

PatvAc

PSE-380000-2008-3

## Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras

E2.22-23-24-25 (Tarea 2.4) – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## **E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular**

---

### **Objetivo**

El objetivo ha sido desarrollar una estructura modular que sea capaz de soportar un suelo para con ello permitir un desplazamiento horizontal, en un principio el elemento debería contar con la capacidad estructural suficiente para resistir tanto el peso al que esta sometido un pavimento, como las cargas aplicadas, debido al tránsito peatonal.

El diseño de la estructura ha cumplido con todos los requerimientos que impone un proyecto de investigación; con el fin de garantizar la accesibilidad de todas las personas a edificios históricos y sin importar si tienen o no algún tipo de limitación física.

En un principio se estudiaron diversos materiales con los cuales poder llevar a cabo la construcción de la estructura; sin embargo, debido a las condiciones particulares que presentan los edificios de patrimonio, se decidió que la construcción de la estructura modular se llevaría a cabo en materiales compuestos (fibra de vidrio y/o carbono).

Las razones por las cuales se ha escogido este material, radican en las múltiples ventajas que representa, en comparación a otros materiales tradicionales empleados en las mismas aplicaciones. Los materiales compuestos son livianos y flexibles; pero no por ello son poco resistentes ya que cuentan con una resistencia elevada dependiendo del diseño que se realice, lo que brinda posibilidades innumerables a nivel estructural. Una de las posibilidades es la reducir apoyos sobre el suelo, generando de esta forma un menor impacto en el patrimonio. Así mismo, debido a su gran versatilidad, los materiales compuestos pueden adaptarse a cualquier lugar, sin importar su forma.

Teniendo en cuenta que muchas de estas soluciones modulares estarán diseñadas para múltiples usos y añadiendo a esto el medio en cual se implantaran, será necesario que tengan la capacidad de montarse y desmontarse de forma rápida y segura.

### **Perfiles de usuario**

En el planteamiento inicial de una estructura que tuviese la capacidad de soportar un suelo cerámico específico y que a la vez no fuese intrusivo con las características que un proyecto arquitectónico de patrimonio tiene habitualmente, se tuvo desde el principio en cuenta, quienes podrían ser sus potenciales usuarios. La finalidad del proyecto PATRAC consiste en generar accesibilidad integral en los edificios de patrimonio y teniendo en cuenta que estos son visitados por todo tipo de personas, con una variedad de perfiles in-cuantificable, se determino que una de las premisas que la estructura consistiría en tener la capacidad de responder a una accesibilidad sin barreras para nadie.

Somos conscientes que la unión entre patrimonio y accesibilidad, marca completamente las determinantes de un proyecto de esas características, ya que se debe responder a dos frentes que por si solos ya son bastante complejos de abordar, pero que es necesario hacerlo y mas aun si tienen en cuenta las riquezas que España posee a este nivel. Esta riqueza en patrimonio nos ubica como el segundo lugar con mayor cantidad de monumentos y el primero en lugares que son considerados patrimonio de la humanidad.

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular

---

La conservación del patrimonio es uno de los elementos para asegurar una sociedad sostenible, pero no se trata únicamente de asegurar la conservación, si no también de hacerla accesible a cualquier tipo de ciudadano, mas aun si consideramos que *“en términos cuantitativos, España cuenta, actualmente, con una población de 41,8 millones de habitantes, de los cuales 3,5 millones sufre alguna discapacidad permanente, 4,4 millones se encuentran en edad avanzada y 8,1 millones sufren alguna discapacidad o disminución temporal, con lo cual el 40% de la población se enfrenta a barreras de accesibilidad de manera cotidiana. Este número puede ser aún mayor en las próximas décadas, si se considera el envejecimiento de la población que está sufriendo nuestro país”*

Otro de los aspectos valorados para concluir que el perfil de usuario debería ser global se refirió a aspectos económicos, en donde *“el impacto económico del turismo es cada vez más significativo, hoy siendo la mayor industria, que ocupa el 12% del PIB, y la demanda del turismo va aumentando poco a poco gracias al cada vez mayor incremento en calidad y cantidad del turismo cultural.”*

Estos extractos que han sido tomados de la memoria del proyecto, sirven como confirmación de que el desarrollo que se hiciese, debería dar respuesta a cualquier tipo de usuario independientemente de su discapacidad o limitación, sin embargo un informe de la ONU sobre envejecimiento, dice que España será en 2050 el país con más ancianos del mundo, también menciona que para entonces la población de ancianos mundial será aproximadamente el 30% de la población, lo que sin lugar a dudas marca una tendencia a la cual se la debe dar respuesta en todos los aspectos, destacándose el de la accesibilidad.

El patrimonio en términos generales tiene la necesidad de incorporar tanto a los edificios como a sus entornos, tecnologías que permitan hacerlos mas accesibles para toda la población.

El patrimonio es un legado cultural de generaciones anteriores a las actuales, sin embargo en un mundo en constante evolución, los diseños, los materiales, las necesidades e incluso las discapacidades cambian. Por este motivo el gran parque de edificios patrimoniales no cumplen con las normativas actuales en muchos ámbitos, incluido por su puesto el de la accesibilidad. Este aspecto no debe convertirse en un problema, si no en una oportunidad para realizar desarrollos tecnológicos que respetando la arquitectura, el valor histórico y siendo lo menos invasivo posible, consigan acercar la cultura a las personas que con algún tipo de impedimento.

A continuación se muestran fotografías de algunos de lugares que se han tenido en cuenta para el diseño de la estructura. Las características detectadas en cada caso, permitían identificar parámetros con los que la estructura debería contar para tener la capacidad de responder la forma mas adecuada, a las diferentes tipologías de suelos que se encuentran en el patrimonio histórico.

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



En las dos fotografías anteriores se muestra una tendencia de los suelos históricos, y consiste en su construcción en piedra, la cual con el paso de los años, empieza a generar problemas para el desplazamiento de las personas con algún tipo de impedimento. Una de las principales características que se presenta en este tipo de suelos es rugosidad.



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



Otra de las dificultades que se encuentran en suelos de patrimonio y sobre todo en monumentos rehabilitados, consiste en superficies bastante lisas, las cuales pueden convertirse en resbalosas, además de limitar las referencias en el desplazamiento para algunos tipos de discapacidades.

La presencia de acumulaciones de agua sobre superficies en especial exteriores puede convertirse en un obstáculo.

Nunca debemos olvidar que los diseños que realicemos deberán tener la capacidad de adaptarse, ser funcionales, seguros e intuitivos para cualquier tipo de usuarios.



### Características de la estructura

Principales características que se han buscado en la estructura modular:

- Mínimo impacto en el entorno

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular

- Reducir apoyos sobre el suelo
- Tener mayor adaptabilidad a la forma.
- Tener peso reducido
- Resistencia elevada

Con el fin de desarrollar la estructura modular de la mejor manera, Durante el proyecto se llevaron a cabo análisis de los parámetros de accesibilidad y seguridad que deben tenerse en cuenta, en el diseño estructural. Estos análisis han sido realizad por el IBV.

Según los trabajos realizados por el IBV, se establecieron claramente las características que se deben tener en cuenta desde el punto de vista estético, funcional, de accesibilidad y de seguridad.

Desde Acciona se ha realizaron valoraciones de los aspectos que se deben tener en cuenta a nivel estructural y para ello se ha empleado como punto de partida las evaluaciones realizadas por el IBV. De estos análisis, de las aportaciones realizadas por el AZTECA y de los estudios realizados por parte de ACCIONA se obtuvieron las siguientes conclusiones.

Desde el punto de vista estructural se determinaron que los siguientes aspectos se deberían tener en cuenta durante el proyecto:

Estabilidad, Resistencia, Fabricación, Versatilidad, Durabilidad, Accesibilidad, Economía y Limitación del impacto

- El elemento estructural debe cumplir con los estándares establecidos que garanticen la estabilidad de los componentes y de los usuarios, no deberá presentar movimientos ni sensación del mismo, lo que se vera reflejado en la seguridad que sienta la gente al caminar sobre el suelo.
- La estructura deberá tener la resistencia necesaria para poder soportar las cargas del suelo y de los usuarios bajo condiciones normales y específicas, como podrían ser personas en sillas de ruedas, etc.
- La fabricación de la estructura deberá ser de fácil elaboración, lo que hace que el proyecto sea viable.
- El elemento deberá ser versátil, lo que permitirá una fácil instalación y desinstalación de la totalidad de la misma, lo que genera flexibilidad y aumenta las posibilidades de funcionar en entornos a los que esta dirigido
- Los materiales con los que se proyecte el diseño deberán tener la suficiente durabilidad como para resistir el paso del tiempo y las inclemencias climáticas.

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular

- La estructura debe permitir una fácil accesibilidad para la adecuación de instalaciones de diferentes tipos.
- La principal característica que se ha querido marcar desde Acciona en este proyecto, es limitar el impacto de la estructura sobre el suelo en el que se realice instalación de la plataforma, ya que hay que considerar que serán suelos en lugares de conservación, los cuales tienen un valor histórico y cultural.

De los análisis anteriores se sacaron varias conclusiones, entre las cuales se determinó que, el material que se empleara debería ser altamente resistente y ligero, la resistencia le permitiría soportar las cargas, y la ligereza serviría para hacer que la estructura fuese versátil y de fácil instalación y desinstalación. El material seleccionado para la fabricación debería ser resistente al cambio de las condiciones climáticas y al paso del tiempo. Todo lo anterior nos condujo a la conclusión de que los materiales con las mejores características para esta función eran los materiales compuestos ya sean fibras de vidrio o de carbono.

### Normativa

A continuación, según los estudios realizados por el IBV, se mencionan las diferentes normativas que se han tenido en cuenta para el cálculo de la estructura.

- Documento Básico de Seguridad Estructural (DB SE).
- Documento Básico de Seguridad Estructural: Acciones en Edificación (DB SE-AE).
- UNE-EN 12825-2002
- UNE 41953:1997. Pavimentos elevados registrables. Instalación y mantenimiento.
- UNE-EN 1366-6:2005. Ensayos de resistencia al fuego de instalaciones de servicio.
- UNE-EN-ISO 10.545 Determinación de la resistencia a flexión y a la carga de rotura.
- UNE-EN 12183:1999. Sillas de ruedas de propulsión manual. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN 12184:1999. Sillas de ruedas con motor eléctrico, escúters y sus cargadores.
- ISO 7176. Sillas de ruedas.

### Materiales Compuestos

Una vez seleccionado el tipo de material con el cual elaborar la estructura, se ha realizado una descripción de los materiales compuestos.

Un material compuesto se define como la unión de dos o más materiales físicamente distintos y separables mecánicamente, en donde la mezcla se hace de tal forma, que la dispersión de un material en el otro pueda hacerse de manera controlada para alcanzar unas propiedades óptimas, obteniendo como resultado un nuevo material con propiedades superiores, y posiblemente únicas en algún aspecto específico, en comparación con los componentes originales por separado.

Los materiales compuestos que se utilizan en la construcción esta formada dos elementos principales: fibra y matriz. La combinación adecuada de estos componentes origina unos materiales con mejores propiedades que las partes que lo componen por separado. Además de

## **E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular**

---

fibra y matriz existen otros componentes como cargas y aditivos que dotan a los materiales compuestos de características peculiares para cada tipo de fabricación y aplicación.

La fibra es el componente de refuerzo del material compuesto. Aporta resistencia mecánica, rigidez y dureza y va a ser determinante para obtener las principales propiedades mecánicas. Las características más sobresalientes de las fibras de los materiales compuestos son su resistencia específica y su elevado módulo específico.

Las principales tipos de fibras que se utilizan son la fibra de carbono, vidrio, aramida y las principales matrices son poliéster, vinilester, fenólicas y epoxi.

La mayor parte de estos materiales tienen un comportamiento completamente elástico. Esta característica no impide que el comportamiento de la estructura sea dúctil mediante un diseño adecuado, un ejemplo claro de este fenómeno es el diseño del puente construido en la Autovía del Cantábrico en Asturias, fabricado en fibra de carbono con un comportamiento dúctil hasta rotura.

La fibra de carbono se obtiene a partir de una fibra “precursora”, generalmente el PAN (poliacrilonitrilo), que es sometida a diferentes procedimientos de transformación: estirado (orientación), oxidación, carbonización y grafitización. Pueden obtenerse dos tipos de fibra: fibras HR (alta resistencia) o HM (alto módulo). Se distinguen por sus características específicas elevadas.

Particularmente, las fibras HM tienen un módulo específico 70 veces superior al de las aleaciones de aluminio. Tienen también un coeficiente de dilatación muy bajo, lo que permite una gran estabilidad dimensional a las estructuras y una conductividad térmica elevada.

Estas fibras tienen unas resistencias muy elevadas tanto a tracción a compresión, es un material inerte y no le afecta el ambiente corrosivo ni ácido.

La fibra de vidrio presenta las siguientes ventajas: resistencia mecánica, características eléctricas buenas, incombustibilidad, estabilidad dimensional, imputrescibilidad (es insensible a la acción de los roedores y de los insectos), incombustible (no propaga la llama ni origina con el calor humos ni toxicidad), es aislante eléctrico incluso en pequeños espesores, tiene buena permeabilidad dieléctrica, permeable a las ondas electromagnéticas y débil conductividad térmica.

Respecto a las matrices, las resinas más usuales que se utilizan en construcción son las de poliéster, vinilester, fenólicas y epoxi. Dentro de esta clases de resinas existente una gran cantidad de variantes.

Su principal función es mantener embebidas a todas las fibras que forman el compuesto y transmitir los esfuerzos entre ellas.

### **Sistemas de fabricación**

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular

---

**Spray lay-up:** La fibra se corta en una pistola de mano que se proyecta junto con la resina catalizada directamente sobre el molde. Los materiales depositados se dejan curar bajo condiciones atmosféricas normales.

**Wet lay-up / Hand lay-up:** Se impregnan las resinas a mano en las fibras que están sobre el molde en forma de tejido, cosido o pegado. Normalmente se extiende con brocha, rodillo o impregnadora, con un uso creciente rodillos tipo impregnador para presionar la resina sobre los tejidos por medio de la rotación de los rodillos y el baño de resina. Los laminados se dejan curar bajo condiciones atmosféricas normales.

**Vacuum Bagging:** Consiste básicamente una extensión del proceso lay-up en húmedo descrito, donde se aplica presión al laminado una vez extendido para mejorar su consolidación. Esto se logra sellando una película de plástico encima del laminado y sobre la herramienta. El aire bajo la bolsa se extrae con una bomba de vacío y así a una atmósfera de presión se consolida el laminado.

**Filament winding:** Este proceso se utiliza fundamentalmente para secciones huecas, generalmente circulares u ovales, tales como tuberías o tanques. Las fibras se hacen pasar a través de un baño de resina antes de ser enrolladas alrededor de un mandril en gran variedad de orientaciones, controladas por el mecanismo de alimentación de fibras, y la rotación del mandril.

**Pultrusion:** Se tira de las fibras con un baño de resina a través de un molde y a través de un troquel calefactado. El troquel completa la impregnación de la fibra, controla el volumen de la resina y cura el material hasta su forma final cuando atraviesa el troquel. El perfil curado se corta entonces automáticamente a la longitud requerida. También pueden introducirse tejidos en el troquel para proporcionar una dirección de fibra diferente a 0°. La pultrusión es un proceso continuo, que produce un perfil de sección constante que no permite introducir variaciones en la sección transversal.

Un laminado de material compuesto consiste en una serie de pliegues de tela de fibras de vidrio o carbono, impregnadas con resina epoxi que, al endurecer, forma una placa rígida de gran resistencia. Dichos pliegues están formados por diferentes tejidos (unidireccional, equilibrado, mat, etc.)

Sus principales ventajas son su alta resistencia y rigidez estructural, bajo peso específico, capacidad para conseguir cualquier forma deseada, resistencia frente agentes contaminantes externos y facilidad de instalación. Otras características ventajosas son la de ofrecer mayor seguridad, economía y funcionalidad de las estructuras, satisfaciendo las necesidades comunes de la sociedad, manteniendo y mejorando el nivel de vida de las personas.

Además de las ventajas estructurales y logísticas que tienen estos materiales, existen otras ventajas de tipo arquitectónico, se tiene la posibilidad de escoger el color de la estructura entre una gran variedad, se puede seleccionar la textura superficial (lisa, ondulada, rugosas etc.)

El comportamiento de estos materiales frente a los esfuerzos repetidos, esta totalmente demostrado por los ensayos realizados y la bibliografía existente. Como ejemplo claro de este

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular

concepto están las palas de los aerogeneradores, las cuales se fabrican en fibra de vidrio y carbono dependiendo de su longitud.



Desde la creación del centro tecnológico de I+D+i en 1994 se han venido incorporando varias tecnologías para la manufactura de piezas estructurales y no estructurales en materiales compuestos.

### **La Estructura**

#### **Funcionamiento**

La primera intención de estructura de soporte del suelo se componía de tres partes:

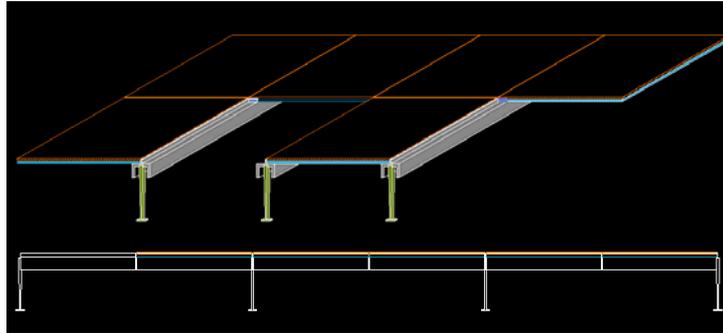
**Viguetas:** sobre estas se apoyarían las baldosas en dos (2) de sus lados y serían de materiales compuestos.

**Separadores:** en esta pieza se planteaba una dilatación entre los dos lados de la vigueta, esta dilatación tendría cuatro 4 milímetros, tal y como estaba establecido por las características establecidas por AZTECA.

**Apoyos:** los apoyos serían los que tradicionalmente se emplean para apoyar suelos técnicos, sin embargo los apoyos seleccionados serán los de mayor resistencia. La vigueta se apoyaría sobre estos y estos sobre el suelo pero con la correspondiente reducción de apoyos.

A continuación se muestran varias imágenes del conjunto estructural. En la sección se indica como se reducen los apoyos y por ende el impacto sobre el suelo protegido.

**E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular**



Para el cálculo de la estructura del pavimento sobreelevado se tuvieron en cuenta diferentes cargas.

**Propiedades Mecánicas y Cálculo de la Estructura**

Las propiedades mecánicas de los materiales considerados – Fibra de Carbono + Matriz epoxica - son las siguientes: (Tab. 1a – 1b, materiales componentes y Tab. 2, laminados):

Propiedades de los materiales:

Fibras

Tab. 1a

Elemento	E1f (GPa)	E2f (GPa)	$\nu_{12f}$	G12f (GPa)	Orientación (°)	Gramaje (g/Kg)
Fibra de vidrio (FV)	73	73	0,22	29,92	$\pm 45$	936
Fibra de carbono (FC)	223	223	0,2	92,92	$\pm 45 - 0/90$	636

Matriz Epoxi-Thermoset

Tab. 1b

Elemento	Em (GPa)	$\nu_m$	G12m (GPa)
Epoxi	2,2	0,38	0,80

Propiedades del laminado

Tab. 1, Propiedades mecánicas del laminado utilizado para los cálculos.

**E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular**

Vf	0.4
Ex (GPa)	18.67
Ey (GPa)	18.67
Gxy (GPa)	2.515
$\nu_{xy}$	0.146
$\rho$ (Kg/m3)	1760
X (GPa)(Tracción)	0.2612
X* (GPa)(Compresión)	0.1500
Y (GPa)( Tracción)	0.2612
Y* (GPa)( Compresión)	0.1500
S (GPa)(Cortante)	0.044

**Dimensiones Y Geometría**

Geometría

La baldosa considerada tiene una dimensión de 440 x 440 mm y un peso de  $7.1 \pm 0.1$  Kg. (Fig.1)

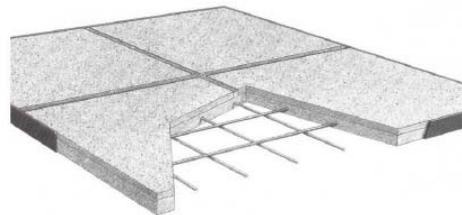


Fig. 1, Baldosa considerada para el análisis estructural.

Acciones y Análisis estructural Inicial.

Sobre carga sobre baldosas: 4 KN/ m2

Peso propio materiales: 0.5 KN/m2

Carga puntual: 9 KN

**Descripción Del Sistema Soporte**

Sistema propuesto a base de materiales compuestos:

El sistema de suelo técnico propuesto consiste en perfiles de baja deformabilidad de materiales compuestos (Fibra de vidrio + fibra de carbono), sistema de tornillos graduables (peanas que permite graduar la altura deseada) y la baldosa de cerámica + laminado de alta presión (HPL)



Fig. 2, Configuración sistema de viguetas, soporte de las baldosas

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular

Los perfiles conforman un sistema de viguetas longitudinales, los cuales van sujetos bien en sentido transversal o bien en sentido diagonal (Fig. 2) según sea el caso y la necesidad estructural (el sistema puede variar según la configuración y geometría del suelo a ser aplicado), su sección transversal es un rectángulo abierto en la parte inferior, posee un separador de baldosa en la parte superior a manera de junta intermedia (Fig. 3 y 4).

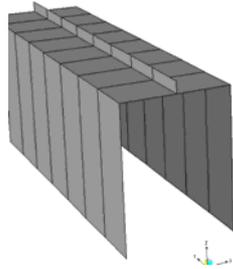


Fig. 3, Vista de la vigueta, soporte de las baldosas baldosas

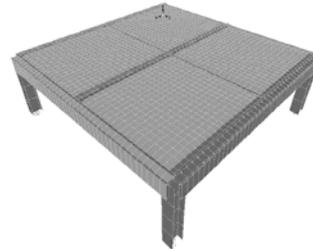


Fig. 4, Configuración sistema de viguetas + baldosas

### Análisis De Cargas

El análisis se realizó en dos fases, primero se hizo el diseño a flexión y a cortadura, luego se realizó un análisis a cargas críticas de pandeo.

#### A Flexión

Para el diseño a flexión se han utilizado fibras de carbono UD + 0/90 en el sentido longitudinal de la viga, (Fig. 5).

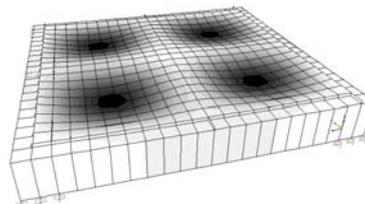


Fig. 5, Zonas de deflexión en el sistema de piso.

#### A Cortante

Para este diseño se utiliza fibra de carbono con fibras orientadas  $\pm 45^\circ$ .

### Cargas Críticas

Las cargas críticas de pandeo, para los perfiles, se calculan de acuerdo a la formulación propuesta según el documento "Buckling Behavior of Long Anisotropic Plates Subjected to Combined Loads; Michael P. Nemeth; NASA Langley Research Center", además para efectos de corroboración se realiza un modelo para cada caso mediante un software para elementos finitos, SAP2000 (Fig. 6).

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular

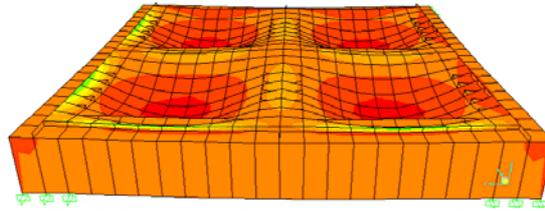


Fig. 6, Zonas de esfuerzos en el sistema de piso

### Conclusiones

Se ha encontrado que la geometría óptima para la sección de la vigueta es de 120 mm de canto x 88 mm de ancho + 10 mm de altura de la junta y un espesor de 6 mm (Fig. 7).

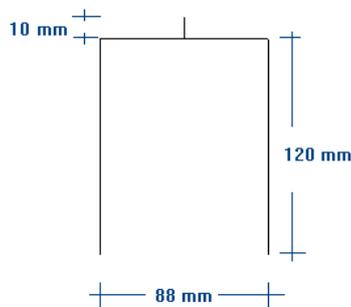


Fig. 7, Sección transversal de la vigueta en materiales compuestos

Las cargas críticas de pandeo, para las viguetas están dentro de los límites admisibles del material, 195 MPa a tracción.

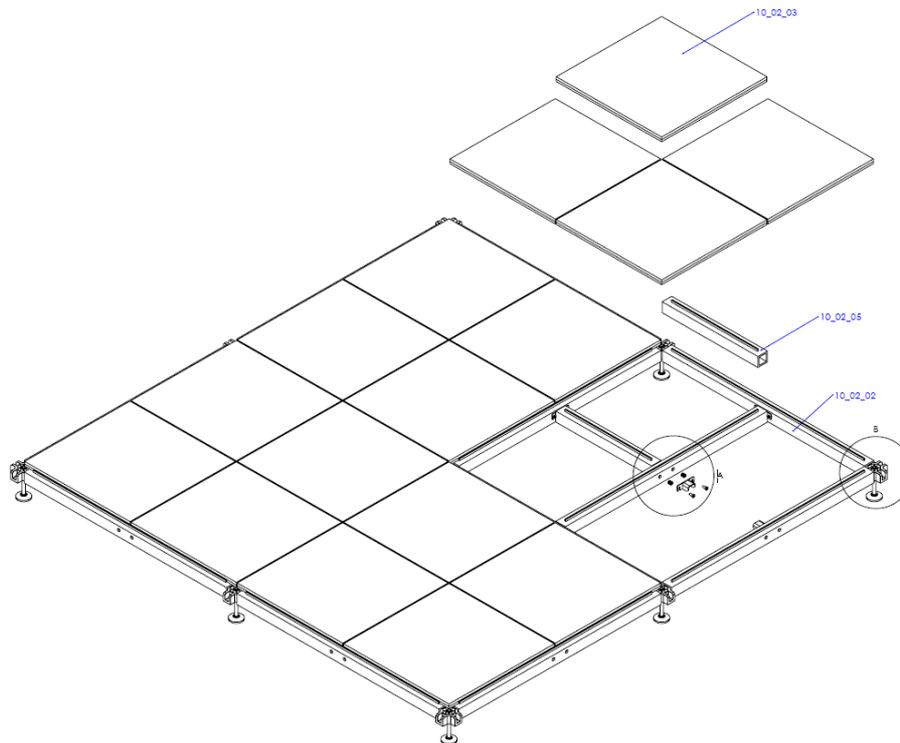
El sistema de conexión entre viguetas se ha realizado con tornillos, dado que permite un mejor y más rápido ensamblaje de las piezas que conforman el sistema de soporte.

### Diseño de las piezas

Paralelamente al cálculo estructural se trabajó sobre el diseño de las piezas teniendo como resultado de esto la configuración exacta de cada componente.

En el siguiente gráfico se muestra un despiece de la estructura.

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular

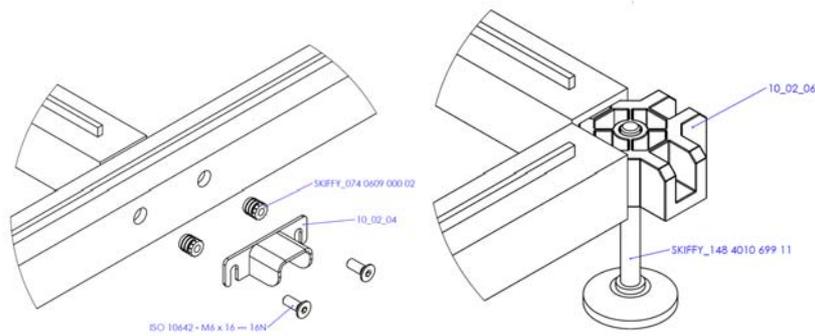
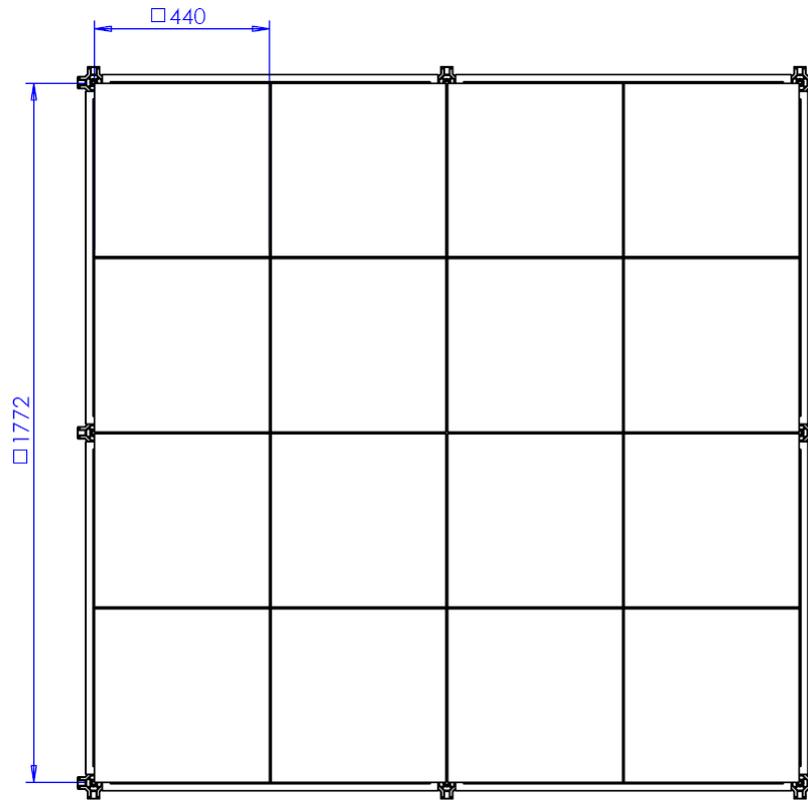


Como se muestra en la imagen, el sistema estructural está compuesto por diferentes elementos. Estos elementos en su mayor parte están fabricados con materiales compuestos, sin embargo fue necesario incorporar otro tipo de materiales, para que por un lado facilitaran la articulación de las diferentes partes y por otro dinamizaran el diseño y el proceso constructivo.

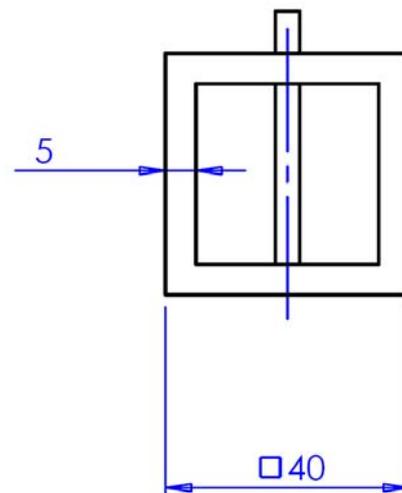
A continuación se muestran planos detallados tanto de todo el prototipo de estructura como de cada una de las partes que la componen.

### 1. Vista en planta del prototipo

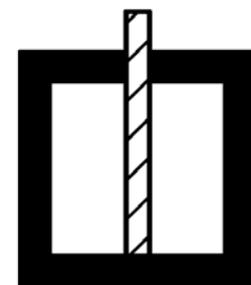
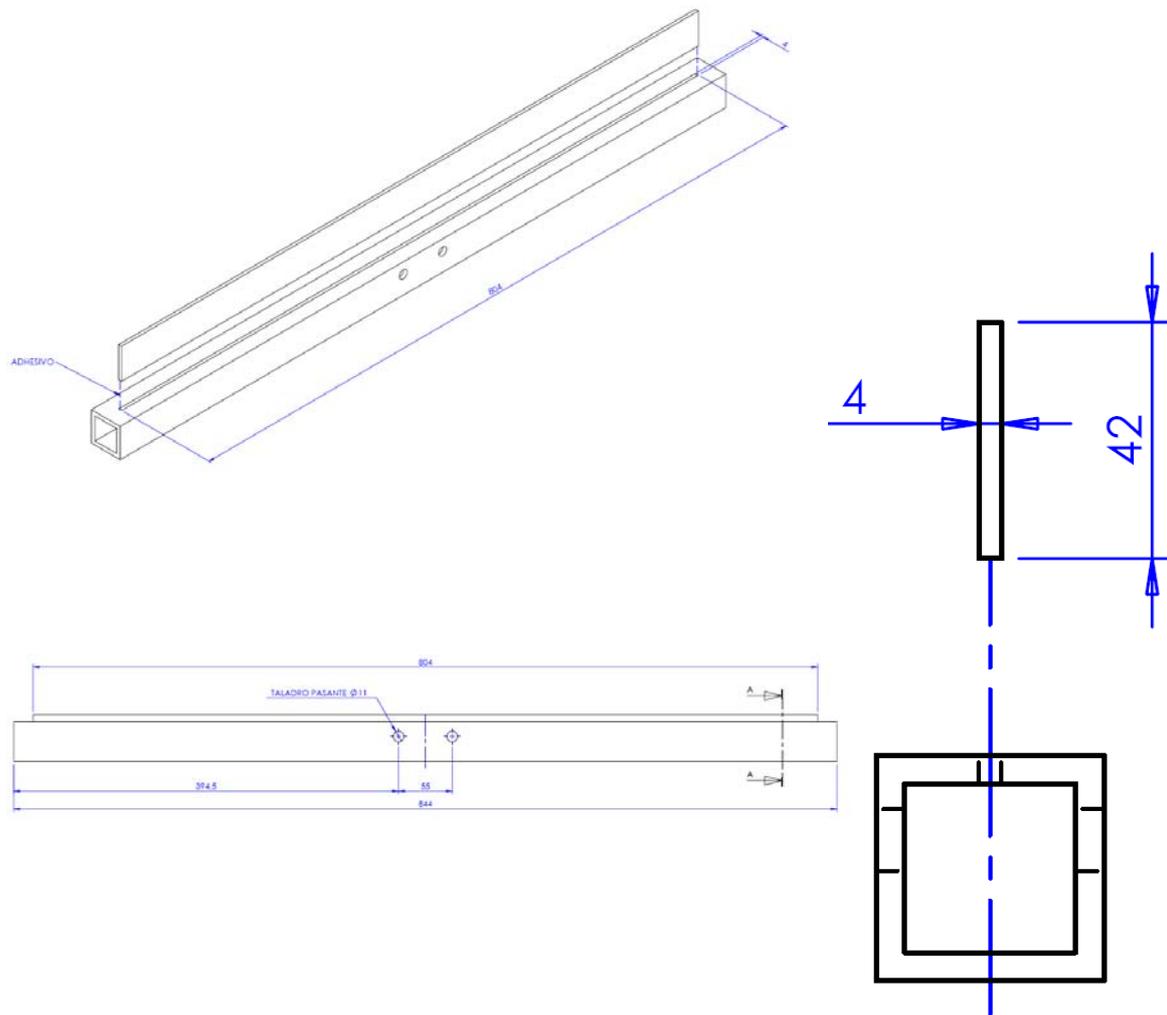
## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



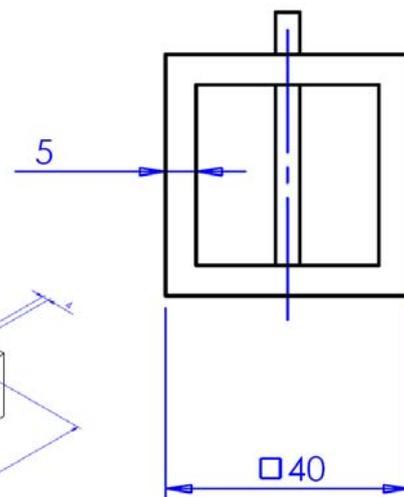
### Elemento Transversal de 844 mm



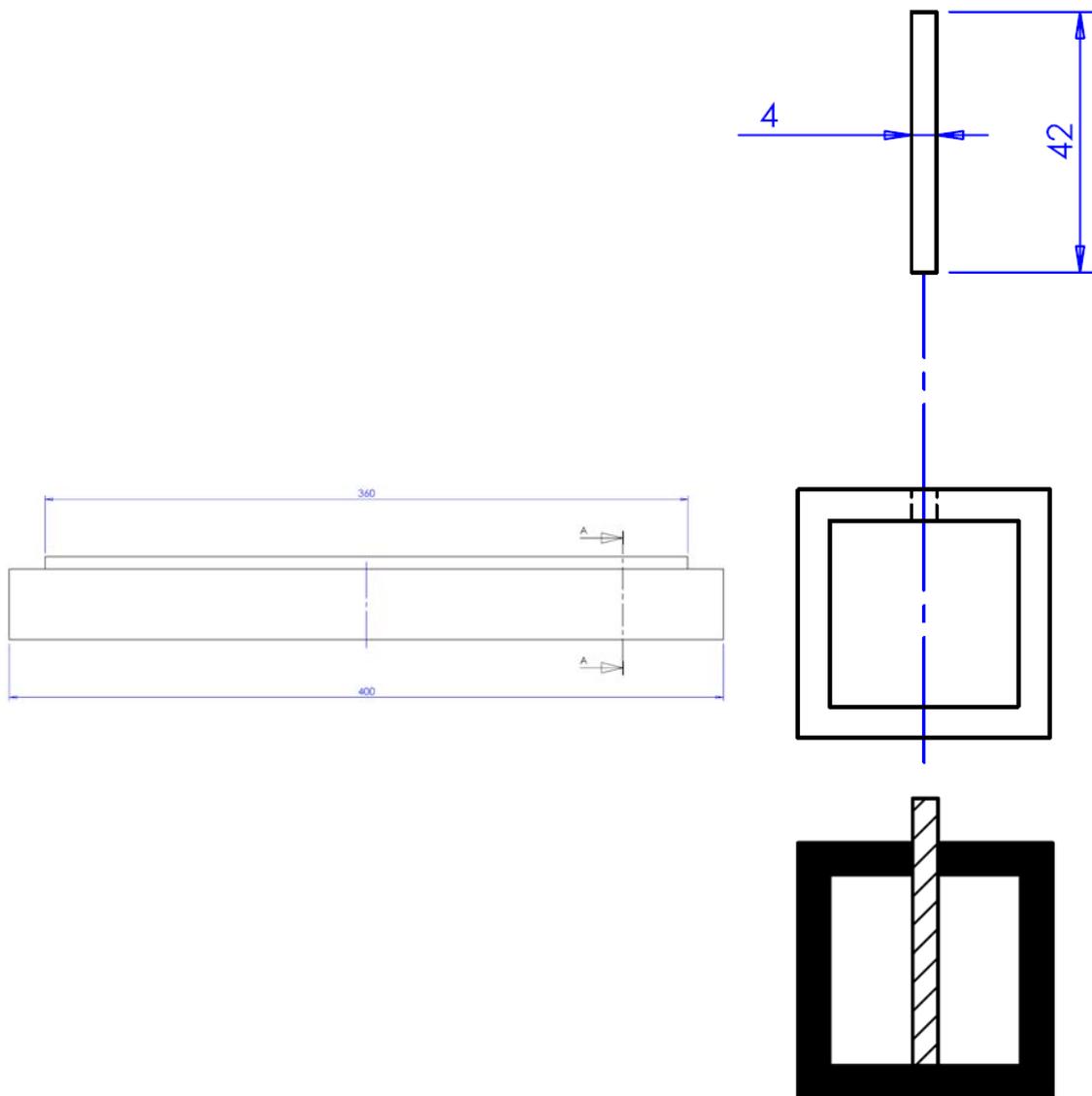
## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



Elemento Transversal de 400 mm

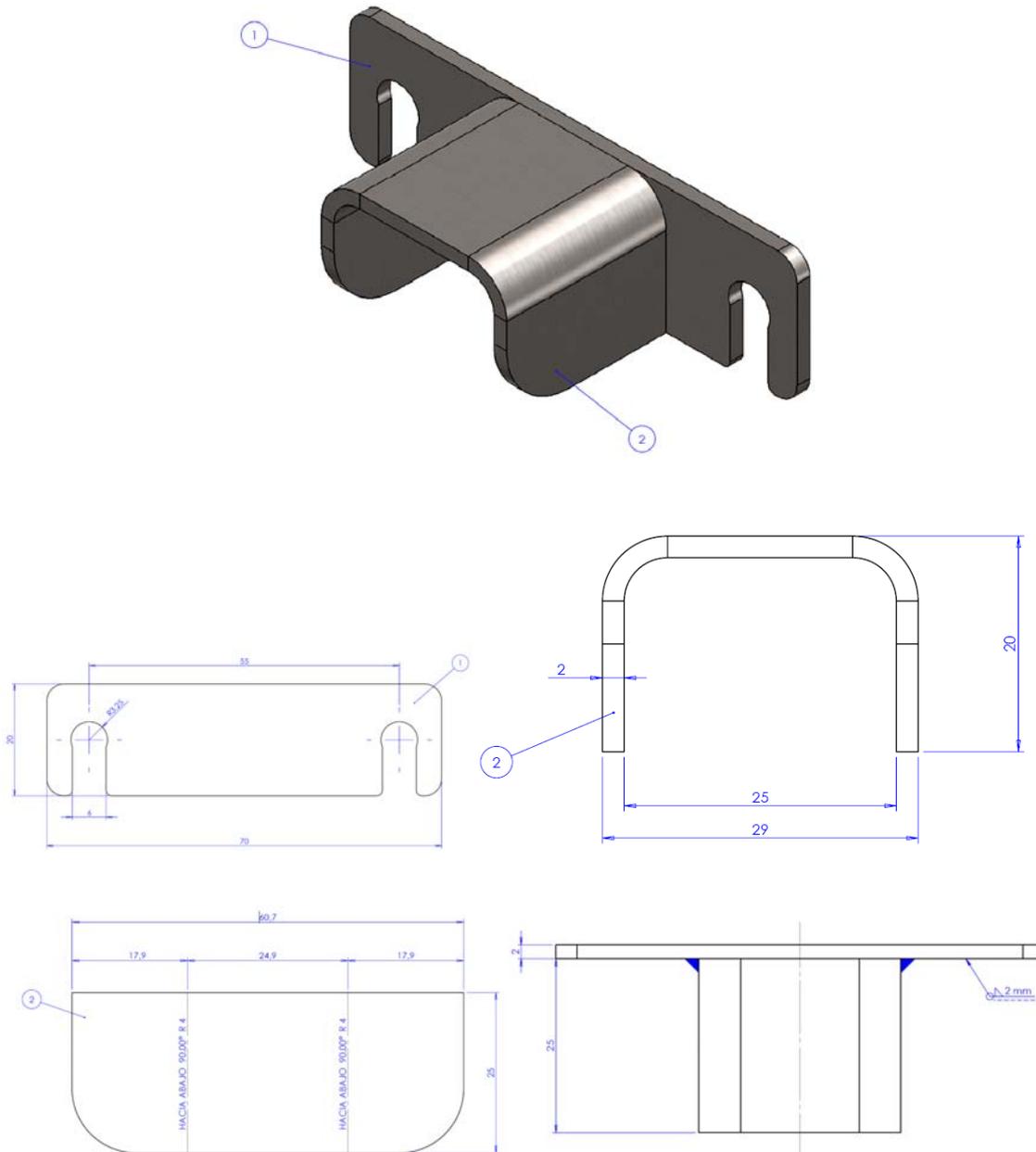


**E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular**



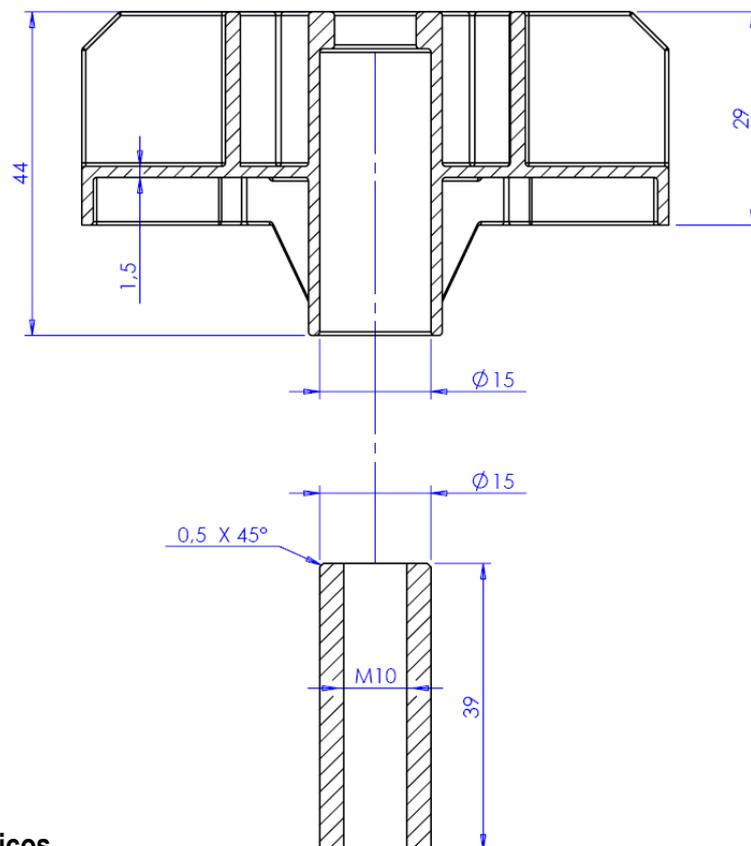
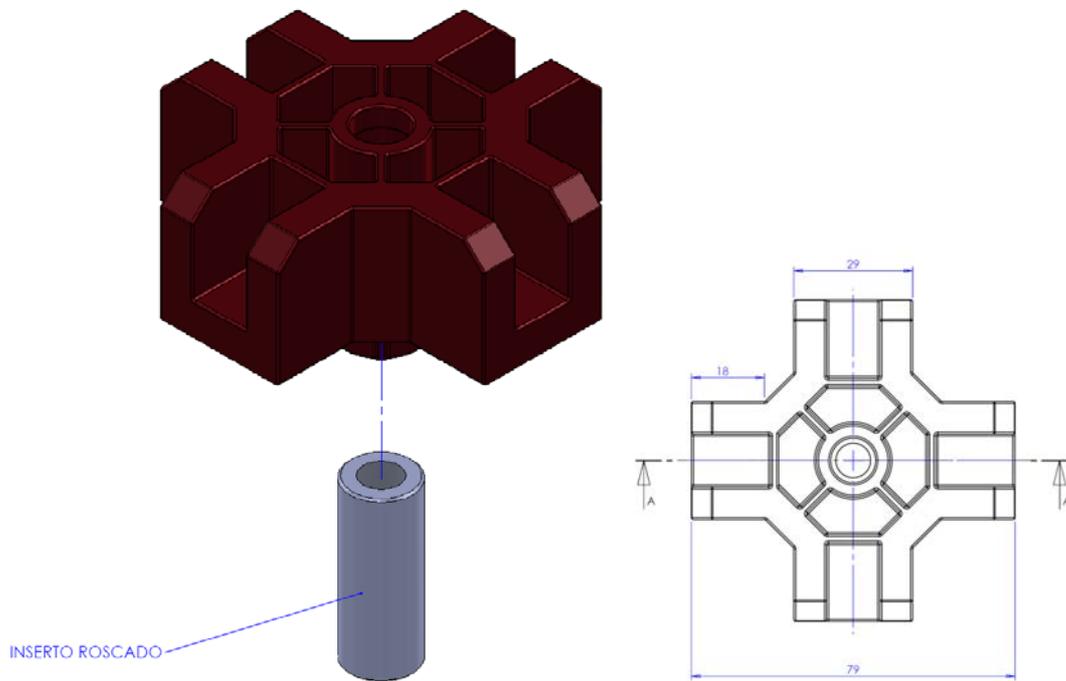
**Vista 3D, plantas y alzados de elemento metálico de soporte de elementos transversales**

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



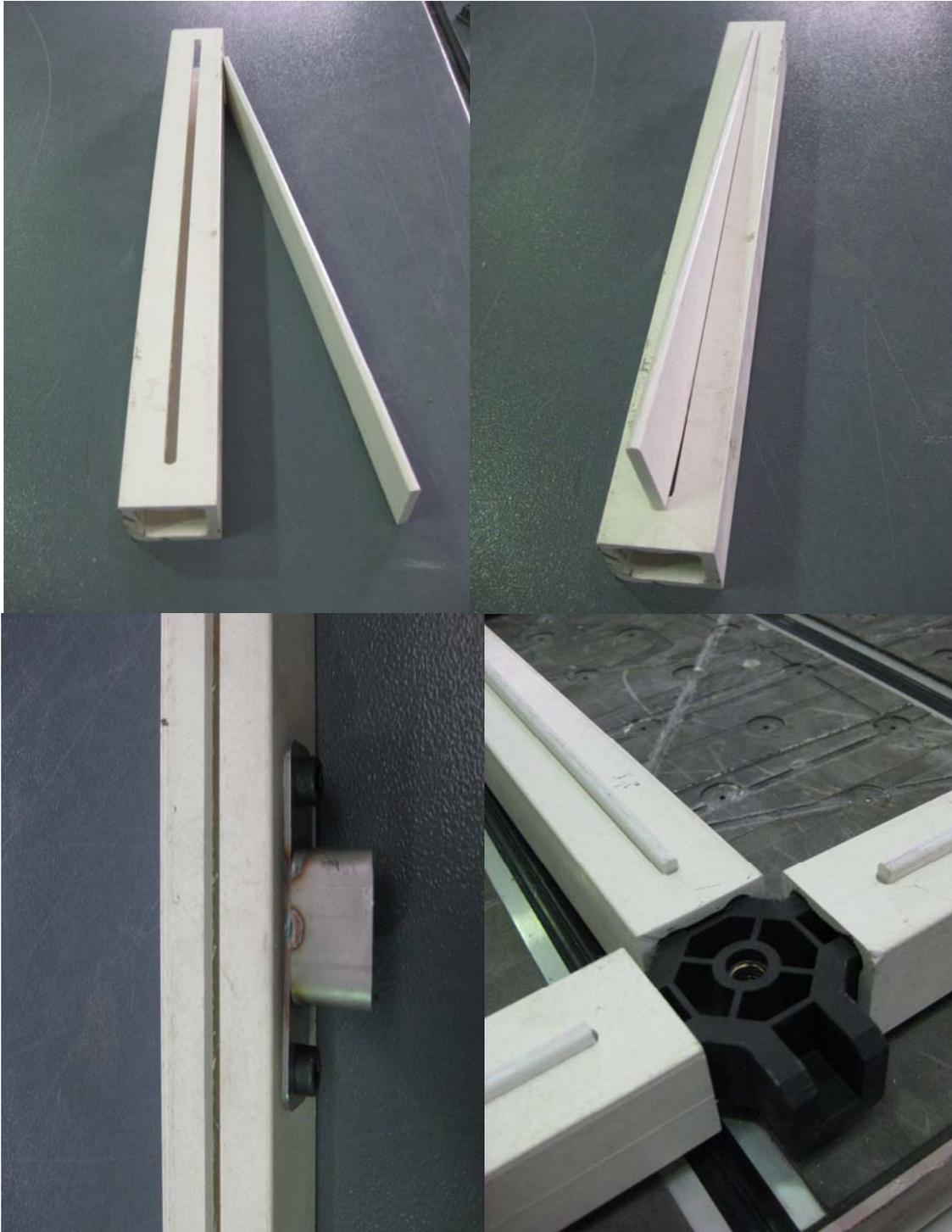
Vista 3D, Plantas y Secciones de Elemento Articulador

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



Detalles fotográficos

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular

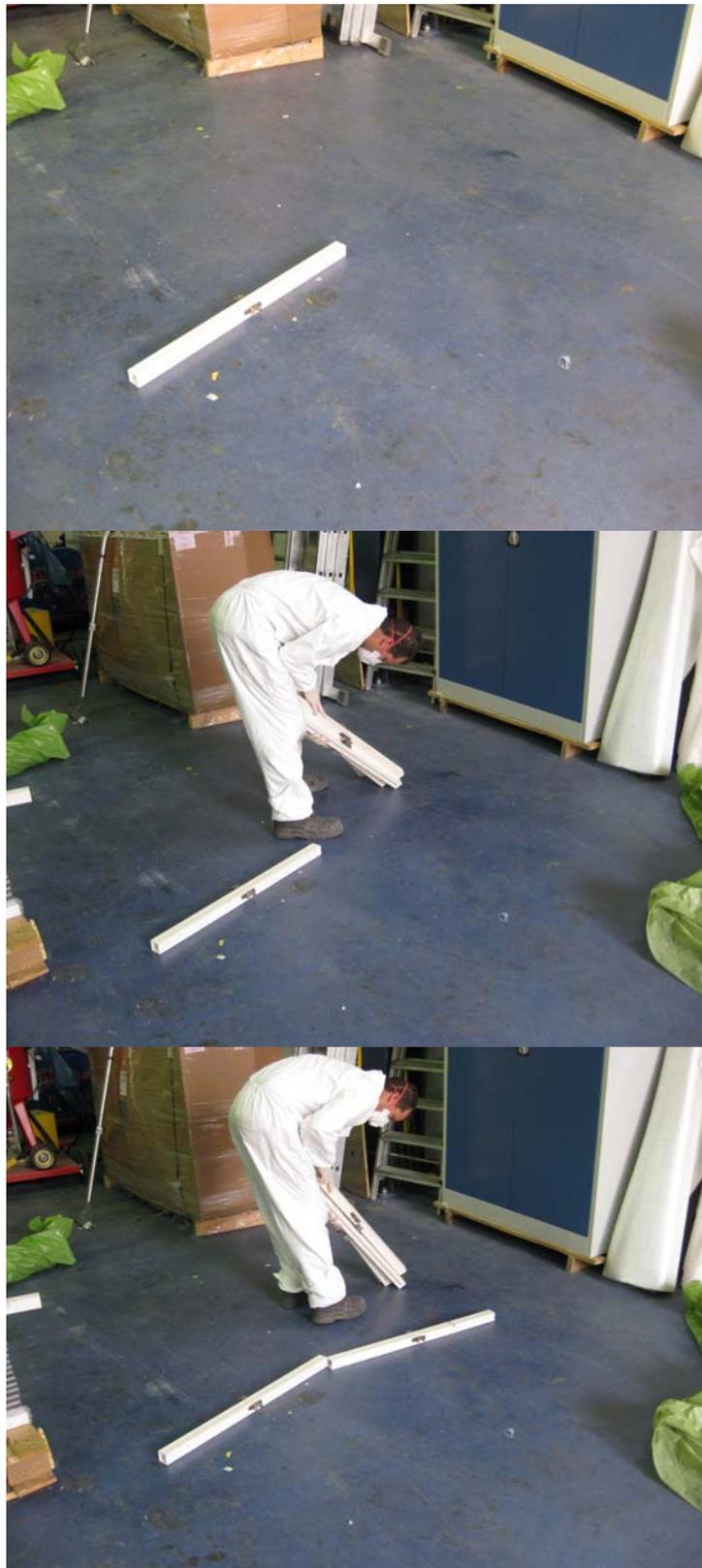


A continuación se muestra todo el proceso constructivo de la estructura en el que se puede percibir la facilidad de instalación y la reducción de apoyos.

**E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular**

---

## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular



## E2.22-23-24-25 – Estudios de aplicabilidad, viabilidad y validación del prototipo de estructura modular





### Conclusiones generales

El resultado del funcionamiento de la estructura es bastante satisfactorio, sin embargo durante el proceso de fabricación se fueron detectando errores de diseño que se fueron subsanando en el proceso.

Otra de las conclusiones del proceso constructivo y la fabricación de la estructura, es que una vez construida esta, ha sido posible detectar diferentes posibilidades de mejorar el diseño, funcionamiento y proceso constructivo, con estos trabajos se pretende empezar una vez concluya el proyecto.

Teniendo en cuenta que la estructura tiene la capacidad de reducir los apoyos entre un 40 y un 60%, se han visto diferentes posibilidades de aplicación tanto a nivel de patrimonio como de rehabilitación de edificios, sirviendo de apoyo de suelos tanto interiores, exteriores y cubierta.