá quedar perfectamente aplomado y rígido.

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras como condiciones de conservación y mantenimiento.

- **Acero para chapa trapezoidal superior:**

Se evitará el contacto directo del acero no protegido con pasta fresca de yeso, cemento o cal, madera de roble o castaño y aguas procedentes de contacto con elementos de cobre, a fin de prevenir la corrosión.

Como normativa de aplicación, se tiene la norma UNE-EN 1090-2 – Ejecución de estructuras de acero y aluminio (Parte 2).

El criterio de medición en Proyecto, en este caso, es la superficie medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de Proyecto.

Como condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las instalaciones:

- Del soporte: la naturaleza del soporte permitirá el anclaje mecánico del elemento, y su dimensionamiento garantizará la estabilidad, con flecha mínima, del conjunto.
- Ambientales: se suspenderán los trabajos cuando llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

En cuanto a su proceso de ejecución; deberá procederse al replanteo de las chapas por faldón. Corte, preparación y colocación de las chapas. Ejecución de juntas y perímetro y fijación mecánica de la chapa perfilada.

Serán básicas las condiciones de estanqueidad, el mantenimiento de la integridad de la cobertura frente a la acción del viento y la libre dilatación de todos los elementos metálicos.

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

## Artículo 2.8. TUBOS DE PVC

El PVC o cloruro de vinilo es un polímero termoplástico. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80°C y se descompone sobre 150°C. Tiene una muy buena resistencia eléctrica y al fuego.

En los tubos o tuberías de PVC, éste será rígido y estará fabricado según la norma UNE-53111/12. En cuanto a la instalación, se hará caso a las normas de la compañía suministradora.

El material de las tuberías no contendrá elementos o sustancias tóxicas, será resistente a la disolución, al ataque por el agua y a la corrosión, para lo cual tendrá un poder dieléctrico tal que no se vea afectado por las posibles corrientes parásitas que se produzcan dónde va a ser instalado.

Contarán con una tolerancia máxima del espesor que tendrá como límite  $(0,2 + 0,1 \cdot e)$  mm, siendo "e" el espesor de la pared en mm.

Serán obligatorias las siguientes verificaciones y pruebas:

- Examen visual.
- Comprobaciones de dimensiones, espesor y rectitud.
- Pruebas de estanqueidad.
- Pruebas de aplastamiento.
- Pruebas de flexión transversal.
- Pruebas de flexión longitudinal.

Como criterio de medición en Proyecto se tomará la longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

Se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con los de Proyecto, y que hay espacio suficiente para su instalación.

Durante el proceso de ejecución, se comprobará el montaje, conexionado y su correcto funcionamiento. Además, la instalación tendrá resistencia mecánica; garantizando, también, su estanqueidad.

Para su conservación y mantenimiento, se protegerá frente a golpes.

## Artículo 2.9. AISLANTE TÉRMICO FACHADA

En este caso, se utilizará como aislante térmico en fachada, paneles sándwich con núcleo duro de espuma de poliuretano (PUR), con las siguientes características:

- Coeficiente de conductividad térmica: 0,022 W/mK.
- Resistencia a la compresión: 2 kg/cm<sup>2</sup>.
- Clasificación al fuego: B-s2, d0.
- Densidad: 40 kg/m<sup>3</sup>.

Los materiales empleados deberán estar dotados del correspondiente certificado de garantía y ser previamente aprobado por la Dirección de Obra.

Como normativa de aplicación, se atenderá al CTE-DB-HE. Ahorro de energía.

El criterio de medición en Proyecto, en este caso, es la superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 3 m<sup>2</sup>.

Como condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las instalaciones:

- Del soporte: se comprobará que la estructura portante presenta aplomado, planeidad y horizontalidad adecuados.
- Ambientales: se suspenderán los trabajos cuando llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

Durante el proceso de ejecución, se llevará a cabo la colocación y fijación del primer panel. Posteriormente, la colocación y fijación del resto de paneles, según del orden indicado. Todo ello, con ayuda de un camión grúa que permita izar la estructura metálica del techo y poder colocar los paneles a medida que se van atornillando los pilares.

El conjunto deberá ser resistente y estable frente a las acciones, tanto exteriores como las provocadas por el propio uso. La fachada será estanca y tendrá buen aspecto.

Como conservación y mantenimiento, se protegerá durante las operaciones que pudieran ocasionar manchas o daños mecánicos. Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

## Artículo 2.10. AISLANTE TÉRMICO SUELO

En este caso, se utilizará como aislante térmico en suelo, tableros hidrofugados de conglomerado de madera de 19 mm de espesor, fijados a las correas correspondientes mediante tornillos autorroscantes en sus extremos. Sus características técnicas principales son las siguientes:

- Densidad: 690 kg/m<sup>3</sup>.
- Tracción interna: 0,45 N/mm<sup>2</sup>.
- Resistencia a flexión: 16 N/mm<sup>2</sup>.
- Módulo de elasticidad: 2400 N/mm<sup>2</sup>.
- Hinchamiento en agua 24 h: 10%.

- Tracción superficial: 0,8 N/mm<sup>2</sup>.
- Humedad: 8+/-3.
- Contenido en sílice:  $\leq 0,05$  % *Peso*.
- Coeficiente de conductividad térmica: 0,12 W/mK.
- Test de envejecimiento acelerado. Hinchamiento después del ensayo cíclico: 11%.
- Test de envejecimiento acelerado. Tracción interna después del ensayo cíclico: 0,22 N/Mm<sup>2</sup>.

El criterio de medición en Proyecto será la superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.

El contenido de humedad de la madera será el de equilibrio higroscópico antes de su utilización en la instalación.

Durante el proceso de ejecución, se llevará a cabo el replanteo de las piezas y su colocación y fijación mediante tornillos autorroscantes. Además, las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

Por último, se tratará de evitar la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

### Artículo 2.11. AISLANTE TÉRMICO TECHO

En este caso, se utilizará como aislante térmico en techo, Rollo de aislamiento acústico y térmico no hidrófilo, de 80 mm de espesor, fabricado en lana de vidrio y revestido de papel kraft en una de sus caras, que actúa como barrera de vapor. Sus características técnicas principales son las siguientes:

- Conductividad térmica declarada: 0,04 W/mK. (Normas: EN 12667 EN 12939).
- Calor específico aproximado: 800 K/kg·K.
- Resistencia al flujo de aire:  $>5$  kPa·s/m<sup>2</sup> (EN 29053).
- Reacción al fuego: F (Euroclase EN 13501-1).
- Absorción de agua:  $<1$  kg/m<sup>2</sup> (EN 1609).
- Resistencia a la difusión de vapor de agua del revestimiento de papel Kraft: 3 m<sup>2</sup>·h·Pa/mg (EN 12086).
- Resistencia a la difusión del vapor de agua: 1 (EN 12086).
- Estabilidad dimensional:  $<1\%$  (EN 1604).

El criterio de medición en Proyecto será el número de unidades o rollos utilizados en la instalación.

## Artículo 2.12. MATERIAL ELÉCTRICO

Se ajustará a todos los reglamentos vigentes, en especial al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

## Artículo 2.13. PINTURA

Todas las pinturas que deban utilizarse en la instalación. Han de ponerse a pie de obra en envases originales de fábrica sin abrir y todas las mezclas y empleo de las pinturas han de hacerse siguiendo exactamente las instrucciones que se dicten para cada caso.

Los colores que se empleen serán de la mejor calidad para que ofrezcan gran fijeza, cubran las superficies sobre las que se extiendan, mezclen bien con los diferentes líquidos, que sirvan para disolverlos, principalmente aceite, sequen rápidamente, sean insolubles en el agua y no se descompongan.

## Artículo 2.14. HERRAMIENTAS

Las herramientas estarán siempre en perfectas condiciones de uso para su buen rendimiento y ejecución de los trabajos, siendo el personal de servicio el encargado de controlar su estado, quien podrá exigir la reparación o sustitución a tales fines.

La empresa adjudicataria deberá proporcionar a los operarios y demás empleados de la obra los medios auxiliares necesarios (herramientas, equipos de protección individual y colectiva, material de consumo) para la correcta ejecución de las distintas unidades previstas, sin que ello suponga incluir en el presupuesto partidas específicas por este concepto.

## CAPITULO 3. – EJECUCIÓN Y CONTROL DE LAS INSTALACIONES

### Artículo 3.1. CONDICIONES GENERALES

#### Artículo 3.1.1. Ejecución de las instalaciones

Todas las actividades comprendidas en este Proyecto se ejecutarán de acuerdo a lo especificado en los Planos y este Pliego de Condiciones. Siguiendo las indicaciones de la Técnica, quién resolverá las cuestiones que puedan plantearse en la interpretación de aquellos y en las condiciones y detalles de la ejecución.

A continuación, se describe cómo debe realizarse el montaje de un módulo, paso a paso, a fin de garantizar su correcto funcionamiento y una buena calidad. Cabe destacar que, en este caso, los módulos llegarán en Sistema KIT, es decir, que tanto el ensamblaje del techo como el del suelo ya vienen totalmente montados.

Inicialmente, se deberá desatornillar los cuatros pilares del Sistema KIT, dejando por separado tanto las estructuras del techo y suelo como todas las piezas intermedias; paneles aislantes, carpinterías, tubos de PV para pluviales, ...

A continuación, será necesario hacer uso del camión-grúa para izar la estructura correspondiente al techo del módulo. Y así, poder retirar las piezas interiores y colocarlas en la zona preparada para ello.

Con la estructura superior izada, se colocará el primer de los pilares del módulo, atornillándolo en sus dos extremos, junto con el primero de ellos tubos de PVC necesario para la evacuación de aguas pluviales. Llegado a este punto, se tratará de ir colocando los paneles aislantes de una de las fachadas (y carpinterías en caso de ser necesario) de tal manera que, con ayuda de la grúa, se vayan encajando los paneles en los carriles superior e inferior.

Ya colocados todos los paneles de dicha fachada, se colocará el segundo de los pilares junto con su tubo de PVC de la misma forma que el primero.

Se seguirá este procedimiento hasta obtener la estructura completa del módulo; colocando, por último, las barras de acero exteriores en las fachadas.

Finalmente, se llevarán a cabo tareas como la colocación de juntas y silicona en uniones, para garantizar la estanqueidad del conjunto.

#### **Artículo 3.1.2. Servidumbres y servicios afectados**

Durante la ejecución de la instalación se deberá respetar las servidumbres de paso de cuantas conducciones de servicios públicos o privados (teléfono, gas, agua, alcantarillado, etc.), caminos o vías puedan encontrarse afectados por el emplazamiento y ejecución de la instalación, evitando cuidadosamente la perturbación, interrupción, daño o deterioro de los mismos, de la cual será responsable, corriendo a su cuenta cuantos perjuicios pudieran derivarse del incumplimiento de estas prescripciones.

En los casos previstos de modificación y traslado de servicios existentes o en los eventuales que pudieran presentarse durante la ejecución de la instalación, se responsabilizará de la tramitación y obtención de los permisos oportunos ante los organismos interesados.

#### **Artículo 3.1.3. Evitar contaminaciones**

Se está obligado a cumplir las órdenes de la Dirección, cuyo objeto sea evitar la contaminación del aire, curso de agua y, en general, cualquier clase de bien público o privado, que pudieran producir las obras o instalaciones y talleres anejos a las mismas, aunque hayan sido instalados en terreno de propiedad del Contratista, dentro de los límites impuestos en las disposiciones vigentes sobre conservación de la naturaleza.

#### **Artículo 3.1.4. Limpieza del entorno**

Es obligación a cargo del Contratista limpiar y mantener limpios durante la ejecución y el plazo de garantía la instalación, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas pertinentes para que las obras ofrezcan un buen aspecto.

Por otra parte, los envases vacíos y el resto de materiales de cualquier clase, serán recogidos y entregados a empresas especializadas en su recogida y reciclaje, o entregados a depósitos acreditados.

#### **Artículo 3.1.5. Coordinación con otras obras**

Si existiesen otros trabajos dentro del área de la obra a ejecutar, el Contratista deberá coordinar su actuación con las mismas, de acuerdo con las instrucciones de la Dirección, adaptando su programa de trabajo en lo que pudiera resultar afectado, sin que por ello tenga derecho a indemnización alguna ni a justificar retraso en los plazos señalados.

#### **Artículo 3.1.6. Pruebas mínimas para la recepción**

A la terminación de la instalación, se procederá a su reconocimiento y a la realización de los ensayos precisos para comprobar que cumplen las condiciones técnicas exigidas en el presente Proyecto.

Antes del reconocimiento, el Contratista deberá retirar de las mismas las herramientas, materiales, etc., dejándolas limpias y despejadas. Si procediese de esta manera la Dirección efectuará el despeje y limpieza de la obra por cuenta del Contratista.

Si en la inspección se descubriera algún defecto, se concederá un plazo para subsanarlo, después del cual deberá procederse a nuevo reconocimiento para llevar a cabo la recepción. Si transcurrido el plazo señalado no hubiera sido subsanado, se procederá a su reparación siendo los gastos por cuenta del Contratista.

#### **Artículo 3.1.7. Seguridad y señalización**

Deberá disponerse, en aquellos puntos donde se hayan de realizar trabajos o actividades, una señal para advertir al tránsito de la presencia de equipos. Se aislará del tránsito por medio del uso de conos y vallas, a fin de crear un espacio de trabajo protegido. Fuera de este espacio, se adoptará la señalización más adecuada, de acuerdo con la situación y características geométricas de la zona.

En todo caso, el contratista será responsable de los accidentes que pudieran ocurrir por incumplimiento de estas prescripciones o de órdenes complementarias sobre el mismo.

Todos los componentes del equipo humano deberán estar provistos de chalecos reflectantes y cascos. Además, para poder cargar materiales, se emplearán guantes de protección de caucho para proteger la piel.

El contratista está obligado a suministrar todos los equipos de protección personal necesarios, según establece la normativa vigente.

### Artículo 3.2. CONTROL DE EJECUCIÓN

Esta fase de actividad se refiere al conjunto de actividades sistemáticas de inspección, desarrolladas por equipos especializados, para comprobar si la ejecución de las instalaciones es acorde con las especificaciones aplicables a las mismas.

Las inspecciones a las que se hace referencia básicamente afectan a todas las fases de ejecución, e incluyen:

- Inspección de la estructura, tanto la estructura metálica de los módulos como la de la pasarela con escalera, comprobando en sucesivas inspecciones los aspectos que condicionan su calidad. Se llevará a cabo, también, la identificación de perfiles, se comprobarán los procesos de ejecución de uniones y, en caso de uniones soldadas, la calidad de los cordones de soldaduras mediante inspección por métodos no destructivos.
- Inspección de la ejecución de las fachadas exteriores y cubiertas de los módulos. Así como, las carpinterías y revestimientos. A fin de comprobar los aspectos que condicionan las características de estanqueidad entre otros.

Se emitirán partes de inspección tras el desarrollo de estas, así como una serie de informes que afecten al conjunto de la ejecución de los grupos de inspección a que se ha hecho referencia, en los que quedará documentada la actividad y evaluados los resultados obtenidos; tanto del control de materiales como del de ejecución. Asimismo, emitirá partes de reserva técnica cuando se produzcan desviaciones frente a las especificaciones que requieran medidas de corrección o de evaluación específica durante el transcurso de la instalación.

### Artículo 3.3. PRUEBAS

Como complemento a las actividades enumeradas en los apartados precedentes, se desarrollarán pruebas específicas sobre unidades acabadas, como pruebas de estanqueidad afectando a fachadas y cubiertas.

Una vez desarrolladas las pruebas, sus resultados quedarán documentados en sus correspondientes informes.

Logroño, a 6 de julio de 2021

Autor del presente documento:



---

Sergio Bravo Fernández

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**

**MEDICIONES**

Sistema de construcción modular basado  
en unidades móviles apilables

Autor: Sergio Bravo Fernández

Tutor: José Antonio Gómez Cristóbal

Departamento de Ingeniería Mecánica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de La Rioja  
2020/2021



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

## ÍNDICE DE MEDICIONES

CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO .....	1
CAPÍTULO 2. AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO.....	2
CAPÍTULO 3. CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO.....	4
CAPÍTULO 4. EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO.....	5
CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA .....	6
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN.....	7

# MEDICIONES

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
<b>01</b>	<b>ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO</b>					
01.01	kg ACERO GALVANIZADO PARA ESTRUCTURA MÓDULO					
	Acero galvanizado UNE-EN 10025 S275JR para piezas de sección irregular, secciones rectangulares huecas y secciones cuadradas huecas; conformadas en frío. Acabado final de color azul en vigas longitudinales, transversales, pilares y piezas esquina.					
Spc0010	Vigas longitudinales (SUELO) 2 ud / módulo					132,56
Spc0010	Vigas transversales (SUELO) 2 ud / módulo					53,14
Spc0010	Piezas esquina (SUELO) 4 ud / módulo					4,44
Spc0010	Correas o viguetas (SUELO) 11 ud / módulo					165,52
Spc0010	Pilares esquina 4 ud / módulo					66,22
Spc0010	Barras exteriores 4 ud / módulo					31,80
Spc0010	Vigas longitudinales (TECHO) 2 ud / módulo					126,46
Spc0010	Vigas transversales (TECHO) 2 ud / módulo					51,96
Spc0010	Piezas esquina (TECHO) 4 ud / módulo					3,98
Spc0010	Correas transversales 40x40 (TECHO) 3 ud / módulo					35,72
Spc0010	Correas longitudinales 30x30 (TECHO) 2 ud / módulo					41,42
Spc0010	Correa longitudinal 40x40 (TECHO) 1 ud / módulo					28,10
Spc0010	Piezas de perfil C con abertura de 40 mm (TECHO) 3 ud / módulo					0,46
Spc0010	Piezas de perfil C con abertura de 30 mm (TECHO) 6 ud / módulo					0,52
						<hr/>
						742,30

# MEDICIONES

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
<b>02</b>	<b> AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO</b>					
<b>02.01</b>	<b> m<sup>2</sup> FACHADA DE PANEL SÁNDWICH, AISLANTE, DE ACERO</b> Paneles sándwich termoacústicos AIS PRT. Caracterizados por su junta simétrica y por estar compuestos por dos chapas de acero prelacado sobre base galvanizada; una exterior personalizable en terminación, colores y perfilados y una interior con o sin micro nervadura, que están adheridas en un proceso de fabricación continua a un núcleo duro de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media 40 kg/m <sup>3</sup> , con sistema de fijación vista mediante machihembrado; permitiendo una unión rápida, estanca y estética varias placas. Paneles de 40 mm de espesor.					
Spc0010	Paneles PUR Laterales (780*40*2296) 6 ud / módulo					21,50
Spc0010	Paneles PUR Frontal (885*40*2296) 4 ud / módulo					16,26
Spc0010	Paneles PUR Frontal (800*40*296) 1 ud / módulo					0,48
Spc0010	Paneles PUR Frontal (750*40*296) 2 ud / módulo					0,88
Spc0010	Paneles PUR Frontal (750*40*1000) 2 ud / módulo					3,00
Spc0010	Paneles PUR Posterior (885*40*2296) 4 ud / módulo					16,26
Spc0010	Paneles PUR Posterior (800*40*2296) 1 ud / módulo					3,68
Spc0010	Paneles PUR Posterior (750*40*2296) 2 ud / módulo					6,88
						<hr/> 68,94
<b>02.02</b>	<b> m<sup>2</sup> ENTABLADO BASE DE TABLEROS DE AGLOMERADO HIDRÓFUGO</b> Entablado base de tablero hidrofugado de aglomerado de madera de 19 mm de espesor, con revestimiento vinílico de PVC de 2 milímetros de espesor de color marrón. Colocado con fijaciones mecánicas (tornillos autorroscantes).					
Spc0010	Tableros extremos (2340 x 420 x 19) 2 ud / módulo					3,94
Spc0010	Tableros centrales (2340 x 1000 x 19) 5 ud / módulo					23,40
						<hr/> 27,34
<b>02.03</b>	<b> m<sup>2</sup> CHAPA DE ACERO GALVANIZADO CON 5 GRECAS</b> Chapa perfilada de acero galvanizado de 5 grecas (dos laterales y una central más 2 intermedias con un paso entre grecas de 250 mm, para darle mayor resistencia), de 0,8 mm de espesor.					
						<hr/> 28,00
<b>02.04</b>	<b> u ROLLO DE FIBRA DE VIDRIO Y PAPEL IBR 80 mm</b> Rollo de aislamiento acústico y térmico no hidrófilo, de 80 mm de espesor, fabricado en lana de vidrio y revestido de papel kraft en una de sus caras, que actúa como barrera de vapor. Perfecto para el aislamiento interno de cubiertas, tabiques, buhardillas y falsos techos, evita la aparición de condensaciones. Es fácil de manipular y colocar, gracias a su formato, sus líneas guía sobre el papel kraft, que facilitan el corte, y la adaptabilidad de la lana de vidrio. Este producto reciclable y sostenible, con una composición en material reciclado superior al 50%, mantiene sus prestaciones inalteradas durante toda la vida útil del edificio, no se degradan con el tiempo. Cubre una superficie máxima de 14,4 m <sup>2</sup> . Medidas: 1,2 x 12 m (ancho x largo).					
						<hr/> 2,00

## MEDICIONES

### MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
02.05	m <sup>2</sup> LAMAS DE ALUMINIO PRELACADO Revestimiento decorativo para interior de cubierta con plancha de aluminio lacado color blanco, de 0,8 mm de espesor, cortada a medida, fijada con tornillos de acero galvanizado a la estructura metálica compuesta por corres de acero galvanizado de sección 40x40 mm.					
Spc0010	Plancha de aluminio (1460 x 1248 mm) 8 ud / módulo					29,14
						29,14

# MEDICIONES

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
<b>03</b>	<b>CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO</b>					
<b>03.01</b>	<b>u VENTANAS EXTERIORES DE PVC</b> Ventana de PVC, dos hojas correderas, dimensiones 750x1000 mm, compuesta de marco, hoja y junquillos, acabado estándar en las dos caras, color blanco, perfiles de 40 mm de anchura, soldados a inglete, que incorporan tres cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 3, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento.					
Spc0010	Ventana PVC frontal izquierda / módulo	2				2,00
Spc0010	Ventana PVC frontal derecha / módulo	2				2,00
						<hr/> 4,00
<b>03.02</b>	<b>u PUERTA EXTERIOR METÁLICA</b> Puertas de acceso metálica con marcos de aluminio termolacado en polvo, y hoja de acero con aislamiento intermedio de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media $40 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Acabado en color blanco RAL 9010, cerradura especial con un punto de cierre, premarco y tapajuntas. Dimensiones 800x2000 mm.					
						<hr/> 2,00

# MEDICIONES

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
<b>04</b>	<b>EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO</b>					
04.01	m TUBO DE PVC Tubo de PVC para bajantes de aguas pluviales, de sección cuadrada de 40 mm de lado y 2 mm de espesor.					
Spc0010	Tubo PVC Frontal Izquierda / módulo	2	2,26			4,52
Spc0010	Tubo PVC Frontal Derecha / módulo	2	2,26			4,52
Spc0010	Tubo PVC Posterior Izquierda / módulo	2	2,26			4,52
Spc0010	Tubo PVC Posterior Derecha / módulo	2	2,26			4,52
						<hr/>
						18,08

# MEDICIONES

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
<b>05</b>	<b>ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA</b>					
<b>05.01</b>	<b>kg ACERO PARA ESTRUCTURA DE PASARELA Y ESCALERA</b> Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura de plataforma y escalera, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB, HEM, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.					
Spc0010	Tubo Cuadrado Pesado: TCuP 60x5.16					791,95
Spc0010	Tubo Circular Pesado: TCP 75x5.16					38,85
Spc0010	Tirantes R 10					10,79
						<hr/> 841,59
<b>05.02</b>	<b>kg ACERO PARA BARANDILLAS</b> Acero UNE-EN 10025 S275JR, en barandillas de escalera, rampas, pasarelas y plataformas de trabajo, con piezas simples de perfiles laminados en caliente L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.					
Spc0010	Tubo Circular Liviano: TCL 63.5x0.9					45,03
						<hr/> 45,03
<b>05.03</b>	<b>m² REJA ELECTROSOLDADA DE ACERO (TRAMEX)</b> Reja electrosoldada metálica formada por pletina de acero galvanizado (Acero calidad S 235 JR (Norma EN 10025)) de 50x3 mm y varilla separadora de sección circular, formando cuadrícula de 42x23 mm y bastidor con uniones electrosoldadas, montaje mediante anclaje mecánico con tacos de nylon y tornillos de acero.					
Spc0010	Reja TRAMEX 1500x1500 / 1 ud					2,25
Spc0010	Reja TRAMEX 1500x2000 / 3 ud					9,00
Spc0010	Reja TRAMEX para escalones 300x1500 / 12 ud					5,40
						<hr/> 16,65

# MEDICIONES

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD
--------	---------	-----	----------	---------	--------	----------

### 06 MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN

06.01

h CAMIÓN GRÚA CON BRAZO HIDRÁULICO

Camión rígido de 3 ejes con grúa autocargante HIAB 37000 con JIB 100X. Altura máxima de trabajo de 28 metros. Capacidad máxima de elevación de 7000 kg. Longitud máxima en horizontal de 24 metros y 500 kg. Dimensiones de la caja: 5,6 metros de caja útil.

---

2,50

Logroño, a 22 de junio de 2021

Autor del presente documento:



---

Sergio Bravo Fernández

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**  
**Grado en Ingeniería Mecánica**

**PRESUPUESTO**

Sistema de construcción modular basado  
en unidades móviles apilables

Autor: Sergio Bravo Fernández

Tutor: José Antonio Gómez Cristóbal

Departamento de Ingeniería Mecánica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de La Rioja  
2020/2021



**UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA**

## ÍNDICE DE PRESUPUESTO

CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE MATERIALES.....	1
CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE MAQUINARIA.....	4
CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA.....	5
CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE UNIDADES DE OBRA TOTALES.....	6
CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO.....	6
CAPÍTULO 2. AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO.....	7
CAPÍTULO 3. CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO.....	9
CAPÍTULO 4. EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO.....	10
CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA.....	11
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN.....	12
CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS DE UNIDADES DE OBRA DESCOMPUESTOS.....	13
CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO.....	13
CAPÍTULO 2. AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO.....	14
CAPÍTULO 3. CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO.....	16
CAPÍTULO 4. EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO.....	17
CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA.....	18
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN.....	19
PRESUPUESTOS PARCIALES.....	20
CAPÍTULO 1. ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO.....	20
CAPÍTULO 2. AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO.....	21
CAPÍTULO 3. CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO.....	22
CAPÍTULO 4. EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO.....	23
CAPÍTULO 5. ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA.....	24
CAPÍTULO 6. MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN.....	25
RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	26

## MATERIALES (PRESUPUESTO)

### MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UD.	PRECIO/UD.
mt01	Acero galvanizado UNE-EN 10025 S275JR Acero galvanizado UNE-EN 10025 S275JR para piezas de sección irregular, secciones rectangulares huecas y secciones cuadradas huecas; conformadas en frío. Acabado con imprimación antioxidante y color azul. Uniones atornilladas en fábrica (Sistema KIT) y en lugar de instalación (Pilares).	kg	1,44
mt02	Panel sándwich aislante PUR Paneles sándwich termoacústicos AIS PRT. Caracterizados por su junta simétrica y por estar compuestos por dos chapas de acero prelacado sobre base galvanizada; una exterior personalizable en terminación, colores y perfilados y una interior con o sin micro nervadura, que están adheridas en un proceso de fabricación continua a un núcleo duro de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media 40 kg/m <sup>3</sup> , con sistema de fijación vista mediante machihembrado; permitiendo una unión rápida, estanca y estética varias placas. Paneles de 40 mm de espesor.	m <sup>2</sup>	35,00
mt03	Junta de estanqueidad para chapas de acero Junta de estanqueidad para chapas de acero.	m	0,90
mt04	Ventana PVC Ventana de PVC, dos hojas correderas, dimensiones 750x1000 mm, compuesta de marco, hoja y junquillos, acabado estándar en las dos caras, color blanco, perfiles de 40 mm de anchura, soldados a inglete, que incorporan tres cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 2,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 3, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento.	u	161,37
mt05	Sellado adhesivo monocomponente Cartucho de 290 ml de sellador adhesivo monocomponente, neutro, superelástico, a base de polímero MS, color blanco, con resistencia a la intemperie y a los rayos UV y elongación hasta rotura 750%	u	5,29
mt06	Silicona neutra oxímica Cartucho de 300 ml de silicona neutra oxímica, de elasticidad permanente y curado rápido, color blanco, rango de temperatura de trabajo de -60 a 150°C, con resistencia a los rayos UV, dureza Shore A aproximada de 22, según UNE-EN ISO 868 y elongación a rotura $\geq 800\%$ , según UNE-EN ISO 8339.	u	4,73

## MATERIALES (PRESUPUESTO)

### MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UD.	PRECIO/UD.
mt07	Tablero aglomerado hidrófugo Entablado base de tablero hidrofugado de aglomerado de madera de 19 mm de espesor, con revestimiento vinílico de PVC de 2 milímetros de espesor de color marrón. Colocado con fijaciones mecánicas (tornillos autorroscantes).	m <sup>2</sup>	8,50
mt08	Tornillos autorroscantes Tornillos autorroscantes para fijación de tableros de aglomerado hidrófugo.	kg	1,15
mt09	Chapa perfilada de acero galvanizado, espesor 0,8 mm Chapa perfilada de acero galvanizado, espesor 0,8 mm	m <sup>2</sup>	5,39
mt10	Tornillo autorroscante de 6,5x70 mm de acero inoxidable, con arandela. Tornillo autorroscante de 6,5x70 mm de acero inoxidable, con arandela.	u	0,50
mt11	Rollo de fibra de vidrio de 80 mm de espesor Rollo de aislamiento acústico y térmico no hidrófilo, de 80 mm de espesor, fabricado en lana de vidrio y revestido de papel kraft en una de sus caras, que actúa como barrera de vapor. Perfecto para el aislamiento interno de cubiertas, tabiques, buhardillas y falsos techos, evita la aparición de condensaciones. Es fácil de manipular y colocar, gracias a su formato, sus líneas guía sobre el papel kraft, que facilitan el corte, y la adaptabilidad de la lana de vidrio. Este producto reciclable y sostenible, con una composición en material reciclado superior al 50%, mantiene sus prestaciones inalteradas durante toda la vida útil del edificio, no se degradan con el tiempo. Cubre una superficie máxima de 14,4 m <sup>2</sup> . Medidas: 1,2 x 12 m (ancho x largo).	u	31,99
mt12	Plancha de aluminio lacado color blanco Revestimiento decorativo para interior de cubierta con plancha de aluminio lacado color blanco, de 0,8 mm de espesor, cortada a medida, fijada con tornillos de acero galvanizado a la estructura metálica compuesta por corres de acero galvanizado de sección 40x40 mm.	m <sup>2</sup>	15,47
mt13	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	kg	1,44
mt14	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	kg	1,55

## MATERIALES (PRESUPUESTO)

### MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UD.	PRECIO/UD.
mt15	Rejilla electrosoldada de acero S235JR Reja electrosoldada metálica formada por pletina de acero galvanizado (Acero calidad S 235 JR (Norma EN 10025)) de 50x3 mm y varilla separadora de sección circular, formando cuadrícula de 42x23 mm y bastidor con uniones electrosoldadas, montaje mediante anclaje mecánico con tacos de nylon y tornillos de acero.	m <sup>2</sup>	39,20
mt16	Anclaje mecánico con taco de nylon y tornillos de acero Anclaje mecánico con taco de nylon y tornillo de acero galvanizado, de cabeza avellanada.	u	0,29
mt17	Tubo de policloruro de vinilo Tubo de PVC para bajantes de aguas pluviales, de sección cuadrada de 40 mm de lado y 2 mm de espesor.	m	2,73
mt18	Tornillo de acero galvanizado Tornillo de acero galvanizado para anclaje de las plancha de aluminio a las correas de acero de sección 40x40 mm.	u	0,02
mt19	Puerta de acceso metálica de color blanco Puertas de acceso metálica con marcos de aluminio termolacado en polvo, y hoja de acero con núcleo aislante de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media 40 kg/m <sup>3</sup> . Acabado en color blanco RAL 9010, cerradura especial con un punto de cierre, premarco y tapajuntas. Dimensiones 800x2000 mm.	u	300,00
mt20	Premarco de acero galvanizado Premarco de acero galvanizado, para puerta de acceso de aluminio con una hoja de acero y núcleo intermedio de aislamiento PUR.	u	50,00

## MAQUINARIA (PRESUPUESTO)

### MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UD.	PRECIO/UD.
mq01	<p>Camión rígido de 3 ejes con grúa autocargante</p> <p>Camión rígido de 3 ejes con grúa autocargante HIAB 37000 con JIB 100X. Altura máxima de trabajo de 28 metros. Capacidad máxima de elevación de 7000 kg. Longitud máxima en horizontal de 24 metros y 500 kg. Dimensiones de la caja: 5,6 metros de caja útil.</p>	h	52,50
mq02	<p>Equipo y maquinaria</p> <p>Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.</p>	h	3,20

## MANO DE OBRA (PRESUPUESTO)

### MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	UD.	PRECIO/UD.
mo01	Empleado encargado de montaje y ayudante Empleado encargado del montaje completo del módulo, con un ayudante.	h	18,78
mo02	Empleado encargado de montaje y ayudante Empleado encargado del montaje completo de la estructura metálica de pasarela y escalera; con un ayudante.	h	19,60

# CUADRO DE PRECIOS 1

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>01</b>		<b>ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO</b>	
01.01	kg	ACERO GALVANIZADO PARA ESTRUCTURA MÓDULO Acero galvanizado UNE-EN 10025 S275JR para piezas de sección irregular, secciones rectangulares huecas y secciones cuadradas huecas; conformadas en frío. Acabado final de color azul en vigas longitudinales, transversales, pilares y piezas esquina.	2,10

DOS EUROS con DIEZ CÉNTIMOS

# CUADRO DE PRECIOS 1

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>02</b>		<b>AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO</b>	
02.01	m <sup>2</sup>	<b>FACHADA DE PANEL SÁNDWICH, AISLANTE, DE ACERO</b> Paneles sándwich termoacústicos AIS PRT. Caracterizados por su junta simétrica y por estar compuestos por dos chapas de acero prelacado sobre base galvanizada; una exterior personalizable en terminación, colores y perfilados y una interior con o sin micro nervadura, que están adheridas en un proceso de fabricación continua a un núcleo duro de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media 40 kg/m <sup>3</sup> , con sistema de fijación vista mediante machihembrado; permitiendo una unión rápida, estanca y estética varias placas. Paneles de 40 mm de espesor.	38,48
			TREINTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS
02.02	m <sup>2</sup>	<b>ENTABLADO BASE DE TABLEROS DE AGLOMERADO HIDRÓFUGO</b> Entablado base de tablero hidrofugado de aglomerado de madera de 19 mm de espesor, con revestimiento vinílico de PVC de 2 milímetros de espesor de color marrón. Colocado con fijaciones mecánicas (tornillos autorroscantes).	10,87
			DIEZ EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS
02.03	m <sup>2</sup>	<b>CHAPA DE ACERO GALVANIZADO CON 5 GRECAS</b> Chapa perfilada de acero galvanizado de 5 grecas (dos laterales y una central más 2 intermedias con un paso entre grecas de 250 mm, para darle mayor resistencia), de 0,8 mm de espesor.	8,90
			OCHO EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS
02.04	u	<b>ROLLO DE FIBRA DE VIDRIO Y PAPEL IBR 80 mm</b> Rollo de aislamiento acústico y térmico no hidrófilo, de 80 mm de espesor, fabricado en lana de vidrio y revestido de papel kraft en una de sus caras, que actúa como barrera de vapor. Perfecto para el aislamiento interno de cubiertas, tabiques, buhardillas y falsos techos, evita la aparición de condensaciones. Es fácil de manipular y colocar, gracias a su formato, sus líneas guía sobre el papel kraft, que facilitan el corte, y la adaptabilidad de la lana de vidrio. Este producto reciclable y sostenible, con una composición en material reciclado superior al 50%, mantiene sus prestaciones inalteradas durante toda la vida útil del edificio, no se degradan con el tiempo. Cubre una superficie máxima de 14,4 m <sup>2</sup> . Medidas: 1,2 x 12 m (ancho x largo).	34,20
			TREINTA Y CUATRO EUROS con VEINTE CÉNTIMOS
02.05	m <sup>2</sup>	<b>LAMAS DE ALUMINIO PRELACADO</b> Revestimiento decorativo para interior de cubierta con plancha de aluminio lacado color blanco, de 0,8 mm de espesor, cortada a medida, fijada con tornillos de acero galvanizado a la estructura metálica compuesta por corres de acero galvanizado de sección 40x40 mm.	20,57

**CUADRO DE PRECIOS 1**

**MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA**

**CÓDIGO            UD    RESUMEN** **PRECIO**

---

VEINTE EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS

# CUADRO DE PRECIOS 1

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>03</b>		<b>CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO</b>	
03.01	u	<b>VENTANAS EXTERIORES DE PVC</b> Ventana de PVC, dos hojas correderas, dimensiones 750x1000 mm, compuesta de marco, hoja y junquillos, acabado estándar en las dos caras, color blanco, perfiles de 40 mm de anchura, soldados a inglete, que incorporan tres cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 3, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento.	172,94
			CIENTO SETENTA Y DOS EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
03.02	u	<b>PUERTA EXTERIOR METÁLICA</b> Puertas de acceso metálica con marcos de aluminio termolacado en polvo, y hoja de acero con aislamiento intermedio de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media $40 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Acabado en color blanco RAL 9010, cerradura especial con un punto de cierre, premarco y tapajuntas. Dimensiones 800x2000 mm.	358,19
			TRESCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS

## CUADRO DE PRECIOS 1

### MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>04</b>		<b>EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO</b>	
04.01	m	TUBO DE PVC Tubo de PVC para bajantes de aguas pluviales, de sección cuadrada de 40 mm de lado y 2 mm de espesor.	3,80

TRES EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

# CUADRO DE PRECIOS 1

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>05</b>		<b>ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA</b>	
05.01	kg	<b>ACERO PARA ESTRUCTURA DE PASARELA Y ESCALERA</b> Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura de plataforma y escalera, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB, HEM, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.	3,48
			TRES EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS
05.02	kg	<b>ACERO PARA BARANDILLAS</b> Acero UNE-EN 10025 S275JR, en barandillas de escalera, rampas, pasarelas y plataformas de trabajo, con piezas simples de perfiles laminados en caliente L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.	3,64
			TRES EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
05.03	m <sup>2</sup>	<b>REJA ELECTROSOLDADA DE ACERO (TRAMEX)</b> Reja electrosoldada metálica formada por pletina de acero galvanizado (Acero calidad S 235 JR (Norma EN 10025)) de 50x3 mm y varilla separadora de sección circular, formando cuadrícula de 42x23 mm y bastidor con uniones electrosoldadas, montaje mediante anclaje mecánico con tacos de nylon y tornillos de acero.	46,69
			CUARENTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

# CUADRO DE PRECIOS 1

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>06</b>		<b>MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN</b>	
06.01	h	CAMIÓN GRÚA CON BRAZO HIDRÁULICO Camión rígido de 3 ejes con grúa autocargante HIAB 37000 con JIB 100X. Altura máxima de trabajo de 28 metros. Capacidad máxima de elevación de 7000 kg. Longitud máxima en horizontal de 24 metros y 500 kg. Dimensiones de la caja: 5,6 metros de caja útil.	53,01

CINCUENTA Y TRES EUROS con UN CÉNTIMOS



# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>02</b>	<b>AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO</b>				
02.01	FACHADA DE PANEL SÁNDWICH, AISLANTE, DE ACERO	m <sup>2</sup>			
	Paneles sándwich termoacústicos AIS PRT. Caracterizados por su junta simétrica y por estar compuestos por dos chapas de acero prelacado sobre base galvanizada; una exterior personalizable en terminación, colores y perfilados y una interior con o sin micro nervadura, que están adheridas en un proceso de fabricación continua a un núcleo duro de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media 40 kg/m <sup>3</sup> , con sistema de fijación vista mediante machihembrado; permitiendo una unión rápida, estanca y estética varias placas. Paneles de 40 mm de espesor.				
mt02	Panel sándwich aislante PUR	1,000 m <sup>2</sup>	35,00	35,00	
mt03	Junta de estanqueidad para chapas de acero	2,000 m	0,90	1,80	
mo01	Empleado encargado de montaje y ayudante	0,030 h	18,78	0,56	
%CI	Costes indirectos..(s/total)	0,374 %	3,00	1,12	
	<b>TOTAL PARTIDA</b> .....				<b>38,48</b>
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS				
02.02	ENTABLADO BASE DE TABLEROS DE AGLOMERADO HIDRÓFUGO	m <sup>2</sup>			
	Entablado base de tablero hidrofugado de aglomerado de madera de 19 mm de espesor, con revestimiento vinílico de PVC de 2 milímetros de espesor de color marrón. Colocado con fijaciones mecánicas (tornillos autorroscantes).				
mt07	Tablero aglomerado hidrófugo	1,000 m <sup>2</sup>	8,50	8,50	
mt08	Tornillos autorroscantes	0,150 kg	1,15	0,17	
mo01	Empleado encargado de montaje y ayudante	0,100 h	18,78	1,88	
%CI	Costes indirectos..(s/total)	0,106 %	3,00	0,32	
	<b>TOTAL PARTIDA</b> .....				<b>10,87</b>
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS				
02.03	CHAPA DE ACERO GALVANIZADO CON 5 GRECAS	m <sup>2</sup>			
	Chapa perfilada de acero galvanizado de 5 grecas (dos laterales y una central más 2 intermedias con un paso entre grecas de 250 mm, para darle mayor resistencia), de 0,8 mm de espesor.				
mt09	Chapa perfilada de acero galvanizado, espesor 0,8 mm	1,100 m <sup>2</sup>	5,39	5,93	
mt10	Tornillo autorroscante de 6,5x70 mm de acero inoxidable, con arandela.	2,000 u	0,50	1,00	
mo01	Empleado encargado de montaje y ayudante	0,100 h	18,78	1,88	
%CD	Costes directos complementarios	0,088 %	0,98	0,09	
	<b>TOTAL PARTIDA</b> .....				<b>8,90</b>
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS				

# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
02.04	<b>ROLLO DE FIBRA DE VIDRIO Y PAPEL IBR 80 mm</b>	u			
	<p>Rollo de aislamiento acústico y térmico no hidrófilo, de 80 mm de espesor, fabricado en lana de vidrio y revestido de papel kraft en una de sus caras, que actúa como barrera de vapor. Perfecto para el aislamiento interno de cubiertas, tabiques, buhardillas y falsos techos, evita la aparición de condensaciones. Es fácil de manipular y colocar, gracias a su formato, sus líneas guía sobre el papel kraft, que facilitan el corte, y la adaptabilidad de la lana de vidrio. Este producto reciclable y sostenible, con una composición en material reciclado superior al 50%, mantiene sus prestaciones inalteradas durante toda la vida útil del edificio, no se degradan con el tiempo. Cubre una superficie máxima de 14,4 m<sup>2</sup>. Medidas: 1,2 x 12 m (ancho x largo).</p>				
mt11	Rollo de fibra de vidrio de 80 mm de espesor	1,000 u	31,99	31,99	
mo01	Empleado encargado de montaje y ayudante	0,100 h	18,78	1,88	
%CD	Costes directos complementarios	0,339 %	0,98	0,33	

**TOTAL PARTIDA..... 34,20**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CUATRO EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

02.05	<b>LAMAS DE ALUMINIO PRELACADO</b>	m <sup>2</sup>			
	<p>Revestimiento decorativo para interior de cubierta con plancha de aluminio lacado color blanco, de 0,8 mm de espesor, cortada a medida, fijada con tornillos de acero galvanizado a la estructura metálica compuesta por corres de acero galvanizado de sección 40x40 mm.</p>				
mt12	Plancha de aluminio lacado color blanco	1,000 m <sup>2</sup>	15,47	15,47	
mt18	Tornillo de acero galvanizado	10,000 u	0,02	0,20	
mo01	Empleado encargado de montaje y ayudante	0,250 h	18,78	4,70	
%CD	Costes directos complementarios	0,204 %	0,98	0,20	

**TOTAL PARTIDA..... 20,57**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTE EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS



# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>04</b>	<b>EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO</b>				
04.01	TUBO DE PVC	m			
	Tubo de PVC para bajantes de aguas pluviales, de sección cuadrada de 40 mm de lado y 2 mm de espesor.				
mt17	Tubo de policloruro de vinilo	1,000 m	2,73	2,73	
mo01	Empleado encargado de montaje y ayudante	0,055 h	18,78	1,03	
%CD	Costes directos complementarios	0,038 %	0,98	0,04	

**TOTAL PARTIDA** ..... **3,80**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>05</b>	<b>ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA</b>				
<b>05.01</b>	<b>ACERO PARA ESTRUCTURA DE PASARELA Y ESCALERA</b>	<b>kg</b>			
	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura de plataforma y escalera, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB, HEM, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.				
mt13	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR	1,000 kg	1,44	1,44	
mq02	Equipo y maquinaria	0,017 h	3,20	0,05	
mo02	Empleado encargado de montaje y ayudante	0,100 h	19,60	1,96	
%CD	Costes directos complementarios	0,035 %	0,98	0,03	
	<b>TOTAL PARTIDA.....</b>				<b>3,48</b>
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS				
<b>05.02</b>	<b>ACERO PARA BARANDILLAS</b>	<b>kg</b>			
	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en barandillas de escalera, rampas, pasarelas y plataformas de trabajo, con piezas simples de perfiles laminados en caliente L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.				
mt14	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR	1,000 kg	1,55	1,55	
mq02	Equipo y maquinaria	0,029 h	3,20	0,09	
mo02	Empleado encargado de montaje y ayudante	0,100 h	19,60	1,96	
%CD	Costes directos complementarios	0,036 %	0,98	0,04	
	<b>TOTAL PARTIDA.....</b>				<b>3,64</b>
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS				
<b>05.03</b>	<b>REJA ELECTROSOLDADA DE ACERO (TRAMEX)</b>	<b>m<sup>2</sup></b>			
	Reja electrosoldada metálica formada por pletina de acero galvanizado (Acero calidad S 235 JR (Norma EN 10025)) de 50x3 mm y varilla separadora de sección circular, formando cuadrícula de 42x23 mm y bastidor con uniones electrosoldadas, montaje mediante anclaje mecánico con tacos de nylon y tornillos de acero.				
mt15	Rejilla electrosoldada de acero S235JR	1,000 m <sup>2</sup>	39,20	39,20	
mt16	Anclaje mecánico con taco de nylon y tornillos de acero	4,000 u	0,29	1,16	
mo02	Empleado encargado de montaje y ayudante	0,300 h	19,60	5,88	
%CD	Costes directos complementarios	0,462 %	0,98	0,45	
	<b>TOTAL PARTIDA.....</b>				<b>46,69</b>
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y SEIS EUROS con SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS				

# CUADRO DE DESCOMPUESTOS

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD UD	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>06</b>	<b>MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN</b>				
06.01	CAMIÓN GRÚA CON BRAZO HIDRÁULICO	h			
	Camión rígido de 3 ejes con grúa autocargante HIAB 37000 con JIB 100X. Altura máxima de trabajo de 28 metros. Capacidad máxima de elevación de 7000 kg. Longitud máxima en horizontal de 24 metros y 500 kg. Dimensiones de la caja: 5,6 metros de caja útil.				
mq01	Camión rígido de 3 ejes con grúa autocargante	1,000 h	52,50	52,50	
%CD	Costes directos complementarios	0,525 %	0,98	0,51	

**TOTAL PARTIDA..... 53,01**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y TRES EUROS con UN CÉNTIMOS

# PRESUPUESTO

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>01</b>	<b>ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO</b>			
01.01	kg ACERO GALVANIZADO PARA ESTRUCTURA MÓDULO Acero galvanizado UNE-EN 10025 S275JR para piezas de sección irregular, secciones rectangulares huecas y secciones cuadradas huecas; conformadas en frío. Acabado final de color azul en vigas longitudinales, transversales, pilares y piezas esquina.	742,30	2,10	1.558,83
<b>TOTAL 01</b> .....				<b>1.558,83</b>

# PRESUPUESTO

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>02</b>	<b>AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO</b>			
02.01	<b>m<sup>2</sup> FACHADA DE PANEL SÁNDWICH, AISLANTE, DE ACERO</b> Paneles sándwich termoacústicos AIS PRT. Caracterizados por su junta simétrica y por estar compuestos por dos chapas de acero prelacado sobre base galvanizada; una exterior personalizable en terminación, colores y perfilados y una interior con o sin micro nervadura, que están adheridas en un proceso de fabricación continua a un núcleo duro de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media 40 kg/m <sup>3</sup> , con sistema de fijación vista mediante machihembrado; permitiendo una unión rápida, estanca y estética varias placas. Paneles de 40 mm de espesor.	68,94	38,48	2.652,81
02.02	<b>m<sup>2</sup> ENTABLADO BASE DE TABLEROS DE AGLOMERADO HIDRÓFUGO</b> Entablado base de tablero hidrofugado de aglomerado de madera de 19 mm de espesor, con revestimiento vinílico de PVC de 2 milímetros de espesor de color marrón. Colocado con fijaciones mecánicas (tornillos autorroscantes).	27,34	10,87	297,19
02.03	<b>m<sup>2</sup> CHAPA DE ACERO GALVANIZADO CON 5 GRECAS</b> Chapa perfilada de acero galvanizado de 5 grecas (dos laterales y una central más 2 intermedias con un paso entre grecas de 250 mm, para darle mayor resistencia), de 0,8 mm de espesor.	28,00	8,90	249,20
02.04	<b>u ROLLO DE FIBRA DE VIDRIO Y PAPEL IBR 80 mm</b> Rollo de aislamiento acústico y térmico no hidrófilo, de 80 mm de espesor, fabricado en lana de vidrio y revestido de papel kraft en una de sus caras, que actúa como barrera de vapor. Perfecto para el aislamiento interno de cubiertas, tabiques, buhardillas y falsos techos, evita la aparición de condensaciones. Es fácil de manipular y colocar, gracias a su formato, sus líneas guía sobre el papel kraft, que facilitan el corte, y la adaptabilidad de la lana de vidrio. Este producto reciclable y sostenible, con una composición en material reciclado superior al 50%, mantiene sus prestaciones inalteradas durante toda la vida útil del edificio, no se degradan con el tiempo. Cubre una superficie máxima de 14,4 m <sup>2</sup> . Medidas: 1,2 x 12 m (ancho x largo).	2,00	34,20	68,40
02.05	<b>m<sup>2</sup> LAMAS DE ALUMINIO PRELACADO</b> Revestimiento decorativo para interior de cubierta con plancha de aluminio lacado color blanco, de 0,8 mm de espesor, cortada a medida, fijada con tornillos de acero galvanizado a la estructura metálica compuesta por corres de acero galvanizado de sección 40x40 mm.	29,14	20,57	599,41
<b>TOTAL 02.....</b>				<b>3.867,01</b>

# PRESUPUESTO

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>03</b>	<b>CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO</b>			
03.01	u VENTANAS EXTERIORES DE PVC Ventana de PVC, dos hojas correderas, dimensiones 750x1000 mm, compuesta de marco, hoja y junquillos, acabado estándar en las dos caras, color blanco, perfiles de 40 mm de anchura, soldados a inglete, que incorporan tres cámaras interiores, tanto en la sección de la hoja como en la del marco, para mejora del aislamiento térmico; galce con pendiente del 5% para facilitar el desagüe; con refuerzos interiores, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m} = 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ; compuesta por marco, hojas, herrajes de colgar y apertura, elementos de estanqueidad y accesorios homologados, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 3, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento.	4,00	172,94	691,76
03.02	u PUERTA EXTERIOR METÁLICA Puertas de acceso metálica con marcos de aluminio termolacado en polvo, y hoja de acero con aislamiento intermedio de espuma de poliuretano (PUR) de densidad media $40 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Acabado en color blanco RAL 9010, cerradura especial con un punto de cierre, premarco y tapajuntas. Dimensiones 800x2000 mm.	2,00	358,19	716,38
<b>TOTAL 03</b> .....				<b>1.408,14</b>

# PRESUPUESTO

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>04</b>	<b>EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO</b>			
04.01	m TUBO DE PVC Tubo de PVC para bajantes de aguas pluviales, de sección cuadrada de 40 mm de lado y 2 mm de espesor.	18,08	3,80	68,70
TOTAL 04.....				<u>68,70</u>

# PRESUPUESTO

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>05</b>	<b>ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA</b>			
05.01	kg ACERO PARA ESTRUCTURA DE PASARELA Y ESCALERA Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura de plataforma y escalera, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB, HEM, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.	841,59	3,48	2.928,73
05.02	kg ACERO PARA BARANDILLAS Acero UNE-EN 10025 S275JR, en barandillas de escalera, rampas, pasarelas y plataformas de trabajo, con piezas simples de perfiles laminados en caliente L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.	45,03	3,64	163,91
05.03	m <sup>2</sup> REJA ELECTROSOLDADA DE ACERO (TRAMEX) Reja electrosoldada metálica formada por pletina de acero galvanizado (Acero calidad S 235 JR (Norma EN 10025)) de 50x3 mm y varilla separadora de sección circular, formando cuadrícula de 42x23 mm y bastidor con uniones electrosoldadas, montaje mediante anclaje mecánico con tacos de nylon y tornillos de acero.	16,65	46,69	777,39
<b>TOTAL 05</b> .....				<b>3.870,03</b>

# PRESUPUESTO

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>06</b>	<b>MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN</b>			
06.01	h CAMIÓN GRÚA CON BRAZO HIDRÁULICO Camión rígido de 3 ejes con grúa autocargante HIAB 37000 con JIB 100X. Altura máxima de trabajo de 28 metros. Capacidad máxima de elevación de 7000 kg. Longitud máxima en horizontal de 24 metros y 500 kg. Dimensiones de la caja: 5,6 metros de caja útil.	2,50	53,01	132,53
	<b>TOTAL 06</b> .....			<b>132,53</b>
	<b>TOTAL</b> .....			<b>10.905,24</b>

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

## MÓDULO PREFABRICADO Y PASARELA CON ESCALERA

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE
01	ESTRUCTURA METÁLICA MÓDULO PREFABRICADO .....	1.558,83
02	AISLAMIENTO MÓDULO PREFABRICADO .....	3.867,01
03	CARPINTERÍAS MÓDULO PREFABRICADO.....	1.408,14
04	EVACUACIÓN DE PLUVIALES MÓDULO PREFABRICADO .....	68,70
05	ESTRUCTURA METÁLICA PASARELA CON ESCALERA .....	3.870,03
06	MAQUINARIA PARA ELEVACIÓN Y COLOCACIÓN.....	132,53
	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>10.905,24</b>
	11,00 % Gastos generales.....	1.199,58
	6,00 % Beneficio industrial.....	654,31
	Suma.....	1.853,89
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA</b>	<b>12.759,13</b>
	21% IVA .....	2.679,42
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>15.438,55</b>

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de QUINCE MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS

, 22 de junio 2021.

Logroño, a 22 de junio de 2021

Autor del presente documento:



Sergio Bravo Fernández