



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

Julio 2014

*Modalidad:*  
*Desarrollo de Proyectos Técnicos de Construcción*

Director académico, FRANCISCO JAVIER SANCHIS SAMPEDRO  
Codirector académico, JOSÉ MIGUEL MOLINES CANO

**NURIA MAGRANER PERIS**

PROYECTO Y EJECUCIÓN DE ESTRUCTURA LIGERA  
DISEÑADA A PARTIR DE **CURVAS PARABÓLICAS**



*Quiero agradecer a todos aquellos que han formado parte de mi formación en el ámbito académico, pero en especial a mi tutor de TFG, Paco Sanchis Sampedro, quien con su clase de geometría descriptiva abrió mi ciclo universitario y es quien ahora me ha ayudado a cerrarlo. Y esto ha sido posible con la colaboración de Josemi Molines Cano, uno de mis descubrimientos en la ETSIE, gracias a los dos.*

*Gracias a ese grupo de ap.b. con quienes tantos momentos he vivido: nervios, miradas cómplices durante los exámenes... Pero sobretodo, las numerosas historias compartidas, que cuando las recuerdas, siempre te dibujan una sonrisa. Gracias por estos años inolvidables. Y deciros que no os preocupéis, siempre quedará nuestro "almuerzo obrero".*

*Gracias a los de casa. Los que puertas adentro sufren tu día a día. Son quienes pase lo que pase van a estar a tu lado, siendo el muelle para coger impulso y seguir con lo que te propongas.*

**GRACIAS**



## RESUMEN (ESPAÑOL)

---

El presente Trabajo Final de Grado consiste en el diseño de una estructura ligera para cubrir parte del patio interior de la ETSIE, Universidad Politécnica de Valencia. El proyecto se enmarca dentro de las atribuciones profesionales que establece la LOE para los arquitectos técnicos.

A partir de un diseño funcional y estético basado en una estructura parabólica como estructura principal, se disponen unas vigas rectas de madera laminada, que serán sobre las que se colocara la cubierta de policarbonato alveolar a modo de cubierta.

Se ha llevado a cabo su desarrollo gráfico, justificando su diseño desde el punto de vista geométrico, así como su materialización constructiva. Se realiza el cálculo estructural de las posibles hipótesis de carga sobre la misma, con el fin de realizar el dimensionamiento de cada uno de los elementos y por tanto, garantizar su estabilidad estructural, además de valorar su coste de construcción.

En conclusión, se ha diseñado un proyecto que cubre las necesidades y objetivos planteados al inicio de la propuesta, gracias a la definición de la propuesta elegida mediante la planimetría, el cálculo estructural y la valoración de sus costes, todo ello cumpliendo con la normativa que le es de aplicación.

### PALABRAS CLAVE

PARÁBOLA  
ESTRUCTURA LIGERA  
MADERA  
PATIO ETSIE

## ABSTRACT (ENGLISH)

---

This Final Degree Project, consists of the design of a light structure in order to cover a side of the ETSIE's interior courtyard at the Polytechnic University of Valencia. The project will be fitted into the professional attributes that the LOE establishes for the technical architects.

From a functional and aesthetic design, based on a parabolic structure as the main structure, straight laminated wood-based joist will be erected between each two parabolas. The joists will be covered by alveolar polycarbonate to provide protection against the elements.

The structure has been graphically developed, justifying its design from a geometrical as well as its constructive viewpoint. Structural analysis of possible load hypothesis on itself has been done in order to carry out the sizing of each part and therefore ensuring its structural stability and rating its cost of construction.

In conclusion, it has been designed as a project that meets the needs and the raised objectives at the beginning of the proposal thanks to the definition of the chosen tender by the planimetry, the structural analysis and the rating of its costs, all of these complying with the rules in force at the time.

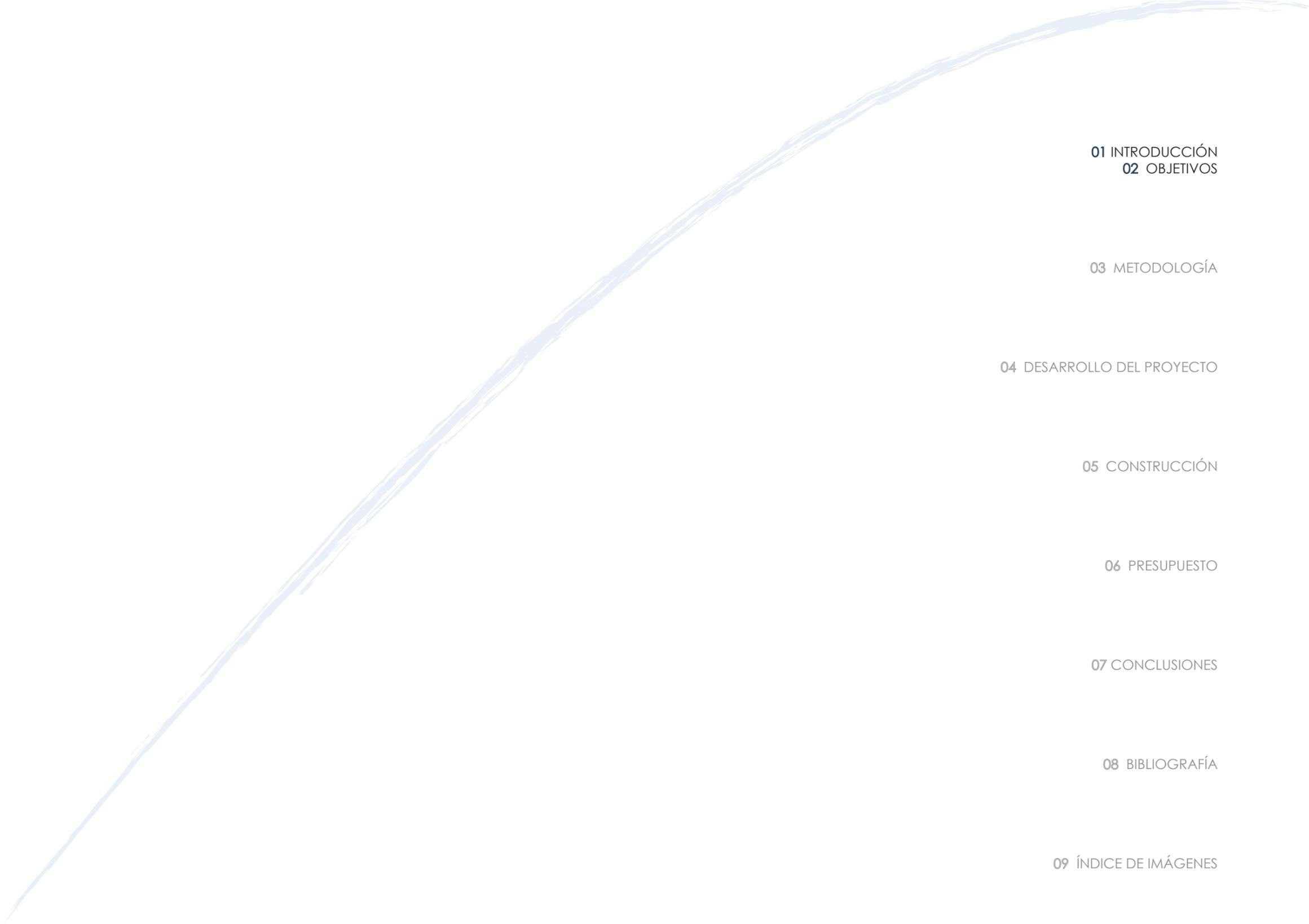
### KEYWORDS

PARABOLA  
LIGHT STRUCTURE  
WOOD  
ETSIE COURTYARD



|                                | PÁGINA  |
|--------------------------------|---|
| 01 INTRODUCCIÓN                | <b>01</b>   |
| 02 OBJETIVOS                   | <b>01</b>   |
|                                | Enunciado y justificación del proyecto 01         |
| 03 METODOLOGÍA                 | <b>02 - 04</b>                                    |
|                                | Secuencia de desarrollo del proyecto 02 - 04      |
| 04 DESARROLLO del PROYECTO     | <b>05 - 31</b>                                    |
|                                | Historia y documentación del emplazamiento 05     |
|                                | Análisis del estado actual 06 - 10                |
|                                | Programa de necesidades 11                        |
|                                | Criterios de diseño 12 - 13                       |
|                                | Elección de la superficie 14 - 17                 |
|                                | Cálculo estructural 18 - 29                       |
|                                | Instalaciones, pavimento y mobiliario 30 - 31     |
| 05 DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA     | <b>32 - 40</b>                                    |
|                                | Plano básico de estructura 32                     |
|                                | Plano sección transversal básico de estructura 33 |
|                                | Detalle 1 34                                      |
|                                | Detalle 2 35 - 36                                 |
|                                | Detalle 3 37                                      |
|                                | Detalle 4 38                                      |
|                                | 3D propuesta de proyecto 39-40                    |
| 06 PRESUPUESTO                 | <b>41 - 43</b>                                    |
|                                | Resumen presupuesto 41                            |
|                                | Desglose mediciones y presupuesto 42 - 43         |
| 07 CONCLUSIONES                | <b>44</b>   |
| 08 BIBLIOGRAFÍA                | <b>45</b>   |
| 09 ÍNDICE de IMÁGENES y PLANOS | <b>46 - 48</b>                                    |





01 INTRODUCCIÓN  
02 OBJETIVOS

03 METODOLOGÍA

04 DESARROLLO DEL PROYECTO

05 CONSTRUCCIÓN

06 PRESUPUESTO

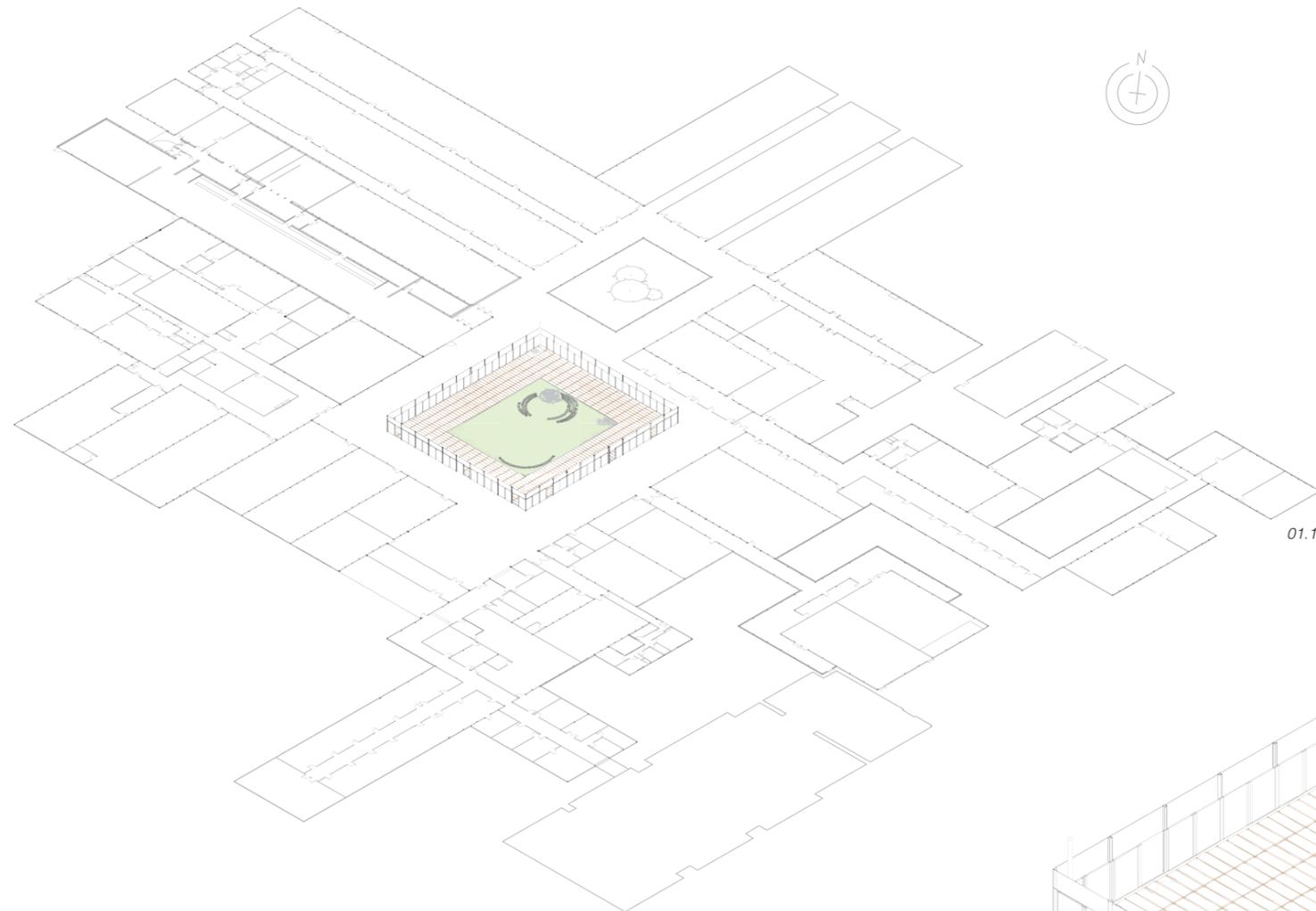
07 CONCLUSIONES

08 BIBLIOGRAFÍA

09 ÍNDICE DE IMÁGENES



Como motivo del Trabajo Final de Grado, se ha propuesto la construcción de una zona cubierta en el patio interior de la Escuela Superior de Ingeniería de Edificación (ETSIE) mediante una estructura ligera, diseñada a partir de superficies singulares. En esta propuesta, también cabe la posibilidad de realizar algunas variaciones, atendiendo a las necesidades que se presten durante el estudio de la propuesta, siempre y cuando se trate de un trabajo dentro del ámbito de las competencias profesionales como Arquitecto Técnico.



¿Cuáles son los objetivos principales del proyecto, y por qué motivo se llevan a cabo?

¿En qué aspectos se va a centrar el proyecto? ¿Qué zona o zonas del patio se pretenden intervenir?

¿Qué diseño resolverá mejor los objetivos? Y, ¿qué superficie geométrica describirá?

Según los materiales que utilicemos para resolver la propuesta, ¿qué solución constructiva será la más adecuada?

¿Cuáles son los puntos a desarrollar en el proyecto?

¿Qué presupuesto supondría su ejecución?



Todas estas cuestiones son las que dan lugar al desarrollo del proyecto, estudiando y valorando las distintas opciones posibles, teniendo en cuenta las características, estructurales y geométricas de aquello que se plantea como propuesta.

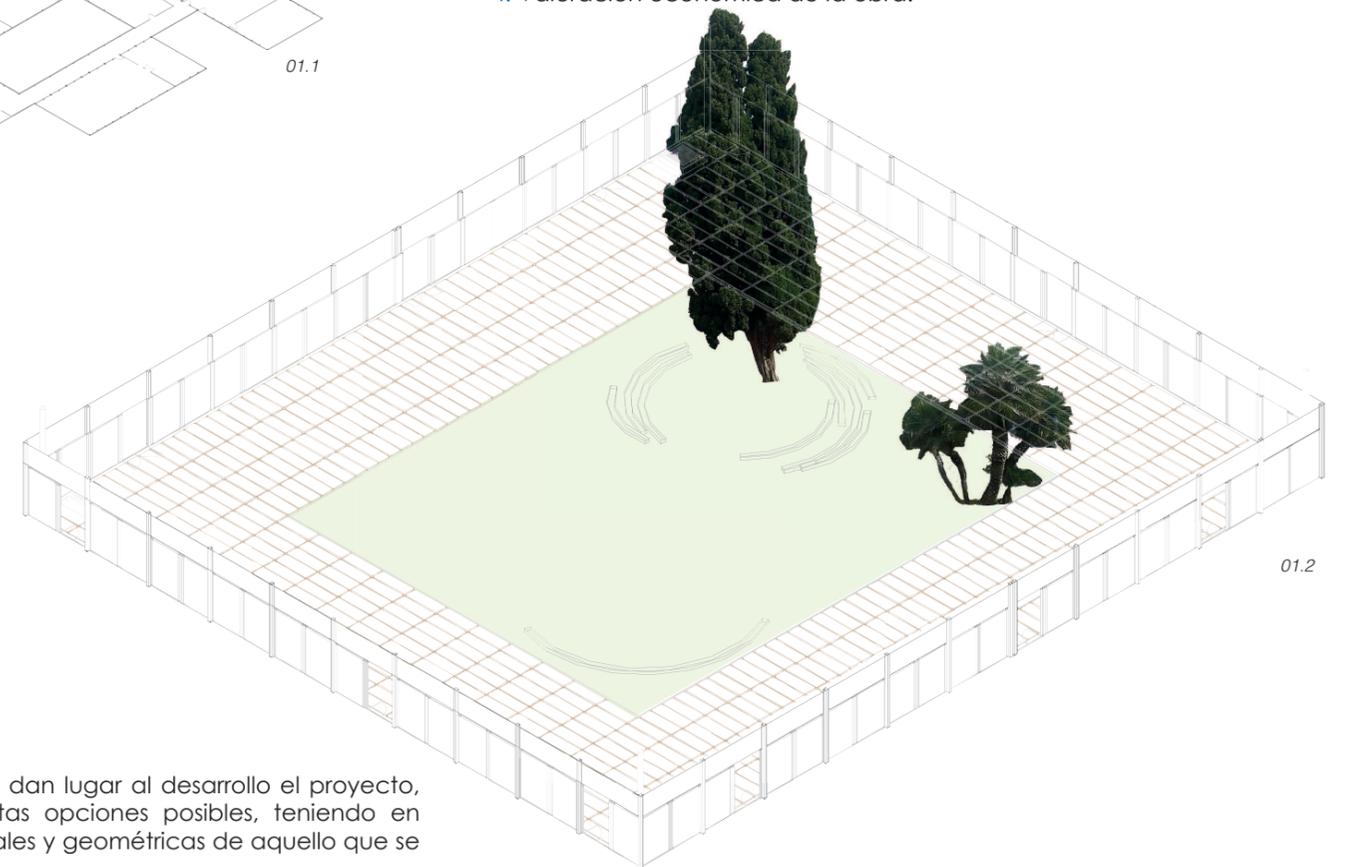
Así mismo, se resolverán los objetivos previstos, extrayendo conclusiones de aquellos aspectos en los que se ha intervenido durante el desarrollo del mismo.

El fin perseguido por este proyecto consiste en llevar a cabo una estructura ligera que cubra las necesidades que se proponen. Con ello, se ha tratado de resolver aquellas carencias que suponen una mejora de la zona.

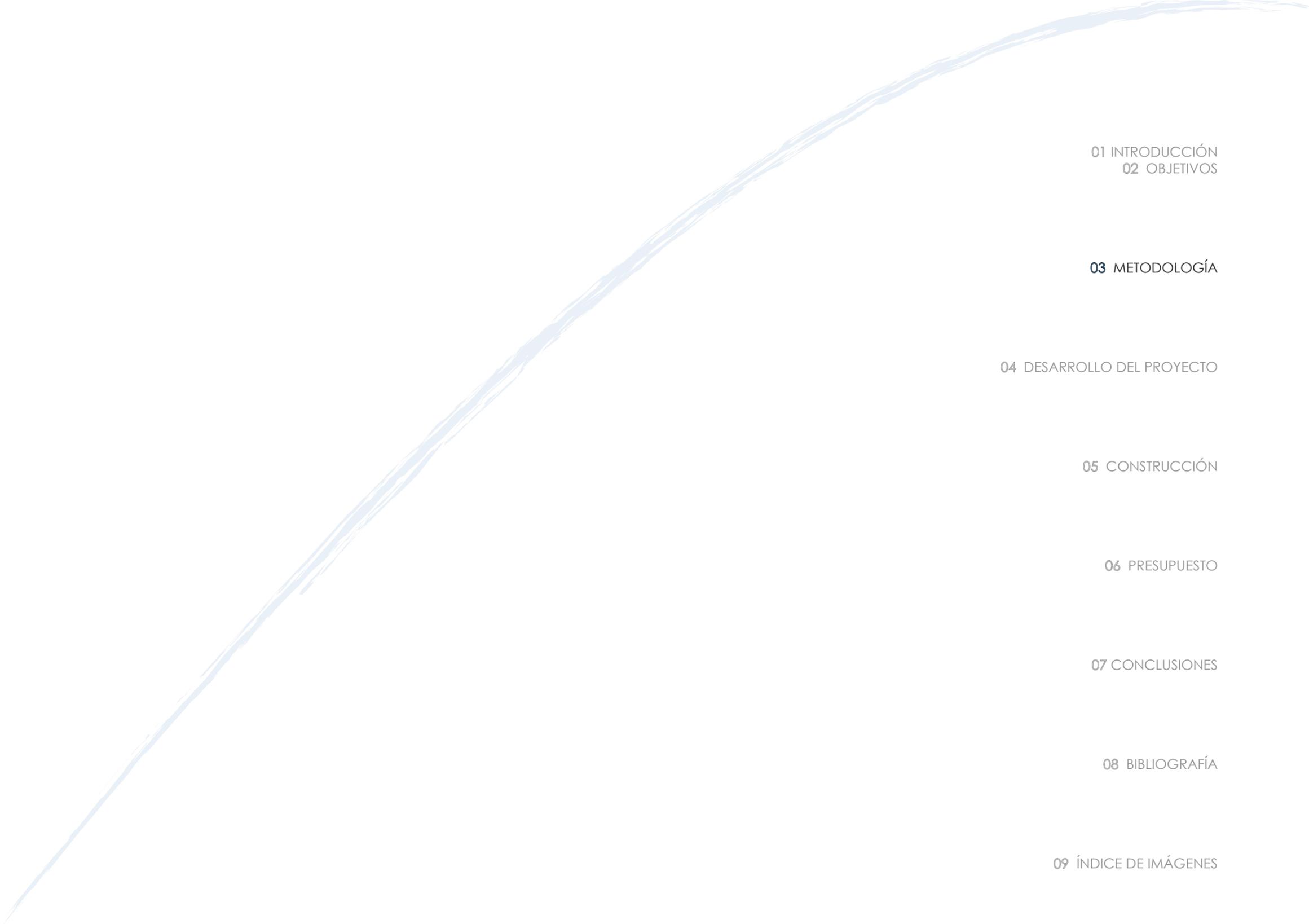
Todo esto se ha conseguido alcanzar con la elaboración de un detallado proyecto de diseño, cálculo y definición constructiva sobre la propuesta estudiada.

Para ello, se han destacado los objetivos más importantes a tener en cuenta durante el desarrollo del proyecto:

1. Estudio y análisis tanto del entorno como de las necesidades del mismo, donde se ubicará la estructura.
2. Diseño de un elemento de cubrición, a partir de una superficie singular, teniendo en cuenta el estudio previo realizado de las condiciones y características del entorno, para conseguir una mejor integración en el mismo. Para ello, se tendrá en cuenta la normativa vigente que le es de aplicación.
3. Cálculo estructural de la propuesta para comprobar la capacidad portante ante las solicitaciones de los esfuerzos que se producen.
4. Valoración económica de la obra.







01 INTRODUCCIÓN  
02 OBJETIVOS

03 METODOLOGÍA

04 DESARROLLO DEL PROYECTO

05 CONSTRUCCIÓN

06 PRESUPUESTO

07 CONCLUSIONES

08 BIBLIOGRAFÍA

09 ÍNDICE DE IMÁGENES



Para la realización del presente TFG se han seguido los siguientes pasos, estableciendo así una metodología del trabajo realizado:

### 1. ESTUDIO DEL ENTORNO

El método empleado para la recopilación de información previa durante la fase de estudio del entorno, ha consistido en la realización de una batería fotográfica del patio y sus alrededores (pasillos y accesos).

Ha sido necesaria la recopilación de datos *in situ*, para la correcta ubicación tanto de la zona central de césped, como de los árboles y bancos que se encuentran en ésta. Además se ha realizado el replanteo de las baldosas del pavimento.

También se han recopilado medidas de las dimensiones generales del patio, para poder ubicar las instalaciones y delimitar la anchura de los pasillos que lo rodean. Esta última toma de datos ha sido realizada como método de comprobación ante un único plano en planta de distribución de la ETSIE, facilitado por parte de uno de los profesores tutores del proyecto. Además se ha hecho uso del mismo como base del trabajo para determinar las zonas a intervenir mediante la propuesta.

Por otra parte y como punto positivo, la estancia prácticamente diaria durante los años de estudio en la ETSIE ha permitido distinguir con mayor facilidad sus usos, entre los que cabe destacar: la docencia, las aulas de estudio, los despachos, la cafetería, etc. De esta forma tampoco ha sido difícil conocer la afluencia de gente por las distintas zonas sobre las que se ha trabajado.

Con todo esto, se han extraído algunos de los posibles "problemas" o carencias que existen actualmente y que la propuesta trata de resolver.



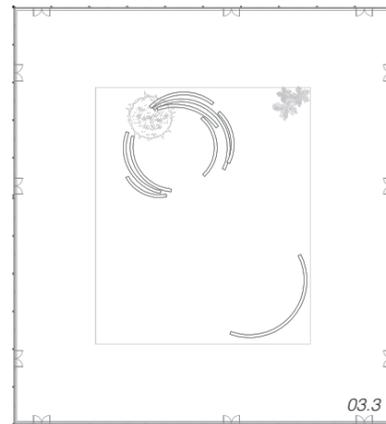
03.1



03.2

### 2. PLANIMETRÍA

Partiendo del plano proporcionado, los datos de campo recopilados han sido trasladados a soporte papel haciendo uso de las herramientas informáticas habituales, ubicando cada uno de los elementos distribuidos en el interior como el mobiliario y las instalaciones, además de los elementos que componen la fachada y las capas del pavimento. De este modo se obtienen planos detallados en alzado, planta y secciones, así como planos de carpintería e instalaciones.

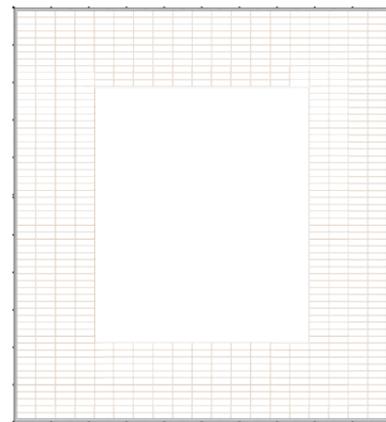


03.3



03.4

Para llevar a cabo los detalles correspondientes a cada una de las partes, ha sido necesario el estudio del sistema constructivo existente y sobretodo, de aquello que a simple vista no puede apreciarse como en este caso la existencia de forjado sanitario, entre otros.



03.5



03.6

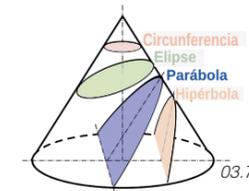
### 3. IDEAS Y DISEÑO

Ha sido necesaria la elaboración de un programa de necesidades, siendo éste el motivo principal en el que se ha basado la idea del diseño. Teniendo en mente esas necesidades a cubrir, se ha buscado referentes como guía a la hora de escoger un modelo estructural u otro.

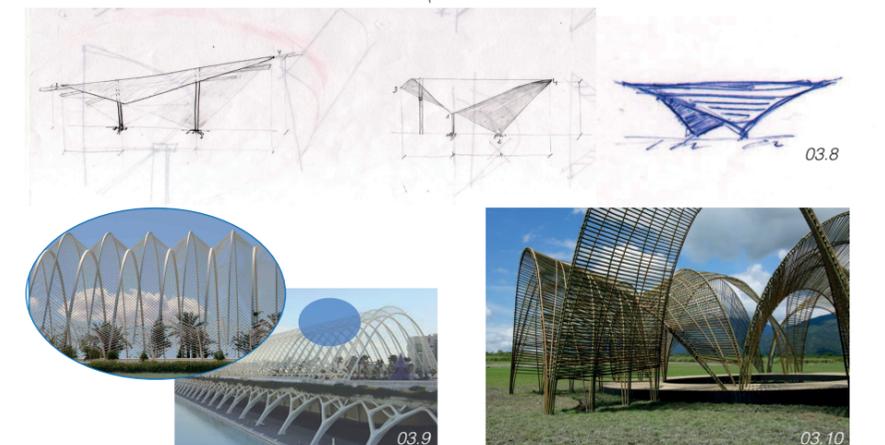
En la elección del diseño, ha sido determinante la información recopilada de fuentes *online*, libros, revistas, *blogs* y sobretodo, los consejos aportados por parte de los tutores del presente TFG.

La búsqueda de la estructura geométrica apropiada ha resultado costosa, en ella se ha invertido un alto porcentaje de tiempo dado que hay un amplio abanico de posibilidades dentro del ámbito de la construcción.

De este modo y tras la consulta que se ha realizado en libros y apuntes, además de la visualización de imágenes y las líneas trazadas sobre papel, se ha obtenido la estructura principal del proyecto a desarrollar.



03.7



03.8

03.9

03.10



03.11

#### 4. ELECCIÓN DE LA SUPERFICIE

A partir de dicha estructura, se ha ido evolucionando, desde una forma geométrica simplificada hasta un sistema más detallado y concreto.

Se han plasmado las distintas opciones que desde un principio se barajaron, empleando las herramientas informáticas disponibles para de esta forma, poder detectar entre otros, las complicaciones o dificultades que puedan dar lugar cada una de ellas, así como las prioridades o motivos tenidos en cuenta en el momento de aceptar o desestimar cada una de las opciones.

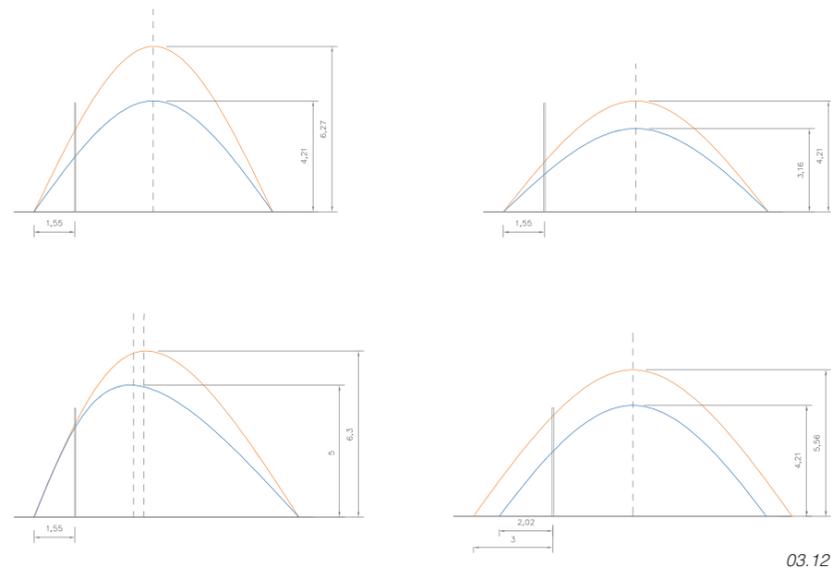
La estructura está formada por un conjunto de 5 parábolas, separadas lateralmente a una distancia de 4'5 metros aproximadamente.

La combinación de éstas, permite un juego de diferencia de alturas, porque la forma obtenida al unir dichas parábolas lateralmente, permite crear una superficie irregular que rompe con la linealidad del patio.

Por tanto, se han obtenido distintas composiciones, variando su ancho, alturas e inclinación, que posteriormente se analizarán.

#### ESQUEMAS LINEALES DE LAS PROPUESTAS

Estas son algunas de las propuestas que se han barajado para la composición definitiva del diseño, de las que posteriormente se extraerán conclusiones según criterios, para su determinar su aceptación o rechazo:



#### 5. MAQUETA DE TRABAJO

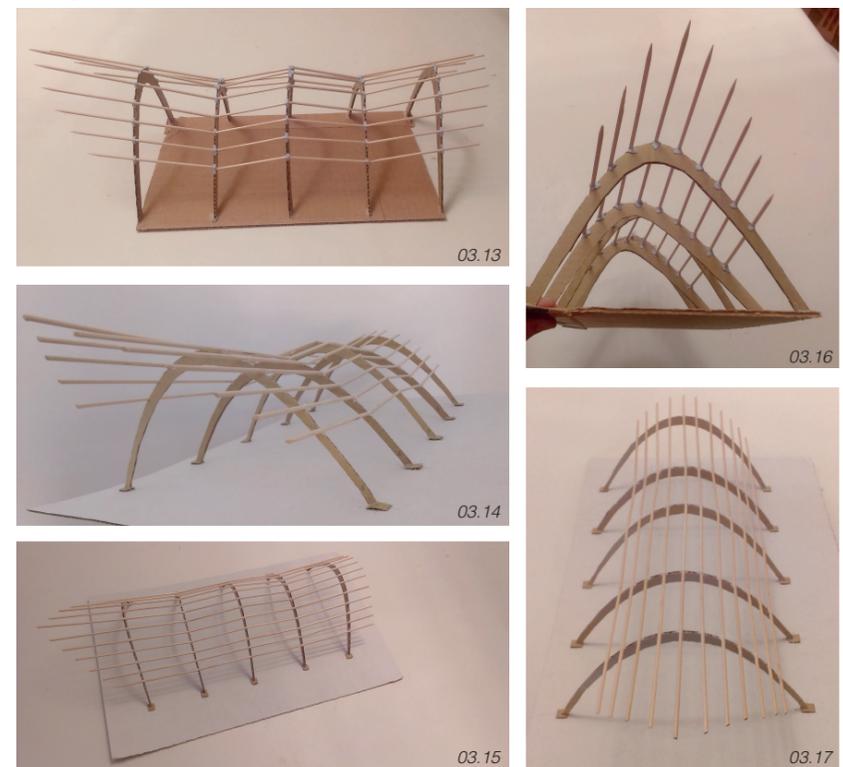
Durante este proceso, se han realizado bocetos, planos, detalles constructivos e incluso la construcción de una maqueta como método de trabajo, con el fin de poder visualizar la estructura a escala dentro de su entorno.

La construcción de dichas maquetas se han realizado a partir de materiales básicos como son el cartón, la madera y el pegamento-cola.

Este ha sido un gran apoyo sobre el que se han ido planteando los distintos detalles a resolver, puntos singulares como el encuentro con la fachada, arranque de cimentación, pavimento, posibles modificaciones del entorno actual, etc.

En este caso se han construido varias maquetas, conforme se ha ido avanzando en el proyecto, a escala 1/50, partiendo de los planos simplificados de la estructura obtenida en la fase de diseño. A su vez, dichas maquetas se han ido modificando, al mismo tiempo que se progresaba, definiendo tanto materiales como soluciones constructivas, consiguiendo así la maqueta definitiva al final del proceso, representando prácticamente al detalle la propuesta acorde al desarrollo del proyecto.

Fotografías maquetas de trabajo:

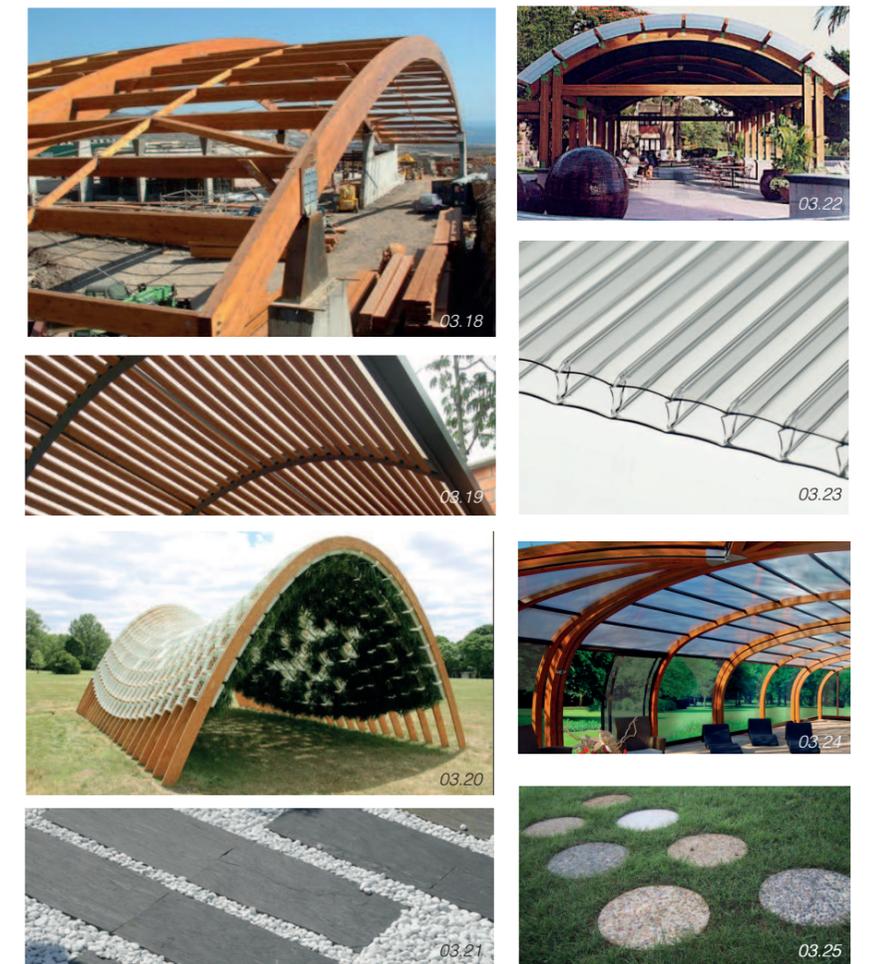


#### 6. ELECCIÓN DE MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Para poder decantarse entre un sistema constructivo u otro, en primer lugar se ha estudiado los posibles materiales a emplear y, teniendo en cuenta las características propias de cada uno, se ha llevado a cabo la elección.

En este proyecto, se propone como material principal la madera laminada. Como materiales complementarios en los encuentros y sujeciones, el metal. Y como superficie de cubrición de la estructura, el policarbonato alveolar. El pavimento empleado bajo la superficie cubierta se compondrá de baldosas de gres porcelánico y pequeñas baldosas circulares de características similares al pavimento actual, para acceder a los bancos centrales.

La importancia que se ha dado a la zona ajardinada del exterior junto a la intención de romper con la monotonía del edificio existente, han sido los motivos principales para la elección ya que tanto la fachada como la carpintería son metálicas.



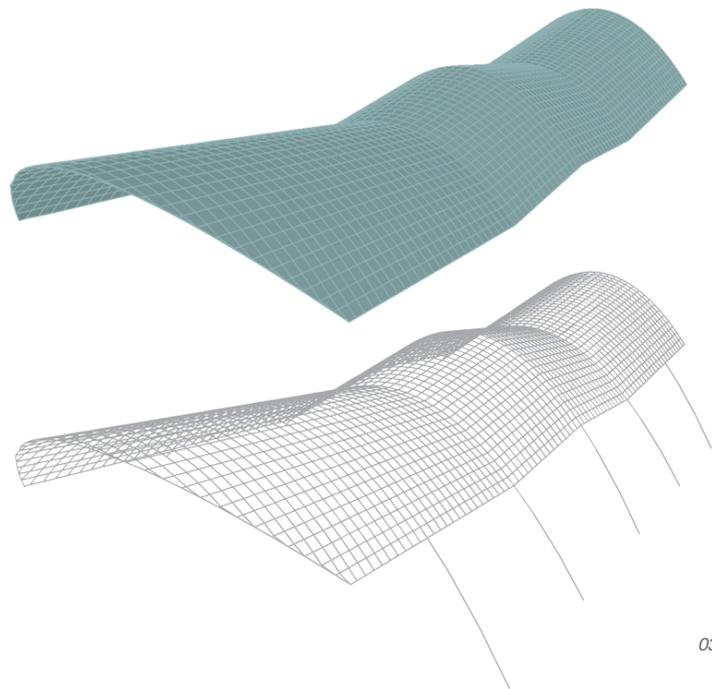
### 7. CÁLCULO ESTRUCTURA

Una vez se ha definido la estructura definitiva que se va a llevar a cabo, es necesario realizar el cálculo estructural de todos los elementos que la componen, para así poder definir sus secciones, según el tipo de material y las cargas que vayan a soportar.

Para poder llevar a cabo el cálculo, tendremos que definir la estructura linealmente mediante el programa Autocad 3D, para poder exportarlo y definirlo (según las características del material) al programa correspondiente, como es el caso del SAP2000, que se empleará para la estimación de los esfuerzos sobre cada elemento de la estructura.

Para llevar a cabo el análisis de la presente estructura, hemos utilizado el programa SAP2000:

Es un programa de cálculo de estructuras basado en el método de los elementos finitos. Es el programa del que se han obtenido los correspondientes desplazamientos y esfuerzos en cada uno de los elementos según los ejes y en función de las combinaciones de carga.



03.26

Conocidas las cargas y esfuerzos a soportar por cada uno de los elementos, será necesario el posterior cálculo de la cimentación y placa de anclaje, así como de los encuentros de la fachada con los arcos parabólicos. De esta forma, se podrá definir las dimensiones de los elementos que forman la estructura.

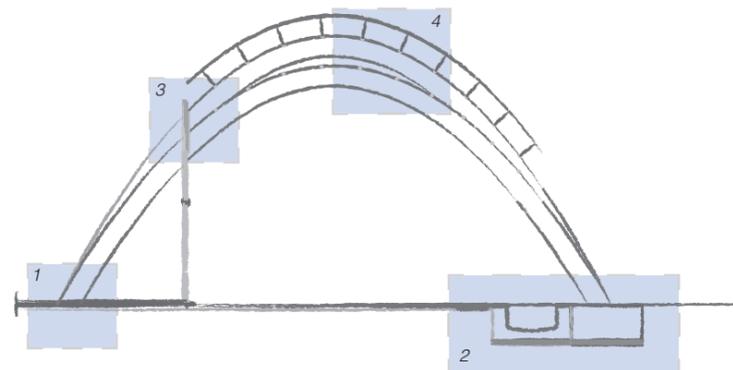
### 8. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA

Se ha llevado a cabo una serie de detalles constructivos de los nuevos elementos ya diseñados y calculados estructuralmente.

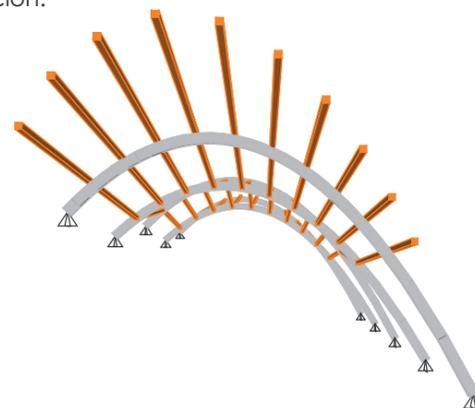
Se ha considerado la definición de aquellos encuentros constructivos singulares de mayor importancia, dentro del conjunto estructural propuesto.

Tras valorar cuáles de ellos eran los más adecuados, se ha generado una pequeña leyenda correspondiente a cada uno de ellos, para facilitar la comprensión de los mismos.

Con un total de cuatro detalles específicos definidos a partir de distintas vistas (alzado, perfil y planta en algún caso) y empleando el uso del dibujo en 3D, consideramos realizada la definición de los sistemas estructurales empleados, tanto en la cimentación como en los sistemas de sujeción entre elementos.



Finalmente, se ha proporcionado unas vista en 3D isométrica desde dos puntos de vista de la estructura, noreste y noroeste, para así tener una visión general definitiva de la propuesta desarrollada implantada en el lugar de ejecución.



### 9. CÁLCULO PRESUPUESTO

Para llevar a cabo uno de los últimos pasos de desarrollo del proyecto, ha sido necesario definir correctamente cada uno de los apartados previamente, porque esto facilita la redacción y cálculo del presupuesto. Tanto las descripciones de los elementos como las dimensiones, la forma de ejecución y la medición de cada uno de ellos, han facilitado el trabajo de redacción. Además se ha tenido en cuenta la necesidad de actuaciones previas sobre el patio interior, instalaciones, etc..

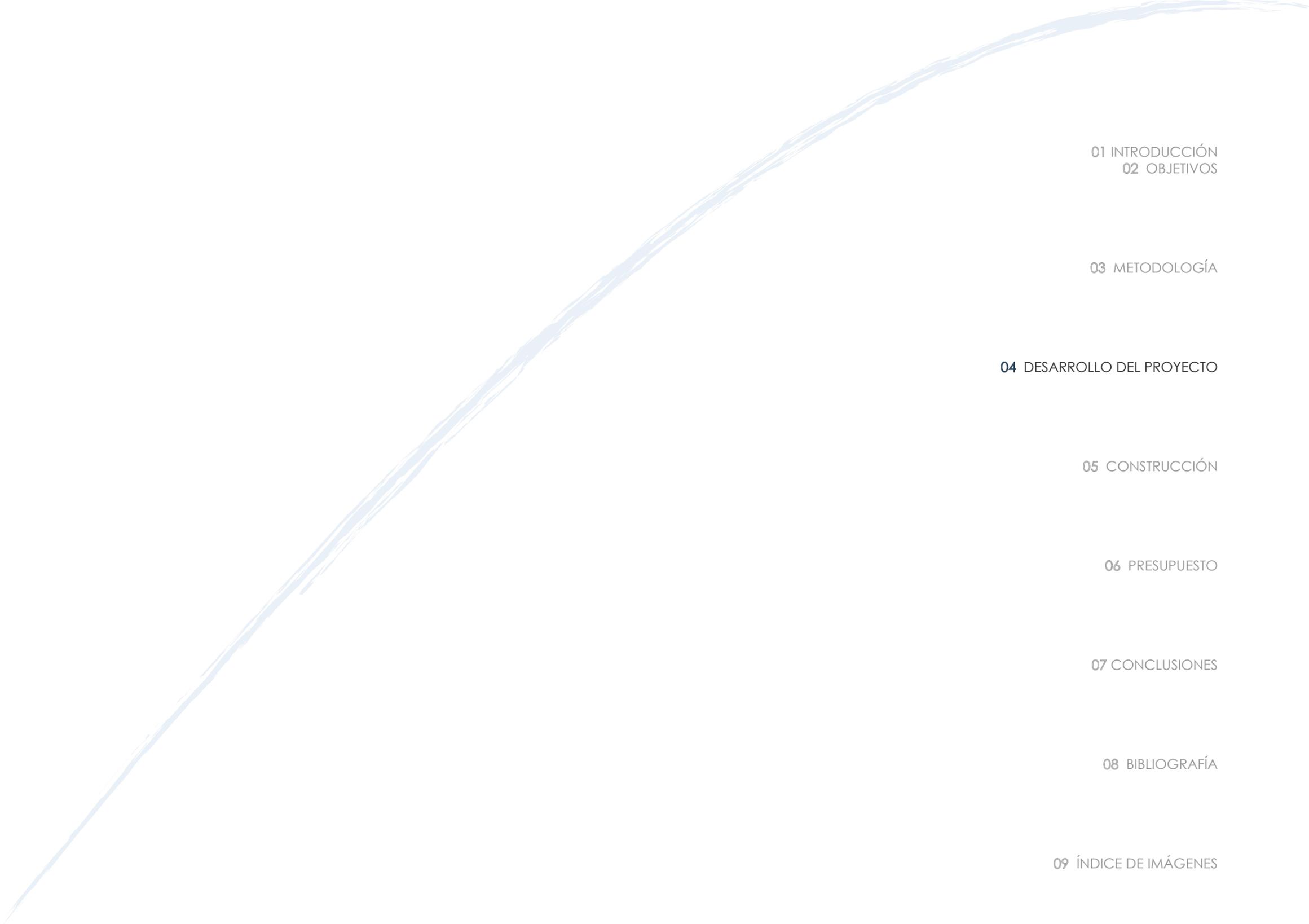
Para el cálculo se han empleado programas como el Arquímedes y Presto, que usan las bases de datos del IVE y CYPE actualizadas. Aquellos elementos que no se encuentran en las bases de datos, se han definido estimando sus precios según los catálogos y casas comerciales consultadas vía email, introduciéndolo a continuación en el programa correspondiente como partidaalzada. Del mismo modo, ha sido necesario ponerse en contacto con distintas empresas para solicitar presupuesto sobre el mobiliario y el pavimento.

Para la composición hemos recurrido a las Hojas de cálculo del Excel, ya que facilita los cálculos y podemos introducir tanto mediciones como precios fácilmente, ya que los datos recopilados provienen de fuentes distintas.

| PRESUPUESTO Y MEDICIONES                  |    |             |       |       |      |                   |
|---|----|-------------|-------|-------|------|-------------------|
| <b>CAPÍTULO 01: ACTUACIONES PREVIAS</b>   |    |             |       |       |      |                   |
| 01.1 Demolición                           |    |             |       |       |      |                   |
| Código                                    | ud | Descripción | Largo | Ancho | Alto | Precio            |
| 01.1.1                                    | m2 |             |       |       |      | TOTAL             |
| 01.1.2                                    | m3 |             |       |       |      |                   |
| <b>CAPÍTULO 02: MOVIMIENTO DE TIERRAS</b> |    |             |       |       |      |                   |
| <b>CAPÍTULO 03: CIMENTACIÓN</b>           |    |             |       |       |      |                   |
| <b>CAPÍTULO 04: ESTRUCTURA</b>            |    |             |       |       |      |                   |
| <b>CAPÍTULO 05: INSTALACIONES</b>         |    |             |       |       |      |                   |
| <b>CAPÍTULO 06: CUBIERTA</b>              |    |             |       |       |      |                   |
| <b>CAPÍTULO 07: REVESTIMIENTO</b>         |    |             |       |       |      |                   |
| <b>CAPÍTULO 08: EQUIPAMIENTO</b>          |    |             |       |       |      |                   |
|   |    |             |       |       |      | TOTAL PRESUPUESTO |

Finalmente, obtendremos un resultado estimado del coste económico que supondría el proyecto, ya que los datos resultantes se han obtenido según las características de cada uno de los elementos que se han ido definiendo a lo largo del proyecto.





01 INTRODUCCIÓN  
02 OBJETIVOS

03 METODOLOGÍA

**04 DESARROLLO DEL PROYECTO**

05 CONSTRUCCIÓN

06 PRESUPUESTO

07 CONCLUSIONES

08 BIBLIOGRAFÍA

09 ÍNDICE DE IMÁGENES

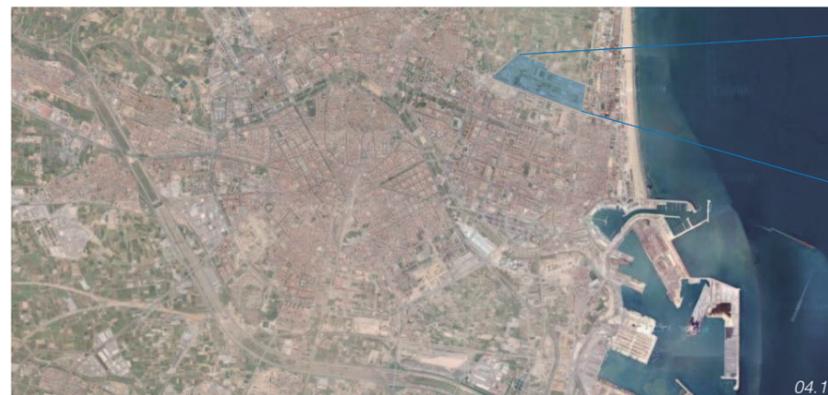


## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA de VALENCIA - UPV

Al norte de la ciudad de Valencia, es donde se encuentra ubicado el campus principal de la UPV, en el Camino de Vera, Avenida de los Naranjos 46022, entre la salida de la Autopista A-7 hacia Cataluña y el mar.

Ocupa una parcela de aproximadamente 558.300 m<sup>2</sup>, en la que se distribuyen los diversos edificios que albergan cerca de 462.900 m<sup>2</sup> de superficie construida en varias alturas.

Su construcción se ha realizado por fases, comenzando en 1970 con la primera, y en 1975 la segunda, integrada ésta última en la zona del Ágora, Rectorado y las escuelas de Agrónomos, Caminos, Canales y Puertos, Industriales y Arquitectura. Fue a partir de los años noventa cuando comenzó a expandirse hacia el Este hasta llegar al actual edificio de la Ciudad Politécnica de la Innovación (CPI).



Año 1980



Año 2010



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA de EDIFICACIÓN - ETSIE

En 1970 la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación pasa a formar parte de la primera fase de construcción en la UPV, construida entre los años 1968-1969, convirtiéndose así en uno de los edificios más antiguos del entorno junto con las escuelas de Ingeniería Técnica Industrial, Ingeniería Técnica de Obras Públicas, Ingeniería Técnica Agrícola y la Facultad de Bellas Artes.

La edificación se constituye de una única altura, basada en un sistema modular formando una retícula, que a su vez va generando amplios espacios para la circulación alrededor de dos patios interiores acristalados.

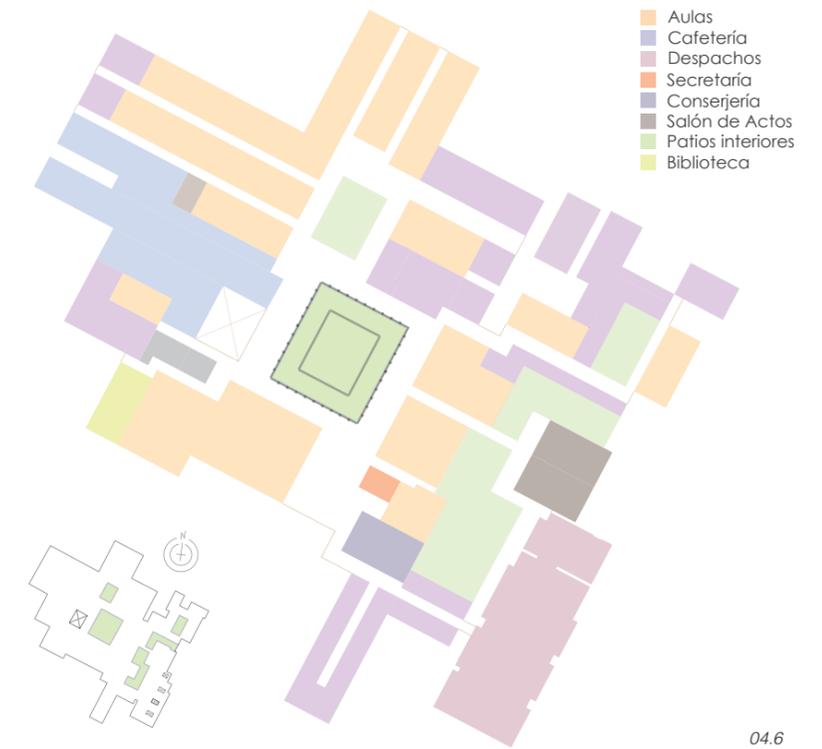
Mediante una estructura metálica de 4 metros de altura aproximadamente y paneles prefabricados, consiguen salvar la altura de la planta baja y configuran la distribución del edificio.



## PATIO INTERIOR (ETSIE)

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación es una edificación que tiene su distribución en planta baja totalmente accesible, donde no encontramos ascensores ni accesos con más de dos peldaños, a los que siempre acompaña una rampa amplia adaptada a las necesidades del entorno.

Puertas amplias y correderas automatizadas con sensor de movimiento en la entrada principal de acceso al edificio, y sin puertas en los encuentros entre distintos pasillos facilitando la circulación por todos ellos. Están distribuidos de forma que todos concurren finalmente en la zona central donde los patios interiores permiten la iluminación de estos amplios pasillos que les rodean, consiguiendo así la relación interior - exterior de los espacios.



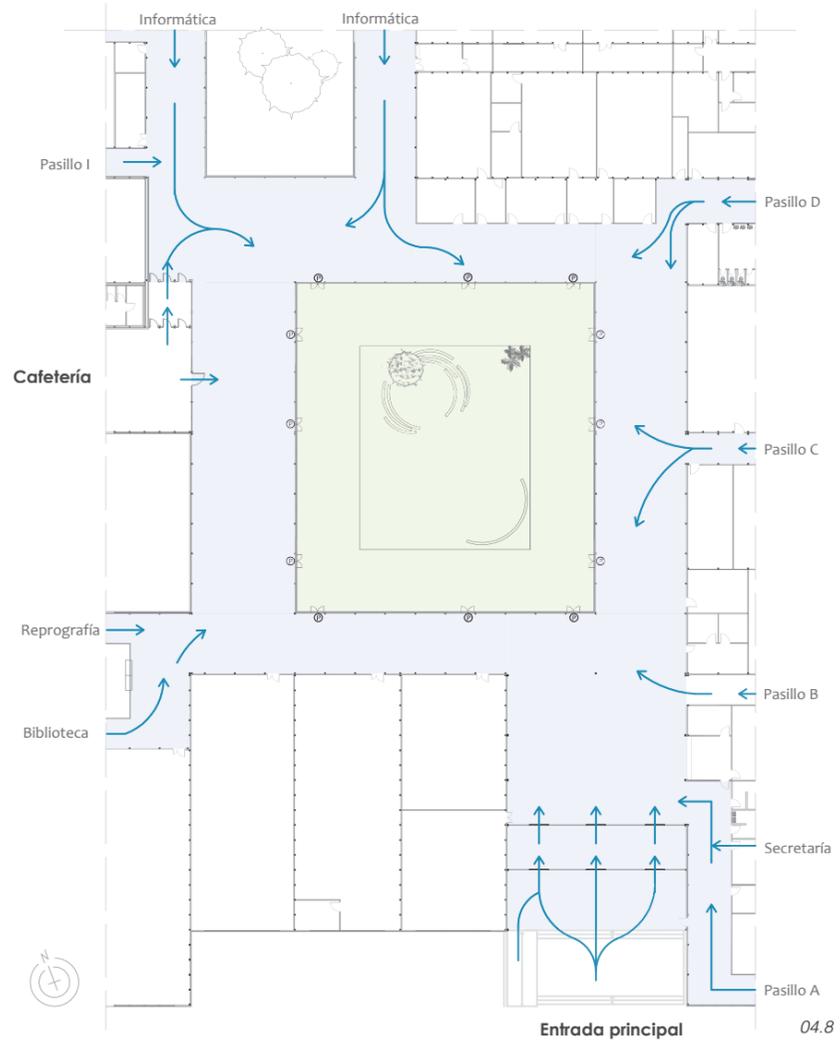
El patio interior principal de la ETSIE, el de mayor tamaño, sobre el que desarrollaremos el "estudio y propuesta del proyecto de ejecución de estructura ligera a partir de superficies singulares". Es una zona amplia al descubierto, pero de poco uso. La planta describe una forma prácticamente cuadrada con tan solo 3 metros de diferencia de un lateral al otro, y cubre una superficie de 960 m<sup>2</sup> aproximadamente.

A ella se accede por un total de 12 puertas, distribuidas tres en cada uno de los laterales. Los módulos en las que no se encuentran dichas puertas son acristalamientos fijos de unos 2'80 m de altura y 1'30 m de ancho.

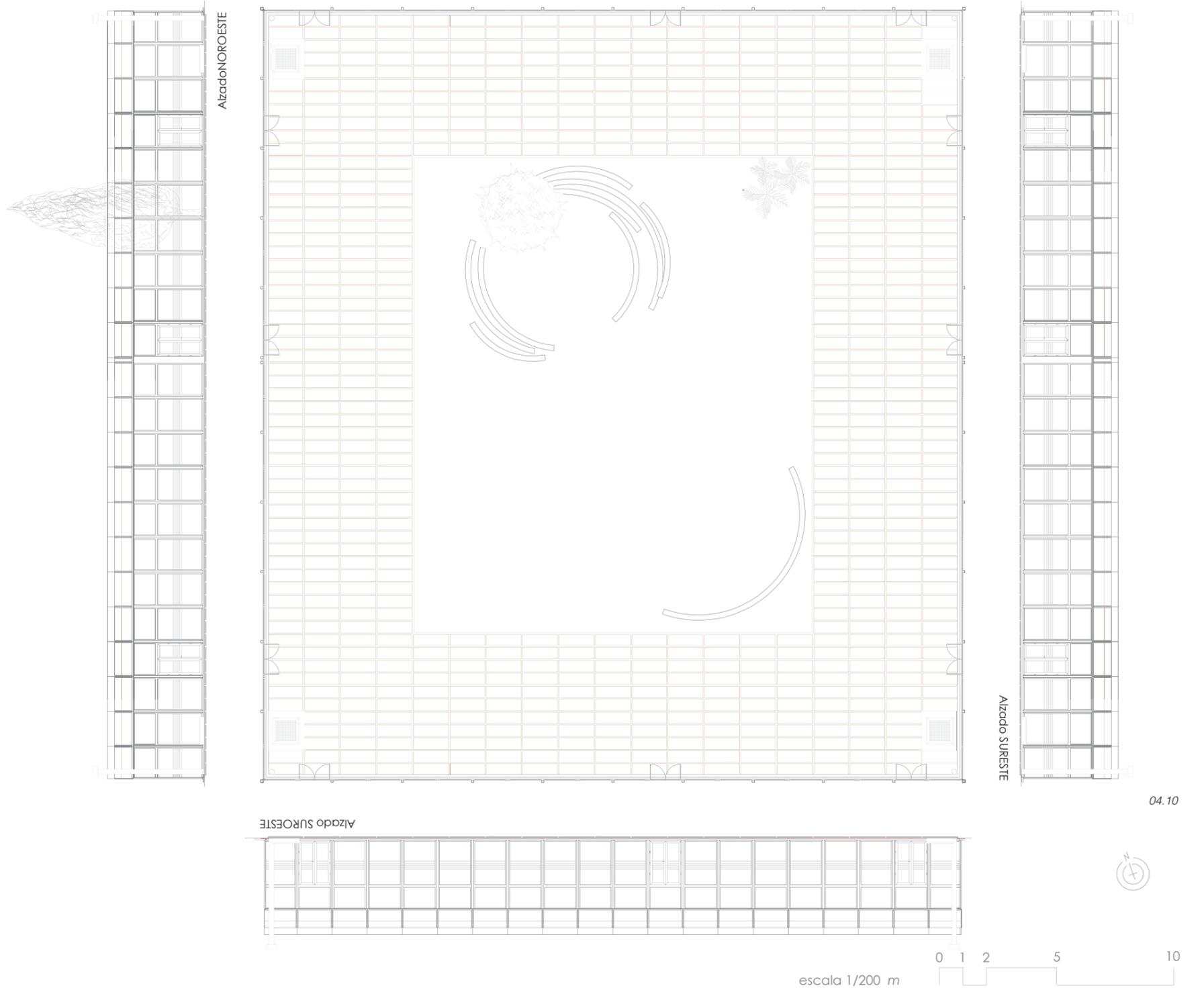


ACCESOS Y ENTORNO del patio principal

El patio interior tiene acceso a través de 12 puertas, dispuestas 3 de ellas en cada una de las caras del patio rectangular. Se encuentra perimetralmente rodeado de 4 amplios pasillos, de 6 y 10 m de ancho aproximadamente. Los pasillos con más afluencia son los más cercanos a la entrada y cafetería, y los 2 restantes están vinculados prácticamente a zonas de despachos y aulas de docencia.



PLANIMETRÍA



## FACHADAS MODULARES - CARPINTERÍA

La estructura metálica es la base del sistema constructivo de este edificio. Estas estructuras modulares cumplen con el condicionante de estar diseñadas para resistir acciones tanto verticales como horizontales, aunque en este caso no sea una construcción de gran envergadura.

La estructura principal se divide en perfiles metálicos que distan entre sí lateralmente 4'5 metros y de aproximadamente 4'10 metros de alto. Cada soporte vertical se compone de dos perfiles metálicos UPN de 10cm de ancho enfrentados entre sí y con una soldadura a tope discontinua cada 8 -10 cm verticalmente.

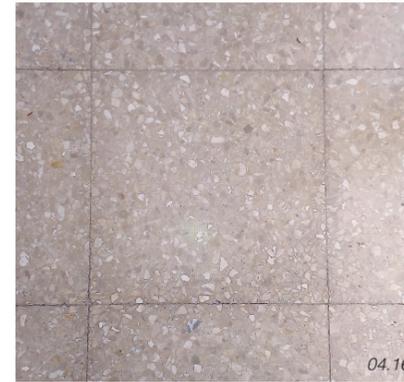
La estructura exterior que constituye la fachada está formada por una carpintería metálica que se divide en dos zonas, la superior con acristalamiento fijo y también en la inferior en la mayoría de los módulos, exceptuando aquellos en los que se ubican los accesos con puertas de doble hoja y apertura hacia el exterior.



## PAVIMENTO

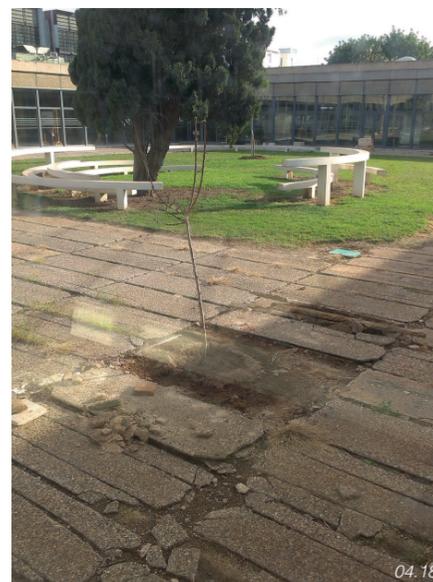
- Interior:

Baldosas de terrazo, de formato cuadrado 40 x 40cm y un espesor aproximado de 4'5cm, acorde a la frecuencia de paso peatonal e intensidad. Se trata de baldosas interiores de terrazo color beige oscuro con árido de grano fino-medio, y un acabado superficial pulido (abrillantado). Entre sí, las baldosas están dispuestas sin junta y prácticamente toda la superficie del edificio la cubre un pavimento de estas características, exceptuando las correspondientes zonas húmedas.



- Exterior:

Baldosín hidráulico prefabricado de hormigón con acabado de canto rodado de dimensiones 150x50x5cm. La junta que se ha considerado entre cada una de ellas es de 6 cm aproximadamente, ya que en el estado en el que se encuentran actualmente es muy irregular. Además, hay algunas zonas en las que las baldosas están muy deterioradas. Están dispuestas perimetralmente rodeando la zona central de césped.



## MOBILIARIO Y VEGETACIÓN

En la zona norte del patio se ubican unos bancos de sección rectangular, que describen partes de circunferencias desarrollados a partir de distintos centros y a distintas alturas. Se encuentran situados alrededor del árbol principal del jardín interior, un ciprés común o del Mediterráneo, de gran altura y en la zona noreste se encuentra un conjunto de palmeras con hojas de tipo palmado (en abanico), llamada palmera Palmito o enana, de tallo bajo.

A efectos de desarrollo, ninguno de ellos interferirá en nuestra propuesta.

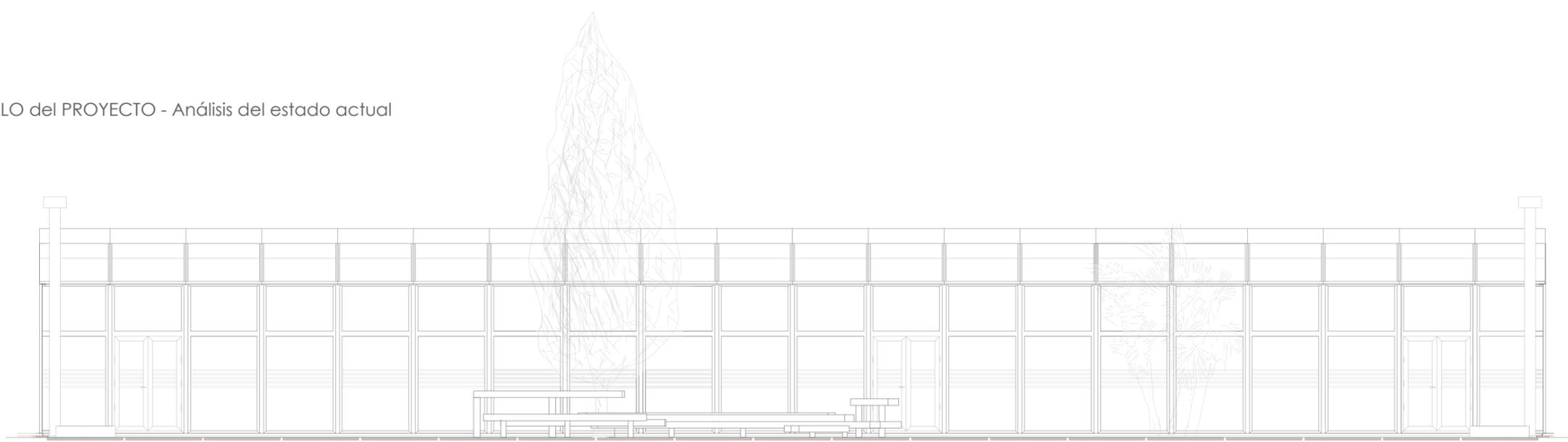


## INSTALACIONES

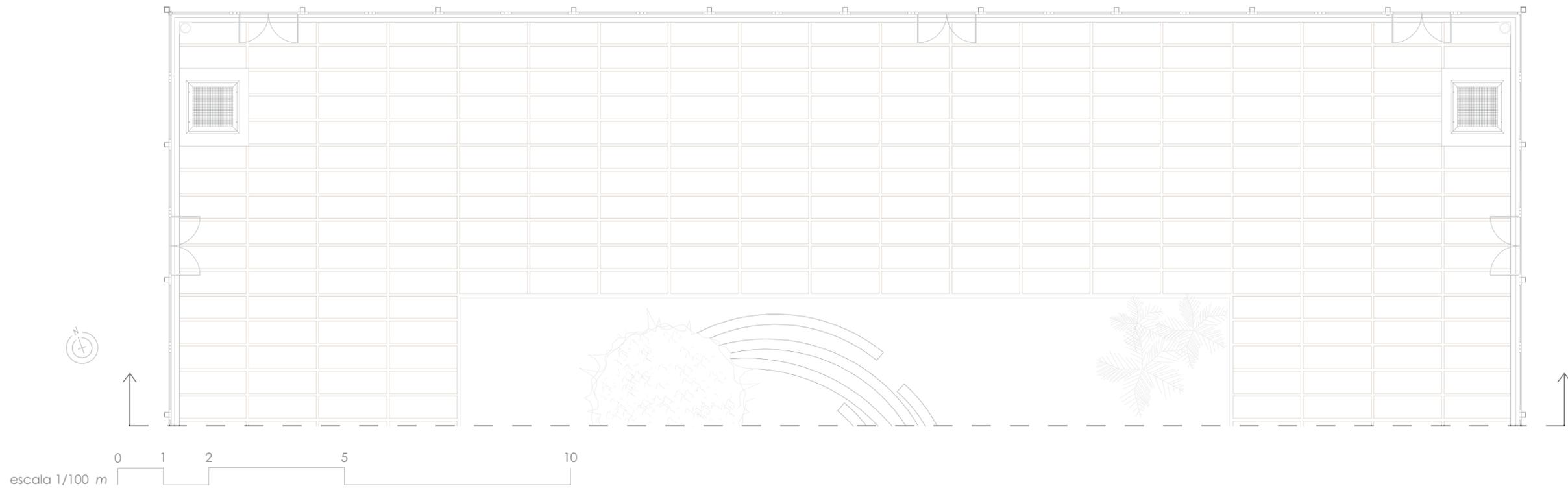
Tanto el edificio como el patio están construidos sobre forjado sanitario, al que se tiene acceso a través de cuatro puntos dentro del mismo patio. Están protegidos por unas rendijas cuadradas de 4'40m de lado. Bajo el pavimento se ocultan tuberías de regadío para la zona central de césped, pero que debido al estado deteriorado del pavimento en algunas zonas queda visible. Además también existen 4 columnas de ventilación en las esquinas del patio, donde sobre una de ellas se ha colgado unos contadores.

En el interior del edificio, las instalaciones de ventilación y de iluminación se distribuyen por el falso techo desmontable de placas ligeras.





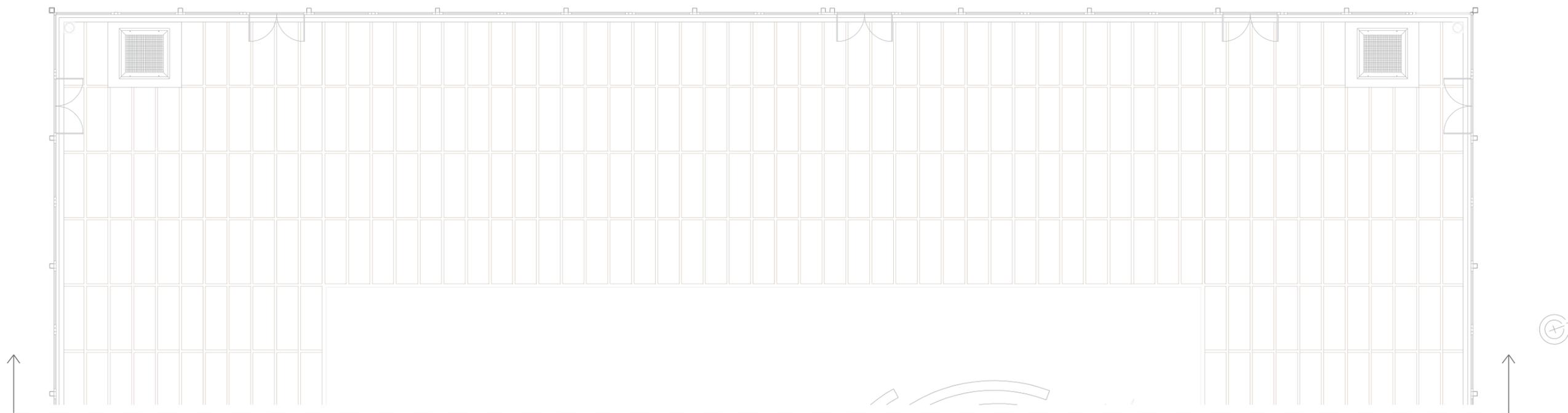
04.27



ALZADO NORESTE (PATIO INTERIOR)

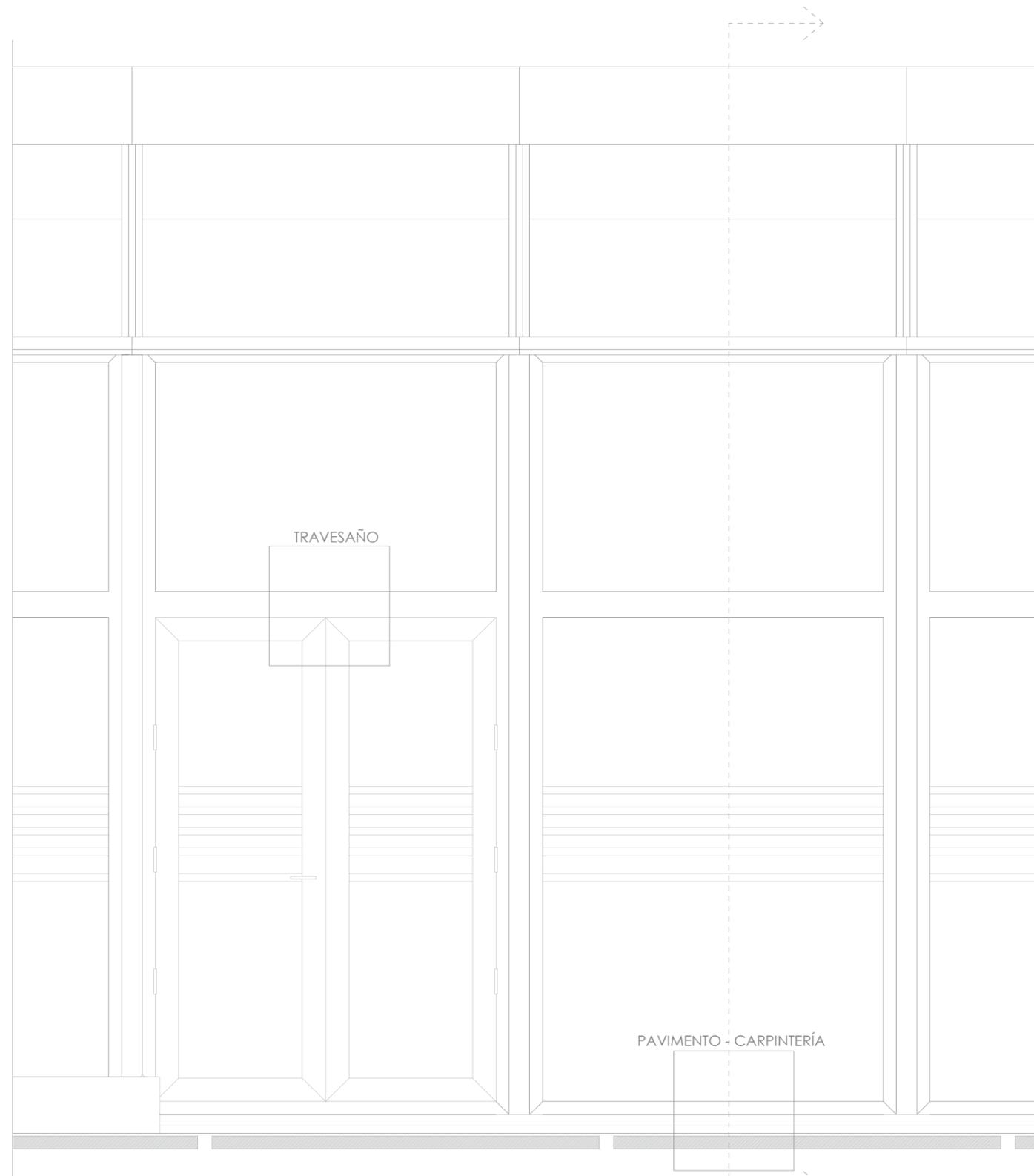


04.28

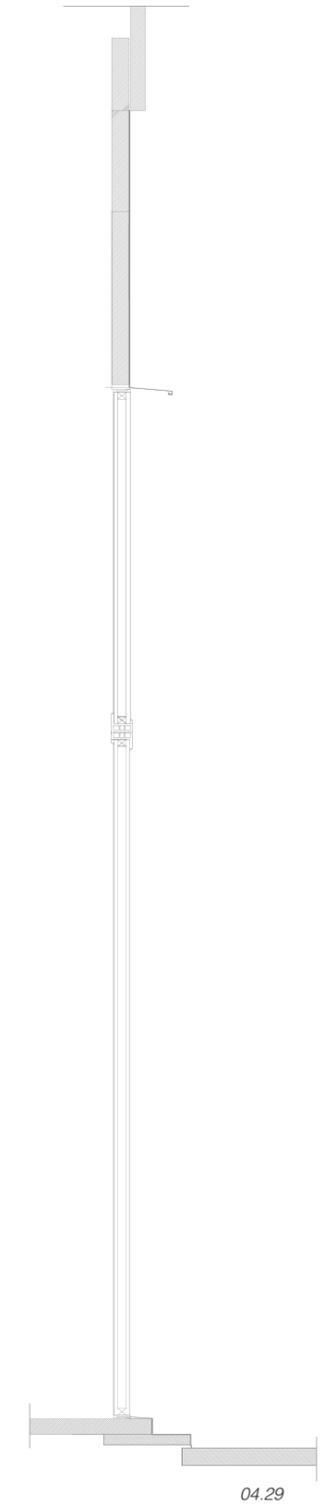


escala 1/100 m 0 1 2 5 10

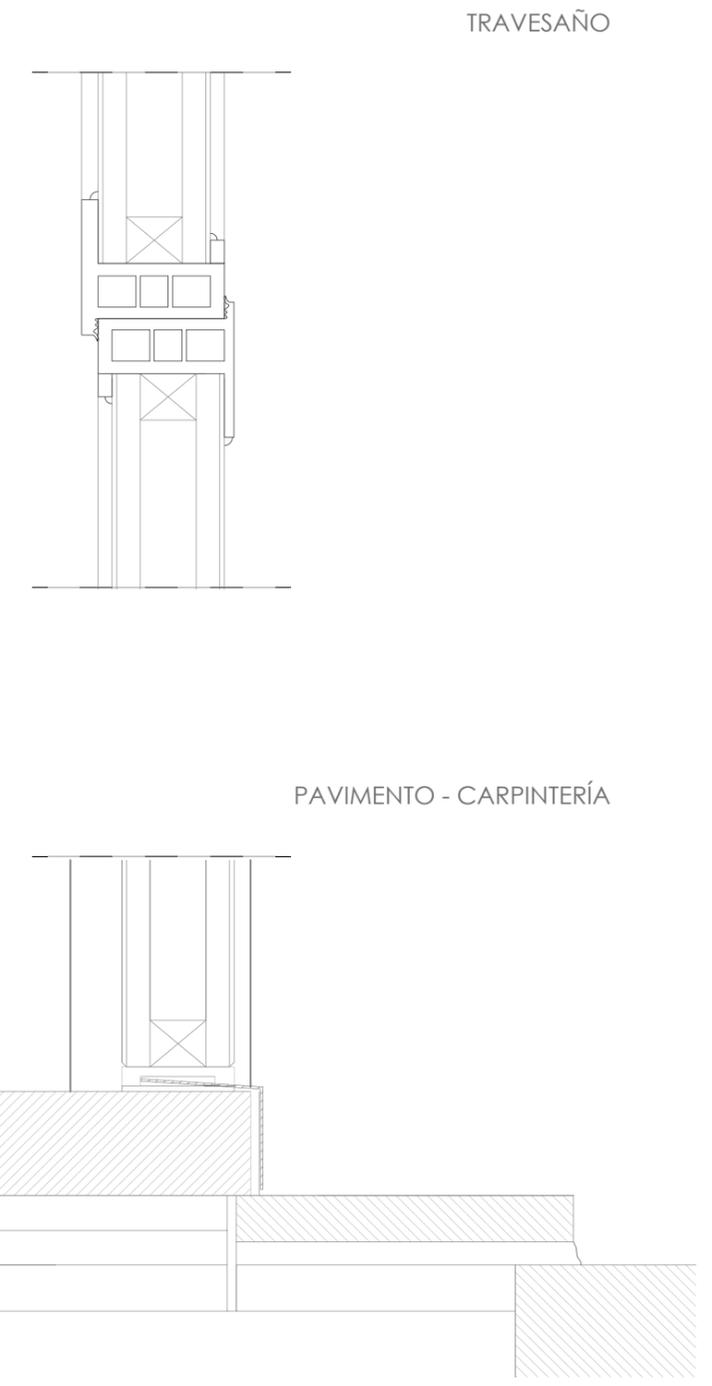
ALZADO NOROESTE (PATIO INTERIOR)



escala 1/20 cm 0 10 20 50 100 200



04.29



escala 1/3 cm 0 10 20

04.30

RELACIÓN EXISTENCIAS ACTUALES - NECESIDADES

Existencias actuales:

**Vegetación:** árbol y palmera en las esquinas Norte y Este respectivamente.

**Mobiliario:** bancos que describen partes de circunferencias, desarrollados a partir de distintos centros y a distintas alturas. Se encuentran situados alrededor del árbol principal del jardín interior, y como elementos decorativos encontramos maceteros móviles, tanto cuadrados como circulares .

**Pavimento:** zona central de césped y baldosas rectangulares alrededor de ésta de 150 x 50 x 5cm, bastante deterioradas y con roturas parciales.

ANÁLISIS DE NECESIDADES:

1. Zona cubierta aireada en el interior del patio, ofreciendo la posibilidad de poder salir al exterior tanto para sentarse a leer, como tomar el aire, fumar, etc. De esta forma, se evitará mojarse en caso de lluvia. A su vez también se habilitará una zona con asientos de los que hacer uso en periodos de descanso entre clases.

2. Actualmente, en el patio no existe ningún sistema de iluminación. La colocación de éste favorecerá la salida al exterior de alumnos y profesores que tengan horario de tarde-noche, en invierno, cuando oscurece tan pronto y no existe ninguna zona con estas características.

3. Para dar mayor uso a los amplios pasillos interiores, habilitaremos unas pequeñas zonas o espacios de trabajo.

4. Deberemos realizar algunos cambios en cuanto a lo que accesibilidad se refiere. Debido al cerramiento exterior, actualmente no es posible el acceso mediante silla de ruedas. Será un punto a tener en cuenta en el diseño de los distintos elementos y zonas futuras.

5. Eliminar parcialmente el pavimento (deteriorado), en función del área de trabajo de la nueva estructura, sustituyendo aquellas baldosas más deterioradas en el resto de zonas que no están afectadas.

Tras el análisis de las necesidades, se ha tratado de buscar una estructura capaz de resolver y solventar cada una de las necesidades que se han planteado, encontrando así la propuesta más adecuada, frente a todas las que han ido surgiendo y planteándose. Para la elección de la propuesta definitiva se han establecido unos criterios en la fase correspondiente al diseño e ideación como base de aceptación o rechazo según los inconvenientes que suponían en su diseño y construcción.

En la propuesta de proyecto presentada, se ha tenido en cuenta distintos autores y proyectos arquitectónicos, que han servido como referentes para la ideación de la misma.

La fase de inicio de proyecto, en la que se diseña la estructura principal, ha resultado una de las más dificultosas en cuanto a variedad se refiere, ya que en el ámbito de la construcción hay un amplio abanico de posibilidades a tener en cuenta ante un proyecto de estas características, donde no se plantean muchas restricciones, siendo el espacio una de las más condicionantes.

FOTOGRAFÍAS



¿ ZONAS DE DESCANSO Y ESTUDIO EN EL INTERIOR ?



¿ ASIENTOS DONDE LEER O HABLAR CON TUS COMPAÑEROS?



¿ ZONAS CON SOMBRA EN EL EXTERIOR DE LA ETSIE?



¿ ESPACIOS DONDE PODER FUMAR Y ESTAR CUANDO LLUEVA ?



etc...

Análisis de la geometría estructural utilizada por varios autores en sus obras

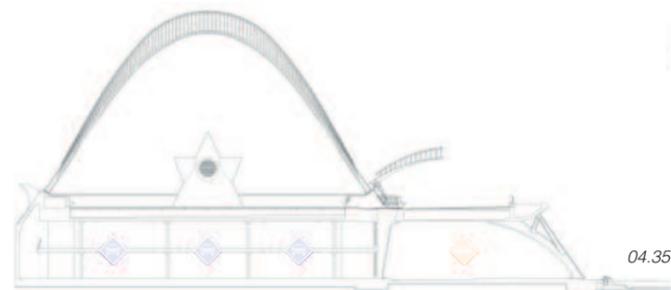
GEOMETRÍA:

**SANTIAGO CALATRAVA**

L'Umbracle, forma parte de la construcción del conjunto de la Ciudad de las Artes y las Ciencias - Valencia, España.

Es un jardín público con un paseo alargado, cubierto por una construcción moderna basada en una composición de arcadas paralelas en forma de umbráculo a distintas alturas y con un entramado intermedio entre estos arcos a modo de arriostramiento en el eje horizontal.

El material predominante empleado para su construcción es el metal, ya que tanto la estructura vista principal como la secundaria, que actúa como arriostramiento, también lo son.

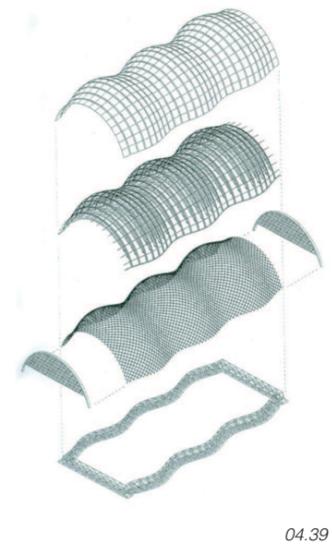
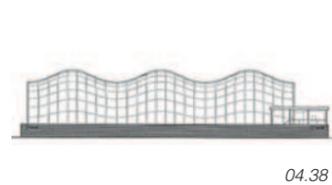


**SHIGERU BAN**

Pabellón de Japón EXPO 2000 HANNOVER - Alemania, 2000

De una superficie de 3600 m<sup>2</sup> y una altura de 16 m, la estructura combina arcos de madera laminada con una malla espacial de tubos de cartón de 40 m de ancho y 12,5 cm de diámetro atados con cintas de poliéster, configurando una estructura de 72 metros de longitud.

Los cimientos estaban compuestos por una estructura de acero y tablas de madera rellenas con arena. La estructura se cubrió con una membrana de papel, especialmente fabricada en Japón para resistir al fuego y al agua. El motivo de su construcción, "La protección del medio ambiente", creando así una estructura cuyos materiales pudieran ser reciclados.

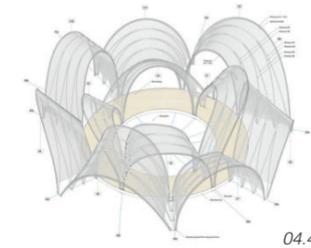


**nARCHITECTS**

Pabellón en el Bosque - Guangfu, Hualien, Taiwan

Pabellón levantado como homenaje a la naturaleza. Se compone a partir de once bóvedas elípticas construidas con bambú, formando dos anillos alrededor de un espacio abierto.

La configuración de las formas de las bóvedas, son generadas en base a una geometría sencilla como el arco parabólico. Esto permite configuraciones mucho más complejas a medida que se van desarrollando.



MATERIALES:

**MADERA**

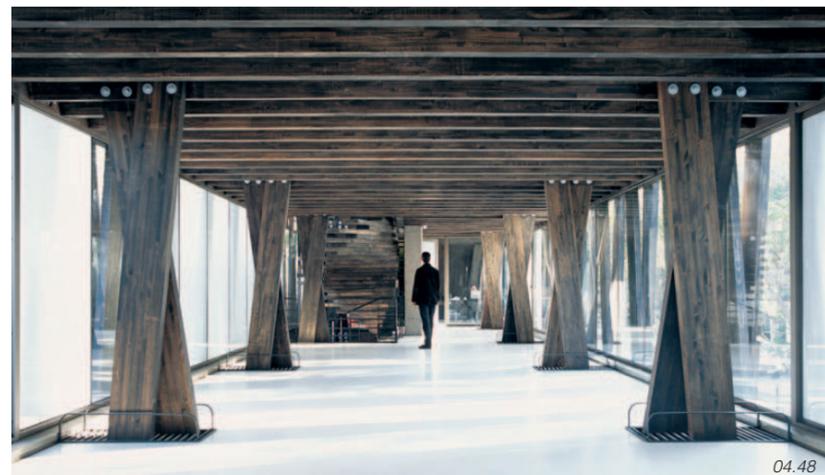
MADERA LAMINADA

Es un material que, como sistema constructivo se adapta a todo tipo de construcción, como lo es para este proyecto y con el que además se consigue crear un espacio cálido y confortable, cubriendo las necesidades que se han propuesto como objetivo previamente.

De los elementos estructurales, se debe destacar la importancia de las vigas como elementos horizontales. Estas vigas, de madera laminada son el producto de un recurso renovable como lo es la madera.

Están compuestas de piezas previamente seleccionadas y dimensionadas. El sistema seguido para su dimensionado consiste en la unión por adhesión de las distintas piezas hasta alcanzar las medidas establecidas. Su dimensionado puede alcanzar grandes luces, garantizándose la resistencia adecuada.

A este tipo de vigas laminadas les caracteriza su rigidez y resistencia, pudiendo así salvar grandes luces sin necesidad de un gran número de elementos verticales intermedios que ejerzan como soportes.



Además de su resistencia, son de gran ligereza y pueden resultar bastante económicas. El reunir todas estas características permite realizar gran variedad de trabajos como cubiertas, voladizos, pérgolas y muchos más tipos de estructuras en el ámbito de la construcción.

La madera laminada encolada, está normalizada, lo que supone una determinación preestablecida de secciones ante unas determinadas cargas o esfuerzos. De esta forma, permite efectuar los cálculos estructurales adecuados a la construcción a la que se expondrá, garantizándose así la capacidad de soportar la estructura calculada de proyecto.

Aunque en este proyecto no sea necesario salvar grandes luces, las vigas de madera pueden proporcionar la curvatura requerida, y con un tratamiento adecuado pueden habilitarse para su uso en el exterior.

Dimensiones aproximadas:

Las vigas de madera laminada curvas, pueden cubrir desde 14 hasta 40 metros de longitud, un canto de más de 64 hasta 200 cm y un grosor superior a 26 cm.

Museo Salinas de Añana - Vitoria



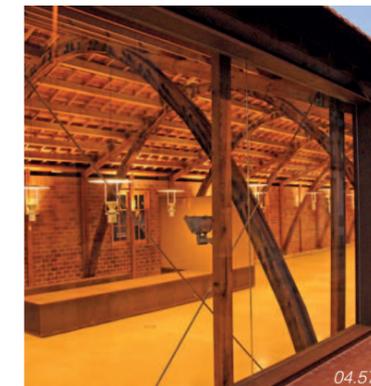
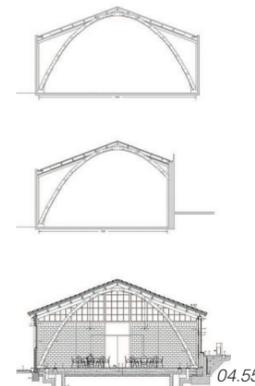
Restaurante en el Lago de Chapala - México



Reforma de la Nau Gaudí - Mataró, Barcelona

"La nau Gaudí" es el resultado de las obras de restauración y rehabilitación de "la nave de blanqueo", proyectada en 1883 por el arquitecto Antonio Gaudí.

La estructura portante de la nave está compuesta por una secuencia de arcos parabólicos de 12m de luz, contruidos con tres capas de tablonos de madera de pino, montados y trabados mediante la disposición de pernos de acero.



### ZONA DE TRABAJO

La superficie a cubrir en el patio abarca prácticamente toda la zona rectangular pavimentada contigua a la fachada Noroeste. Se ha llegado a esta decisión tras haber valorado las distintas ventajas y desventajas que ofrece cada una de las zonas, como por ejemplo:

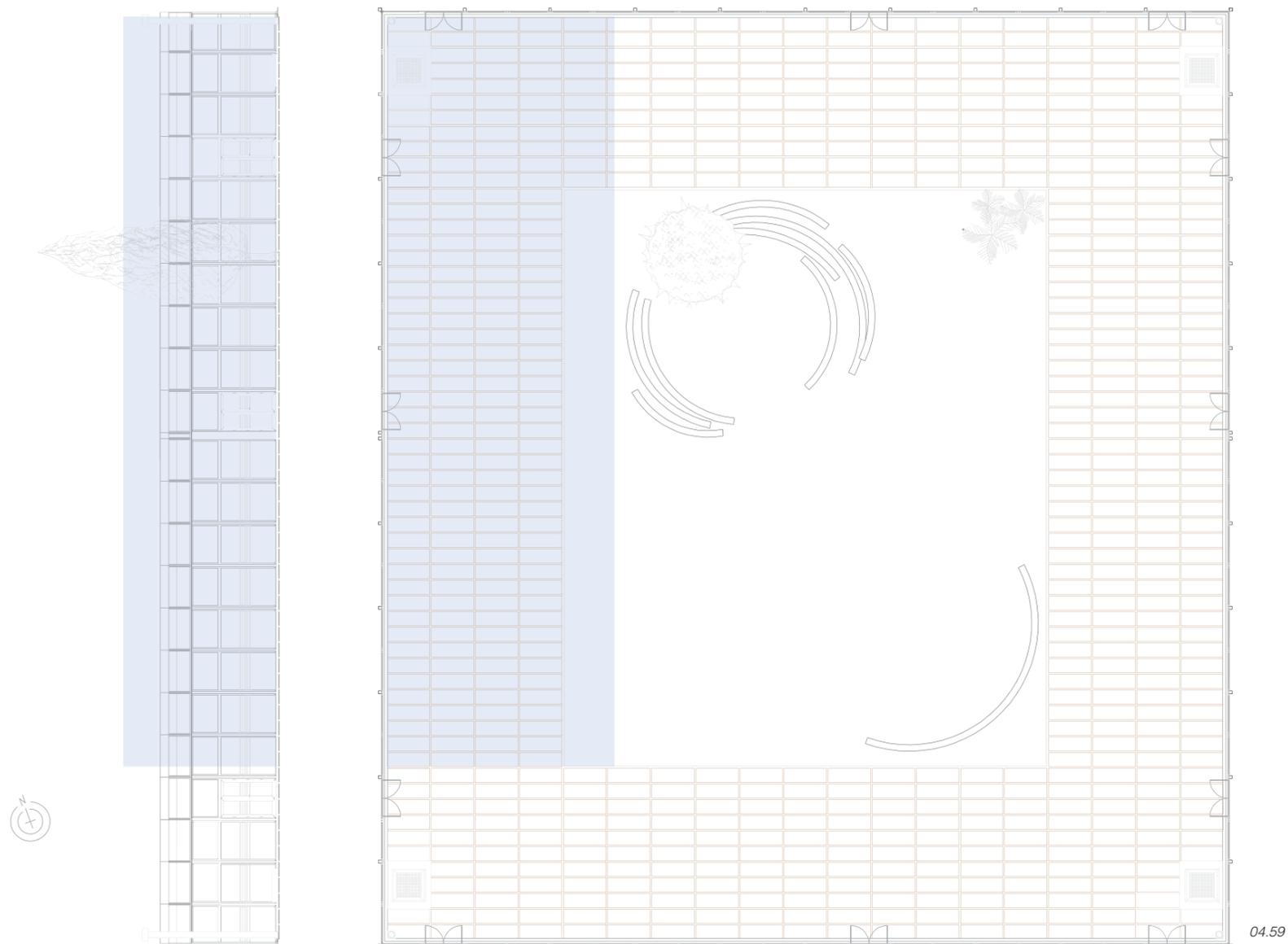
- Se trata de una zona de fácil acceso y de mayor concurrencia dentro de la ETSIE, dado que se encuentra próxima a la cafetería *La Vella*, reprografía, varias aulas informáticas y aseos de la propia escuela. Por tanto, existirán dos puertas por las que acceder a la superficie que cubre la estructura, uno en la fachada Noreste y otro en la Noreste, prácticamente frente a la de acceso a la cafetería.

- Es una zona orientada de manera que prácticamente tiene luz solar durante la mañana y parte de la tarde. Es un sistema que permitirá al mismo tiempo, dotarla de sombra sin impedir con ello, la penetración de iluminación natural en el pasillo interior más cercano.

- Ubicar la estructura en esta zona, permite visualizar la silueta de la misma desde la entrada principal de la ETSIE, al mismo tiempo que los elementos existentes en el interior como los árboles y bancos centrales circulares sin necesidad de modificarlos ni reubicarlos.

En definitiva, es una estructura ligera que cubre una cuarta parte del pavimento actual, y suficiente para resolver las necesidades que se han propuesto. Uno de los motivos en que se basa el diseño ha consistido en la rotura de la linealidad con el entorno, escogiendo por tanto la parábola como geometría que describe una forma curvada.

Fotografías de las zonas afectadas por la propuesta de construcción:

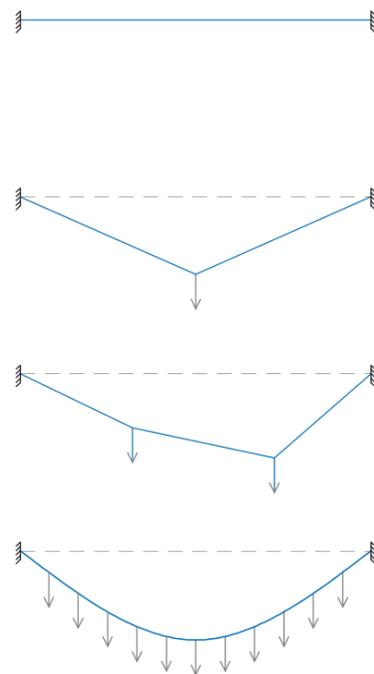


## ESTRUCTURA GEOMÉTRICA

En el ámbito de la construcción tradicional, es cierto que predominan los elementos verticales y horizontales, pero también existe y se aplican muchas otras estructuras de geometría no tan asíduas pero que tienen un buen comportamiento dependiendo de la forma de trabajo que desarrollará cuando entre en funcionamiento cierta estructura. Las formas cónicas no solo se aplican en la arquitectura como composición de volúmenes, sino también como limitador de espacios arquitectónicos. Por ello es importante conocer y estudiar la forma de trabajo cada uno de los elementos para así poder diseñar y elegir aquel elemento constructivo que más se adecue a las características estructurales y funcionales en cuanto a su construcción.

Puesto que en este proyecto se va a trabajar con una superficie curva como lo la **PARÁBOLA**, es conveniente conocer el concepto de funicular o catenaria, siendo esta definición la que nos explica el por qué de su geometría y su forma de trabajo:

*"Una funicular, es la curva que describe un cable, sujeto por sus dos extremos, al aplicarle unas cargas. Si estas cargas a las que está sometido son una carga uniformemente repartida a lo largo de su longitud, a la curva se le denomina catenaria. Esto ocurre porque el cable es flexible y sólo puede tener esfuerzos normales internos. El cable se deformaría y estaría únicamente trabajando a tracción. Si esta misma curva se invirtiera, podríamos afirmar que está sometida tan solo a compresiones. El cable no podría soportarlas por su falta de rigidez, pero otros materiales como el hormigón, el ladrillo, la piedra... sí que son capaces de resistir estos esfuerzos. Ésta operación es la que tradicionalmente se ha realizado para la configuración de arcos y puentes desde la época romana. En la práctica estas curvas funiculares se simplifican mediante parábolas, ya que estas curvas coinciden prácticamente con las anteriores."*  
(FJ Sanchis Sampedro, 2011)



04.63

## LA PARÁBOLA (el primero en usar este término, Apolonio de Perge)

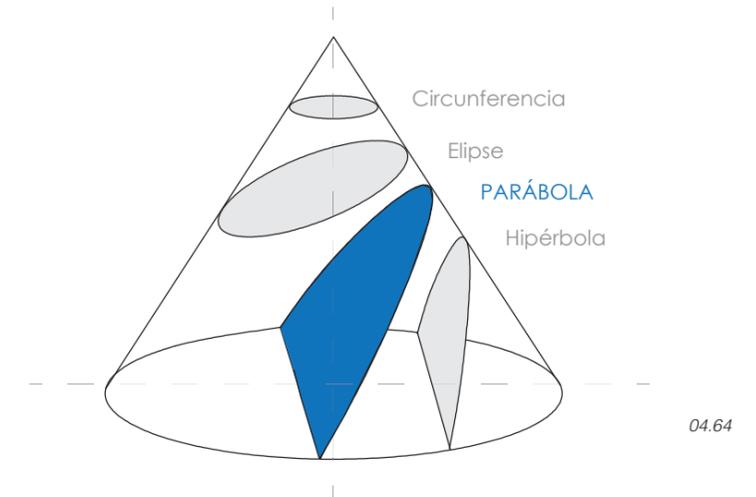
### DEFINICIÓN MATEMÁTICA

Aquella sección cónica que resulta al cortar un cono recto mediante un plano inclinado, formando un ángulo respecto al eje de revolución del cono igual al que presenta su generatriz.

### DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

Se considera el lugar geométrico de los puntos de un plano que equidistan de un punto exterior fijo llamado foco y una recta llamada directriz.

Todas las parábolas son semejantes, es únicamente la escala la que crea la apariencia de que tienen formas diferentes.



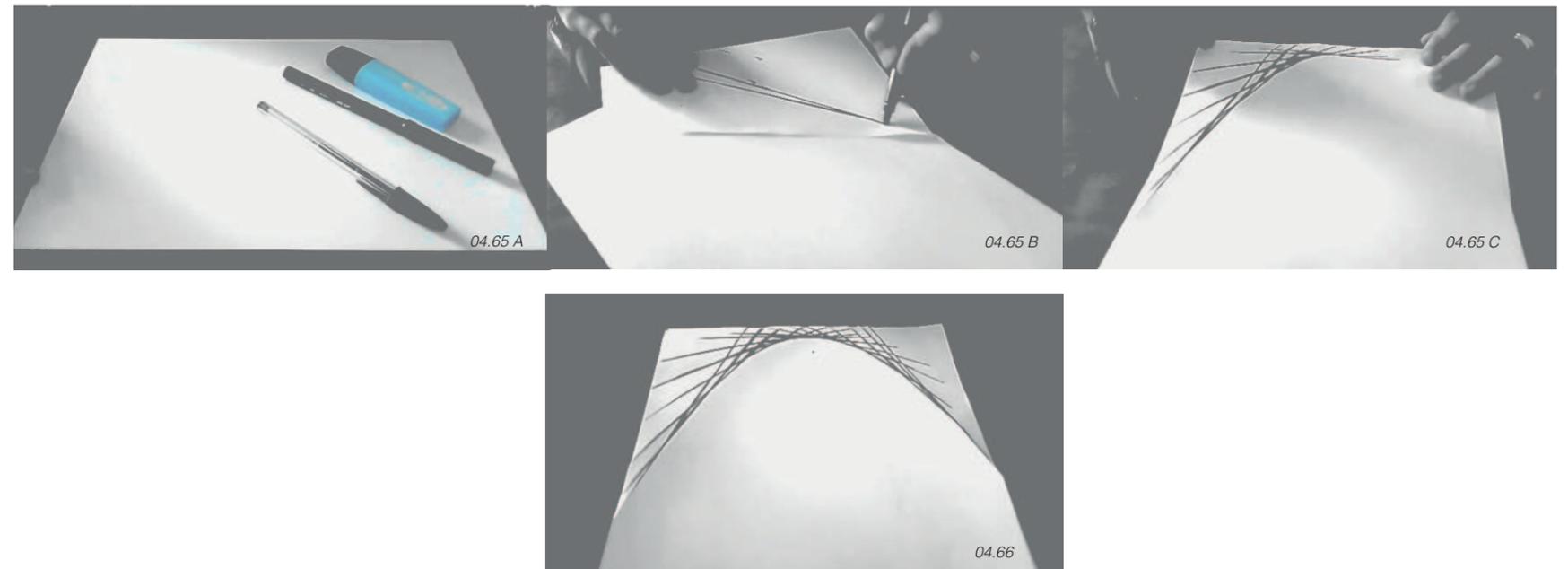
### APLICACIÓN PRÁCTICA

La construcción de una parábola a partir de dobles sobre una hoja de papel y un rotulador:

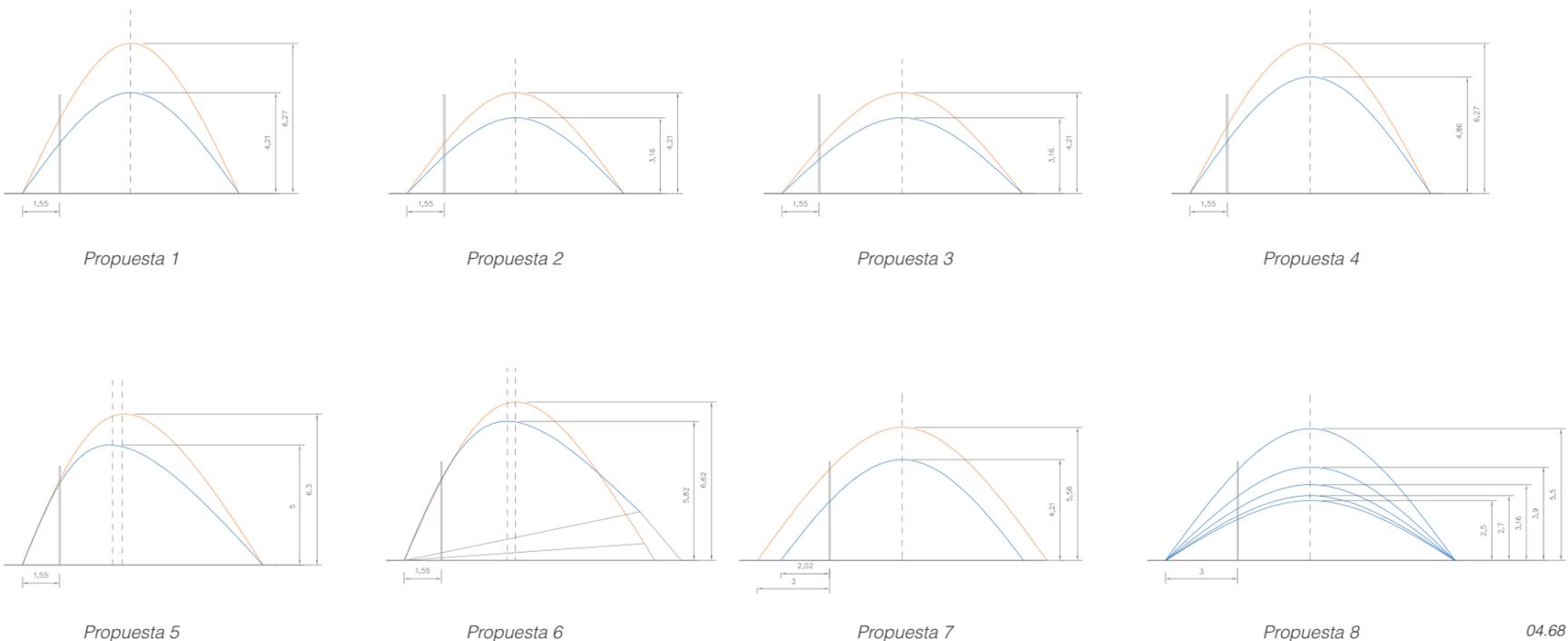
En primer lugar, dibujamos un punto cerca del borde más corto de la hoja, a una distancia intermedia. Y a continuación, se realizarán todos los dobles posibles de manera que el borde de la hoja coincida con el punto que se ha marcado anteriormente. En cada doble que se realice, dejaremos marcado con el rotulador la línea recta que se ha generado. Este mismo procedimiento se deberá repetir tantas veces como sea posible.

Al final de este proceso, se pueden distinguir los elementos que definen la parábola como el foco y la directriz. Del mismo modo también se pueden definir las rectas tangentes y llevar a cabo la comprobación de la equidistancia desde el punto de tangencia al foco y a la directriz.

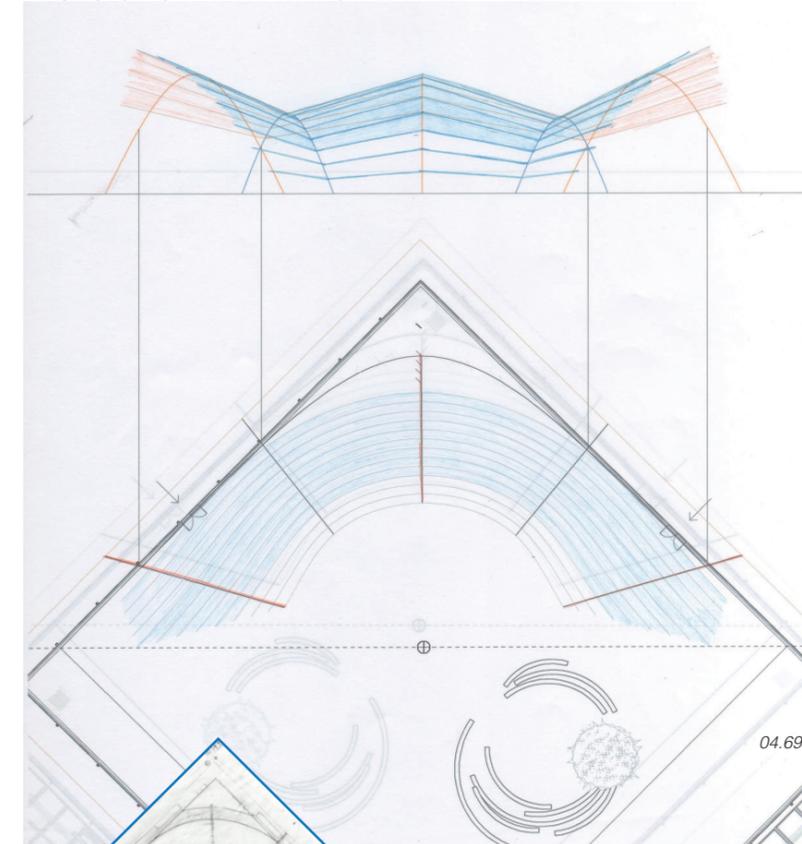
Enlace a video en Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=GwiTO14Tnto> 04.67  
Buscador de Youtube: " cómo dibujar una parábola "



ESQUEMAS LINEALES DE LAS PROPUESTAS



PROPUESTAS ALTERNATIVAS



Propuesta desestimada por la complicación que supondría su ejecución, ya que los arcos radiales además de ser parabólicos tendrían distinta inclinación respecto al encuentro con la fachada, lo que supone el diseño individualizado de cada uno así como la unión entre sí.

JUSTIFICACIÓN Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN / RECHAZO DE LAS PROPUESTAS

Básicamente todas las propuestas han surgido de la combinación de 2 modelos de parabólico, que se han ido analizando para poder realizar la elección más apropiada dadas sus características.

- Entre todas ellas, únicamente una consiste en ir aumentando progresiva pero no linealmente cada una de las alturas de las parábolas a medida que van alejándose de la fachada Noreste (propuesta 8). El problema de esta opción reside en la dificultad en cuanto a diseño y fabricación se refiere y al futuro coste económico que supondría, ya que debería diseñarse 5 tipos distintos de encuentros frente a 2, como sería en el resto de casos.

Por estos motivos, se ha decidido desestimar esta propuesta, a pesar de haberse considerado un diseño más original.

- En el resto de las propuestas se ha ido variando tanto las alturas como el ancho de éstas. La superficie que se crea al modificar el ancho, puede resultar "un tanto extraña", por lo que se ha decidido desestimar también esta opción (propuesta 7).

- Las propuestas en las que se decide variar su inclinación, también supondrían un aumento del presupuesto, ya que acorde a ello necesitarían un diseño concreto, del mismo modo que necesitaría una mayor supervisión durante su ejecución en obra (propuestas 5 y 6).

La unión de las parábolas entre sí, dos a dos, mediante vigas rectas, crea una superficie de cubrición inclinada, recayendo cada tramo en dos de las parábolas, pero con distinta inclinación. Por este motivo, se han analizado las opciones planteadas, logrando así algunas de las conclusiones para realizar la elección definitiva.

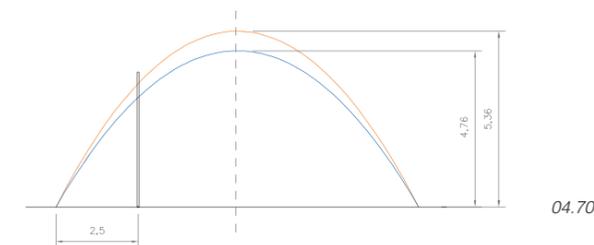
- La diferencia que existe entre las propuestas restantes (1, 2, 3 y 4) reside en la diferencia de alturas:

La opción que facilitaría la construcción, es aquella en la que el encuentro del arco parabólico con la fachada se realiza a la altura de forjado, ya que no quedaría visto desde el interior del edificio, y prácticamente inapreciable desde el exterior del mismo.

En cuanto a los modelos parabólicos, por una parte, el de menor altura es lo suficientemente alto para permitir el paso sin peligro de golpearse y permitir al mismo tiempo, la visión a través de ella desde el interior del edificio sin ninguna dificultad.

Para establecer el límite de altura se ha tomado como referencia 3 puntos, los 2 de apoyo y el encuentro con fachada (iguales al otro modelo) por lo tanto, hay un punto en que la altura de la estructura no debe ser mayor para cumplir con estas condiciones. Definitivamente, la estructura alcanzará 1 metro sobre el edificio (PB). De este modo, obtendremos una estructura integrada en el entorno en cuanto al tamaño.

PROPUESTA DEFINITIVA



Sobre la propuesta escogida como estructura principal del proyecto, se ha ido generando una maqueta a escala 1/50.

Se han empleado distintos materiales para llevar a cabo su materialización, tratando de conseguir una imagen en 3D lo más aproximada posible del modelo definitivo.

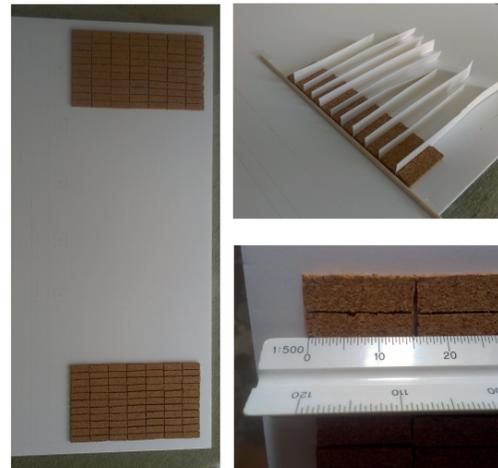
Relación materiales - elementos constructivos

1. **Cartón - pluma**, de dimensiones 100x50x0'5 cm de color blanco



Soporte de la maqueta y bancos circulares en zona central

2. **Planchas de corcho natural**, de 3 y 5 mm de espesor y color marrón



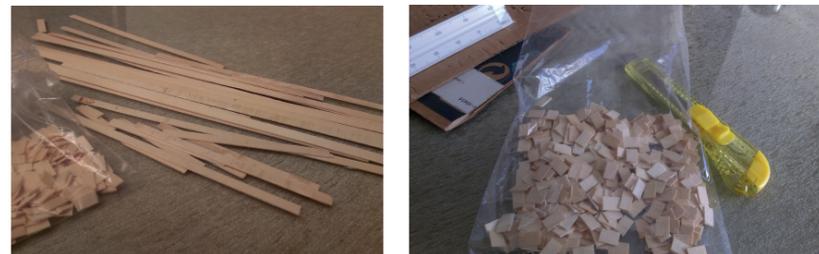
Pavimento exterior y soportes parabólicos, respectivamente

3. **Poliestireno expandido**, de 10mm de espesor y color blanco



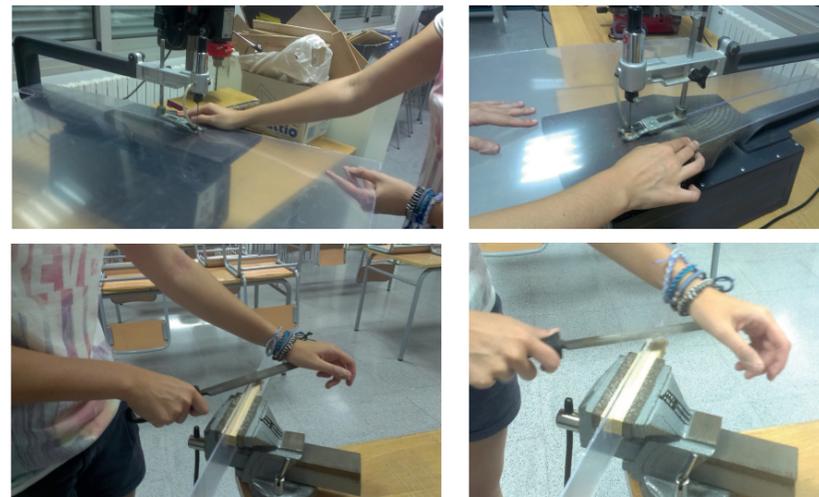
Cimentación de las zapatas

4. **Pequeñas maderas**, de 7mm de ancho y 3mm de espesor, que hemos ido laminando, consiguiendo así 3 láminas de 1 mm cada una, de color beige



Pavimento cerámico dispuesto bajo la nueva estructura

5. **Metacrilato rígido**, de 2'5mm de espesor, trabajado en taller para obtener las piezas de dimensiones requeridas y con un lijado cruzado como refinado de las aristas



Fachadas acristaladas de la ETSIE

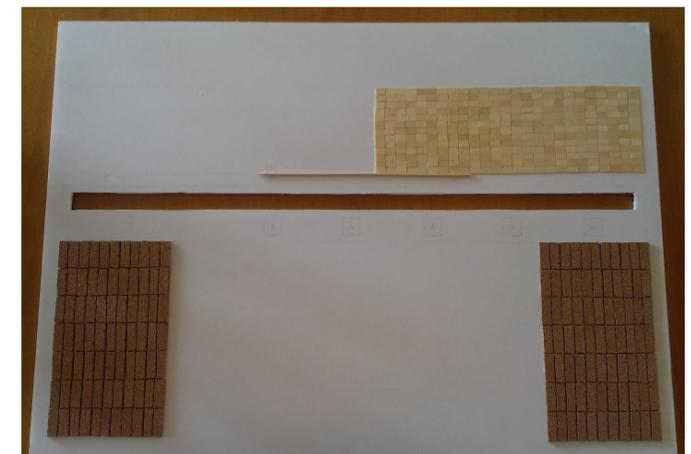
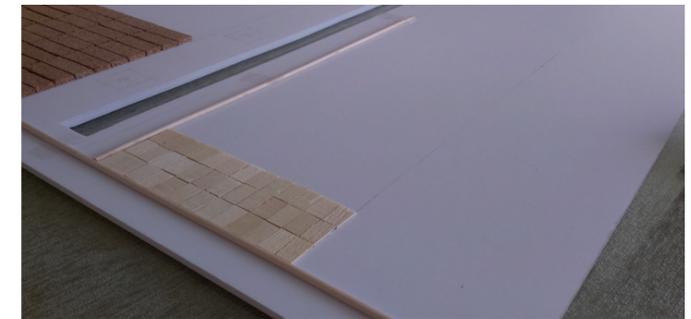
6. **Plástico grueso** cortado según la forma curva que define la estructura



Cubierta de policarbonato alveolar

IMÁGENES GENERALES DE LA MAQUETA

04.71



## 1\_ MATERIALES EMPLEADOS

En la estructura del proyecto se distinguen dos materiales diferenciados, como la madera y el policarbonato alveolar. El cuerpo de la estructura del proyecto está formado a partir de cinco elementos parabólicos, sobre los que se disponen unas vigas que longitudinalmente van creando la superficie como base de cubrición del conjunto estructural. Ambos elementos son de madera laminada pero distinta geometría, ya que las vigas son rectas y los arcos tienen forma parabólica, así como la sección e inercia de ellos. Por otra parte, como elemento de cubrición se ha empleado el policarbonato alveolar, que irá sujeto a las vigas principales mediante un sistema de unión mecánico utilizando piezas de acero.

A continuación se hace referencia a las propiedades, que serán consideradas como valores nominales a adoptar en los cálculos, los cuales se han obtenido según la normativa y fichas técnicas de cada uno de los materiales.

### 1\_1. MADERA LAMINADA

La madera empleada tanto en los elementos verticales como horizontales, tiene unas propiedades estructurales según el Código Técnico de la Edificación en el DB SE-M (Documento Básico de Seguridad Estructural en la Madera, 2009), donde se distingue su comportamiento desigual según la dirección en que se analice, de forma perpendicular o paralela a las fibras. Por esto mismo, se considera un material en el que sus propiedades físicas y mecánicas dependen de la dirección del esfuerzo que se aplique, en función de la orientación de las fibras que la constituyen.

Según los datos recogidos en el Anejo E de la normativa anteriormente mencionada, se clasifican los distintos valores característicos para maderas según su composición, de la que extraemos la información correspondiente a la madera laminada encolada (clase GL) como las resistencias características a flexión, tracción y compresión paralela y perpendicular, y por último el cortante. Además también se recogen datos correspondientes a las propiedades de rigidez, como el módulo de elasticidad paralelo, perpendicular y de cortante.

Las siguientes tablas muestran los valores de las propiedades asociadas a la clase resistente de la madera laminada encolada:

| Valores característicos MADERA LAMINADA ENCOLADA |  | (clase resistente GL24h) |
|--|--|--------------------------|
| Resistencia característica a:                    |  | (N/mm <sup>2</sup> )     |
| - Flexión  |  | 24                       |
| - Tracción (paralela)                            |  | 16'5                     |
| - Tracción (perpendicular)                       |  | 0'4                      |
| - Compresión (paralela)                          |  | 24                       |
| - Compresión (perpendicular)                     |  | 2'7                      |
| - Cortante                                       |  | 2'7                      |
| Rigidez:   |  | (kN/mm <sup>2</sup> )    |
| - Módulo elasticidad paralelo medio              |  | 11'6                     |
| - Módulo elasticidad paralelo 5º-percentil       |  | 9'4                      |
| - Módulo elasticidad perpendicular medio         |  | 0'39                     |
| - Módulo transversal medio                       |  | 0'72                     |
| Densidad:  |  | (kg/m <sup>3</sup> )     |
| - Densidad característica                        |  | 350                      |

### 1\_2. POLICARBONATO ALVEOLAR

El material constituyente de todo el elemento de cubrición es el policarbonato alveolar. Todos los datos característicos de este material han sido deducidos del catálogo CRYSTALITE.

| Valores característicos del POLICARBONATO ALVEOLAR |  | (N/mm <sup>2</sup> )      |
|--|--|---------------------------|
| Resistencia característica a tracción:             |  |                           |
| - Rotura   |  | 30'35                     |
| - Límite elástico                                  |  | 60                        |
| - Módulo de tracción                               |  | 2300 (g/cm <sup>3</sup> ) |
| Peso específico                                    |  | 1'20                      |
| Densidad:  |  | (kg/m <sup>3</sup> )      |
| - Densidad característica                          |  | 350                       |

## 2\_ SOFTWARE DE CÁLCULO

Para llevar a cabo el análisis de la presente estructura, hemos utilizado el programa SAP2000.

Es un programa empleado para el análisis de estructuras basado en el método de los elementos finitos, en el que las propiedades de la estructura son representadas por un número finito de elementos estructurales interconectados entre sí por un número finito de nodos, a los que se les aplican las cargas, obteniéndose los correspondientes desplazamientos y solicitaciones en cada uno de los elementos según los ejes los mismos.

En este software, la entrada de datos iniciales de la geometría del modelo es gráfica mediante el programa de AutoCAD 3D.

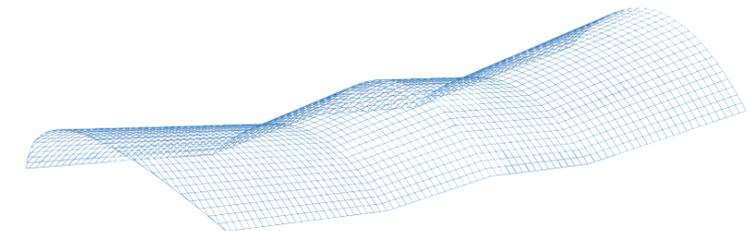
Para su definición, se crean una serie de pasos:

- Paso 1: definición del número de hipótesis básica
- Paso 2: definición de coordenadas de los distintos nodos de la estructura
- Paso 3: asignación de condiciones de contorno y apoyos
- Paso 4: definición de las propiedades de las secciones resistentes y características de los materiales, así como las incidencias de cada elemento. Las propiedades de cada sección serán constitutivas de los materiales que formen la misma, pudiéndose definir los espesores de los materiales de las distintas capas que forman la sección
- Paso 5: aplicación de las cargas en los elementos para cada hipótesis
- Paso 6: creación de combinación de las hipótesis básicas de cálculo

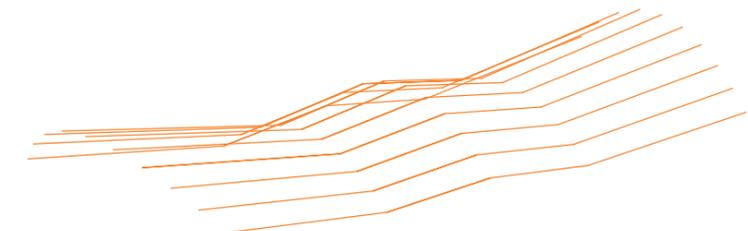
El SAP2000, del mismo modo que otros programas, utiliza cualquier tipo de unidades siempre y cuando éstas sean coherentes. Para los diferentes análisis se han utilizado las siguientes unidades, acorde al Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI):

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Geometría:                     | m   |
| Espesor de las shells:         | m   |
| Dimensiones de las barras:     | m   |
| Propiedades de los materiales: | daN/cm <sup>2</sup> y daN/cm <sup>3</sup> |
| Cargas en las shells:          | daN/m <sup>2</sup>                        |

Cubrición (policarbonato alveolar)



Vigas (madera laminada)



Soportes (madera laminada)



### 3\_ GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

La geometría de la estructura está condicionada por los siguientes apartados:

- a) Necesidad de una altura libre para el paso de las personas, dando lugar a una altura de paso de 3 m aprox.
- b) La estructura portante de la cubierta consta de 5 arcos parabólicos, que podemos clasificar en 2 grupos según su altura, ya que tres de ellos tienen una altura libre de 5'32 m y los dos restantes de 4'73 m, arriostradas horizontalmente entre sí mediante vigas rectas inclinadas, debidas a la diferencia de alturas entre las parábolas contiguas.
- c) El esqueleto principal está realizada con madera laminada, tanto los arcos parabólicos que actúan como soportes verticales, como las vigas rectas que actúan como elementos horizontales. Debido a sus necesidades resistentes adoptarán una sección distinta.
- d) El elemento de cubrición de la estructura es de policarbonato alveolar como se ha hecho referencia anteriormente, adoptando un espesor constante.

Todos estos puntos anteriores determinan la geometría y modelización del conjunto. Que serán importados del programa de dibujo AutoCAD 3D.

### 4\_ DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La modelización de la estructura servirá para obtener una primera visión de la misma y de la tipología estructural resultante. El dimensionado existente proporcionará un rango de valores, con lo que validará la solución estructural aportada.

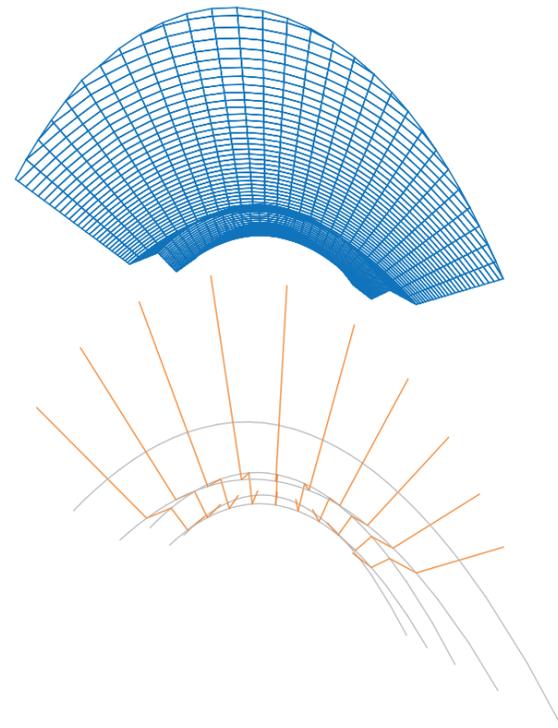
La modelización de la estructura está detallada a continuación, y las figuras siguientes muestran las diferentes partes de la estructura y el método que se ha seguido para su modelización.

De la estructura se han codificado todos los elementos que la componen según: joints, frames y shells, de forma que sea más fácil entender los resultados que se han obtenido tras el análisis

Para ello, la estructura se ha dividido en los grupos detallados a continuación:

#### 4\_2 Grupos de SHELLS (membrana)

Se ha utilizado este elemento para definir las secciones correspondientes a los elementos estructurales que forman la cubierta de la estructura dentro del programa de cálculo. El uso de este modelo ha permitido generar la sección que configura este elemento, de un espesor de 10 mm.



#### 4\_1 Grupos de FRAMES (barras)

Arcos parabólicos, que actúan como soportes de la estructura realizados a partir de madera laminada con un predimensionado de la sección.

Vigas, elementos horizontales con una pequeña inclinación, que actúan como arriostramiento de las parábolas y como punto de unión del material de cubrición que se dispondrá sobre éstas.

### 5\_ DISCRETIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Por tanto, y partiendo de las descripciones expuestas en los apartados anteriores, se ha procedido a realizar el análisis de la estructura empleando el ordenador y el software SAP2000, mediante el método de los elementos finitos.

Para llevar a cabo el análisis, se parte de la discretización de la estructura, donde se han considerado todos los elementos que la componen, utilizando las dimensiones reales; creando así un modelo hiperestático y definiendo las características elásticas de los materiales de que están compuestos los dichos elementos.

La discretización de ha realizado teniendo en cuenta los nudos propios generados por la intersección de shells y frames. Definitivamente se ha creado un modelo de elementos finitos a escala real de toda la geometría de la estructura.

### 6\_ TIPOS DE ANÁLISIS

Para efectuar el presente estudio, se ha planteado y desarrollado el análisis de un modelo elástico y lineal.

A cada nodo se le ha permitido los grados de libertad necesarios para no producir indeterminaciones durante el proceso de cálculo:

Para el elemento barra (frame) con nudos en sus extremos, permite obtener los esfuerzos internos de tipo axial, de flexión y de cortante, en ambos planos principales, del mismo modo que obtendremos en el elemento placa (shell), pero en este caso en los 3 ó 4 nudos que se han creado al definir la misma.

#### 6\_1 Datos introducidos para el análisis

En el programa SAP2000 se han definido los materiales que constituyen los elementos estructurales, con los datos especificados anteriormente.

El proceso para designar dichos elementos se ha realizado como tipo *Other* dentro del programa, ya que de esta forma se evita que se diseñase la estructura según una de las normativas americanas y europeas que ya se encuentran predefinidas en la librería. Cabe destacar que la última decisión en cuanto al dimensionado de los elementos estructurales está en poder del proyectista o del agente que se disponga a efectuar el cálculo.

Las características principales introducidas en el software están recogidas en las tablas siguientes:

#### POLICARBONATO ALVEOLAR

|   |               |
|---|---------------|
| - Nombre del material en SAP2000  | POLICARBONATO |
| - <i>Weight per unit Volume</i> (densidad) en Kg/m <sup>3</sup>                       | 1             |
| - <i>Mass per unit Volume</i> (masa) en T   | 0,102         |
| - <i>Modulus of Elasticity</i> (módulo de elasticidad) en N/mm <sup>2</sup> = E       | 407886,5      |
| - <i>Poisson's ratio</i> (coeficiente de Poisson) = U                                 | 0,37          |
| - <i>Coeff of thermal expansion</i> (coeficiente de dilatación térmica) en m/m.°C = A | 7,000E-05     |
| - <i>Shear Modulus</i> (Módulo de corte) = G  | 148863,69     |

#### MADERA LAMINADA ENCOLADA

|   |           |
|---|-----------|
| - Nombre del material en SAP2000  | MADERA    |
| - <i>Weight per unit Volume</i> (densidad) en Kg/m <sup>3</sup>                       | 0,73      |
| - <i>Mass per unit Volume</i> (masa) en T   | 0,0744    |
| - <i>Modulus of Elasticity</i> (módulo de elasticidad) en N/mm <sup>2</sup> = E       | 1004000   |
| - <i>Poisson's ratio</i> (coeficiente de Poisson) = U                                 | 0,15      |
| - <i>Coeff of thermal expansion</i> (coeficiente de dilatación térmica) en m/m.°C = A | 3,400E-04 |
| - <i>Shear Modulus</i> (Módulo de corte) = G  | 436521,7  |

7\_ ACCIONES

Para obtener las acciones que actúan sobre la estructura, debemos hacer referencia al Código Técnico de la Edificación, en concreto al CTE DB-AE (Documento Básico de Acciones Estructurales, 2009).

Se considerarán cargas aplicadas sobre los soportes, vigas y elemento de cubierta, aquellas cargas gravitatorias como la Carga Permanente (peso propio), sobrecarga de Uso, Nieve y Viento.

7\_1 Hipótesis de carga

Las hipótesis básicas adoptadas para el cálculo de la estructura son:

Peso propio (PP)

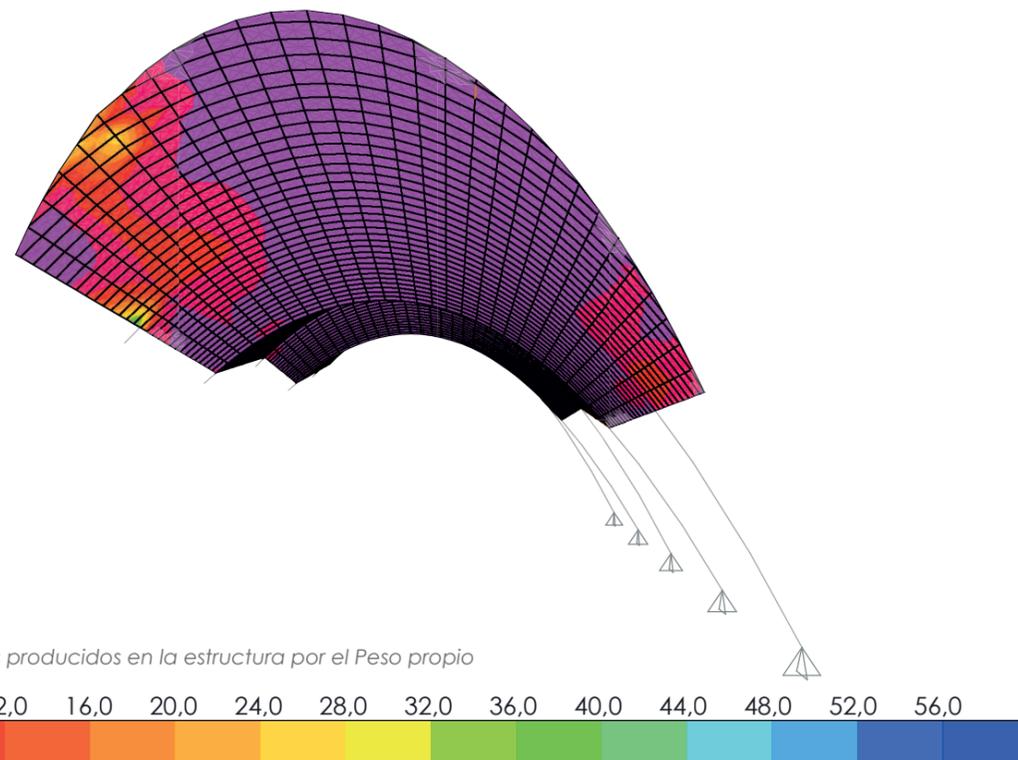
Estas cargas las aplica el programa de cálculo directamente según las características de las secciones de las frames de la estructura y los espesores de las shells, teniendo en cuenta los distintos componentes de la misma. Es decir, realiza el cálculo de forma automática, tomando el peso específico de los materiales.

En el Anejo C del CTE DB-AE se incluyen los pesos específicos de los materiales y productos relacionados con los elementos constructivos de la edificación.

El material de cubierta correspondiente al policarbonato alveolar no aparece en estas tablas a las que hemos hecho referencia, pero lo hemos podido obtener de un catálogo facilitado por la empresa Crystalite.

Madera laminada = Frames = 7,3g (g/cm³)  
 Policarbonato alveolar = Shells = 1,20 (g/cm³)

A continuación mostramos el resultado de aplicar únicamente estos datos sobre la estructura:



Vista 3D de los esfuerzos producidos en la estructura por el Peso propio

Resultant FVM Diagram (DEAD) - N, mm, C)

Sobrecarga de uso (SU)

Sabiendo que nuestro caso se basa en un estructura ligera en el exterior, cubierta y que solo será accesible para tareas de mantenimiento, o para posibles reparaciones de la misma. Obtenemos de la tabla 3.1 de CTE DB-AE, los valores de sobrecarga de uso por metro cuadrado.

| Categoría de uso |  | Subcategorías de uso |   | Carga uniforme [kN/m²] | Carga concentrada [kN] |
|------------------|--|----------------------|---|------------------------|------------------------|
| A                | Zonas residenciales  | A1                   | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles  | 2                      | 2                      |
|                  |  | A2                   | Trasteros   | 3                      | 2                      |
| B                | Zonas administrativas  |                      |   | 2                      | 2                      |
| C                | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1                   | Zonas con mesas y sillas  | 3                      | 4                      |
|                  |  | C2                   | Zonas con asientos fijos  | 4                      | 4                      |
|                  |  | C3                   | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5                      | 4                      |
|                  |  | C4                   | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas   | 5                      | 7                      |
|                  |  | C5                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)  | 5                      | 4                      |
| D                | Zonas comerciales  | D1                   | Locales comerciales   | 5                      | 4                      |
|                  |  | D2                   | Supermercados, hipermercados o grandes superficies  | 5                      | 7                      |
| E                | Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)                             |                      |   | 2                      | 20 <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>(6)</sup>  | 0,4 <sup>(4)</sup>     | 1                      |
|                  |  | G2                   | Cubiertas con inclinación superior a 40°  | 0                      | 2                      |

Tabla 1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Esta carga se podrá ver reducida por el coeficiente de carga correspondiente a la tabla, pero que en nuestro caso no se verá afectada ya que el número de plantas al uso únicamente es una.

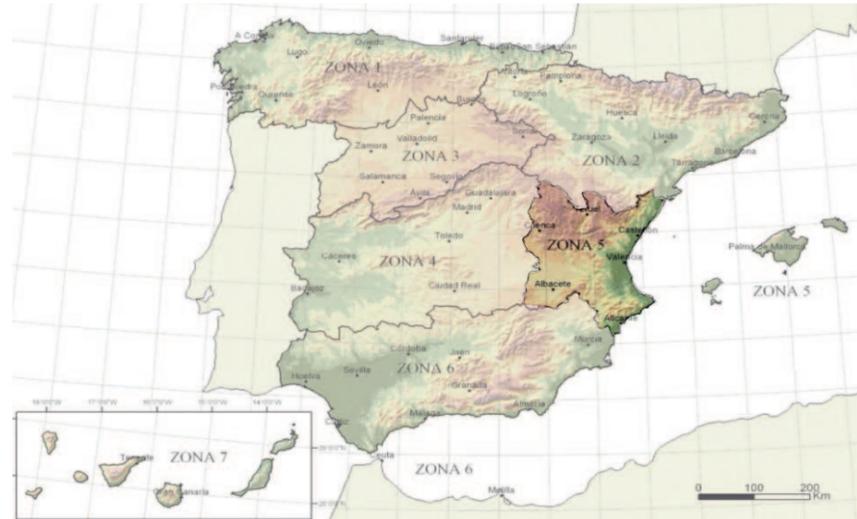
| Elementos verticales            |       |         | Elementos horizontales     |     |     |     |
|---------------------------------|-------|---------|----------------------------|-----|-----|-----|
| Número de plantas del mismo uso |       |         | Superficie tributaria (m²) |     |     |     |
| 1 ó 2                           | 3 ó 4 | 5 ó más | 16                         | 25  | 50  | 100 |
| 1,0                             | 0,9   | 0,8     | 1,0                        | 0,9 | 0,8 | 0,7 |

Tabla 2. Coeficiente de reducción de carga de uso

Por tanto obtendremos un valor de carga uniforme de 1kN/m2 y un valor de carga concentrada de 2 kN.

## Nieve (N)

Para realizar el cálculo de la misma, será necesario remitirnos al Anejo E del CTE DB-AE, concretamente a la tabla E2, en la que conociendo la altitud de la zonda donde se encuentra la estructura (Universidad Politécnica de Valencia, ETSIE y según Google Earth, 15 m.s.n.m.), y la zona geográfica de Valencia, zona 5. Obtenemos una sobrecarga por cada m<sup>2</sup>.



Mapa 1. Zona climática de invierno

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

Tabla 3. Sobrecarga de nieve sobre terreno horizontal

En este caso, sí aparece explícitamente nuestra ciudad, Valencia, pero no la altura concreta, de forma que deberemos interpolar los resultados que nos facilitan

$$(15-0)/(200-0) = (x-0'2)/(0'3-0'2) \quad x = 0'2075$$

Obteniendo definitivamente, tras realizar los cálculos anteriores, una sobrecarga de uso de 0'2075 kN/m<sup>2</sup>

Puesto que la carga de nieve viene dada por la siguiente expresión, al sustituir nuestros datos obtenemos q<sub>e</sub>:

$$N = \mu \times S_k = 1 \times 0'2075 = 0'2075 \text{ kN/m}^2$$

Siendo:

$\mu$ , el coeficiente de forma, que para cubiertas de < 30° de inclinación según el CTE DB-AE, en el apartado 3.5.2, especifica que en esta situación se tomara  $\mu=1$

$S_k$ , la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal (obtenido al interpolar los datos facilitados en las tablas)

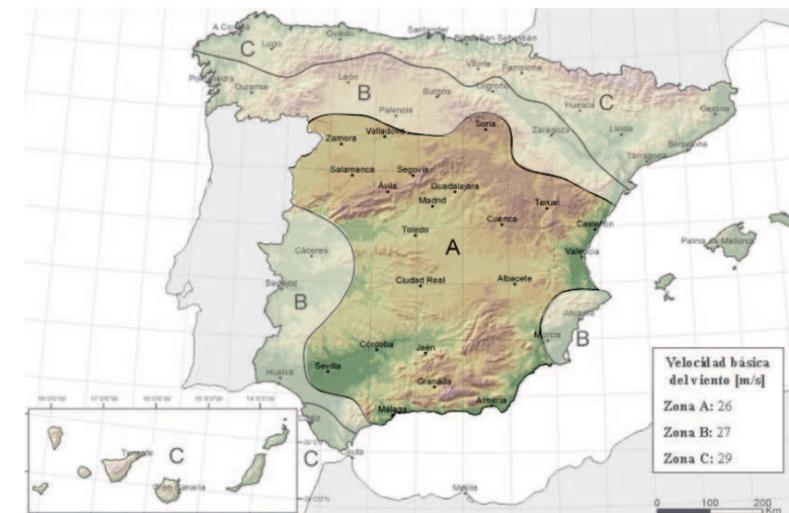
## Viento (V)

La acción del viento genera una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto o sección expuesta. Por este motivo, en la discretización de la estructura se han generado unas superficies planas formando el elemento de cubrición de la presente estructura. Según el CTE DB-AE, la acción del viento puede expresarse como:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p$$

CÁLCULO del q<sub>b</sub>

La imagen del Anejo D del CTE DB-AE hace referencia a la velocidad del viento según las zonas, donde Valencia pertenece a la Zona A.



Mapa 2. Zonas del territorio según la velocidad del viento

Por tanto le corresponde un coeficiente de presión dinámica de 0'42 kN/m<sup>2</sup>, que puede simplificarse para el territorio de España en un 0'50 kN/m<sup>2</sup>

CÁLCULO del C<sub>e</sub>

En cuanto al coeficiente de exposición, que es variable en función de la altura del punto que se considere, según la tabla del apartado 3.3.3 del CTE DB-AE

| 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 4. Relación: Grado de aspereza del entorno y altura

De la que se extrae un coeficiente de valor para C<sub>e</sub> = 1'7, pero como se indica en el principio del apartado del CTE DB-AE: "en edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2'0".

CÁLCULO del  $C_p$

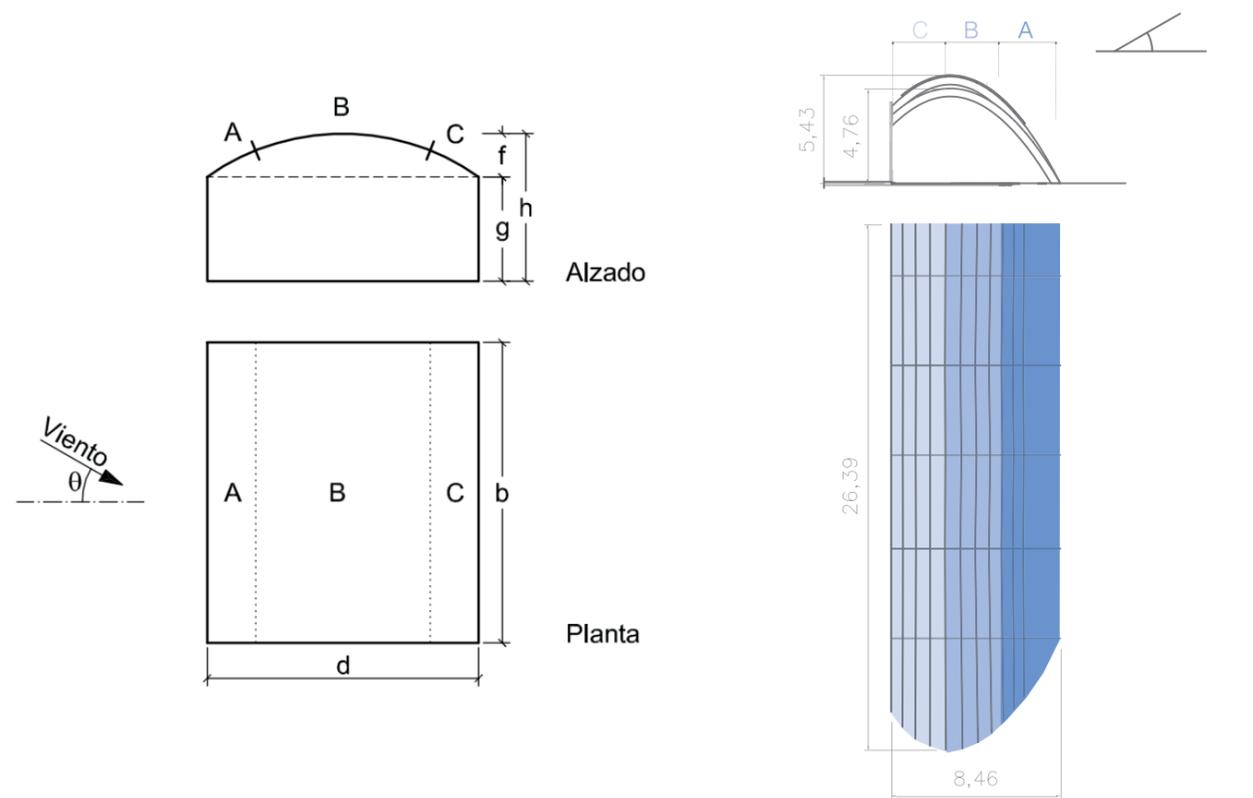
El coeficiente de presión depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. El valor negativo del mismo indica succión.

Para el cálculo de dicho coeficiente acudiremos al Anejo D del CTE DB-AE, y en el apartado D.3 extraeremos los valores, en función del tipo de elementos que conforman la estructura.

En el caso de la presente, se ha decidido escoger como guía de cálculo la Tabla D.12 Cubiertas cilíndricas. Se ha considerado esta opción por ser una estructura curva, aunque no llega a ser cilíndrica, ni tampoco esférica, por tanto y por simplificación de alguno de los cálculos, se ha utilizado este método de cálculo adaptándolo a las zonas y datos según las solicitudes que se nos plantean.

En primer lugar se calcula el coeficiente eólico en caso del viento lateral, ya que el frontal puede despreciarse debido a que la estructura se encuentra entre paredes en la parte frontal y trasera de la misma. Por esto, únicamente se considerará como dirección del viento principal la correspondiente a la lateral.

Para realizar estos cálculos, se ha tenido que determinar previamente las distintas zonas de la estructura, en función a la siguiente figura en el Anejo D Tabla D.12, cubiertas cilíndricas del CTE DB-AE.



Esquema zonas de aplicación en cubiertas cilíndricas

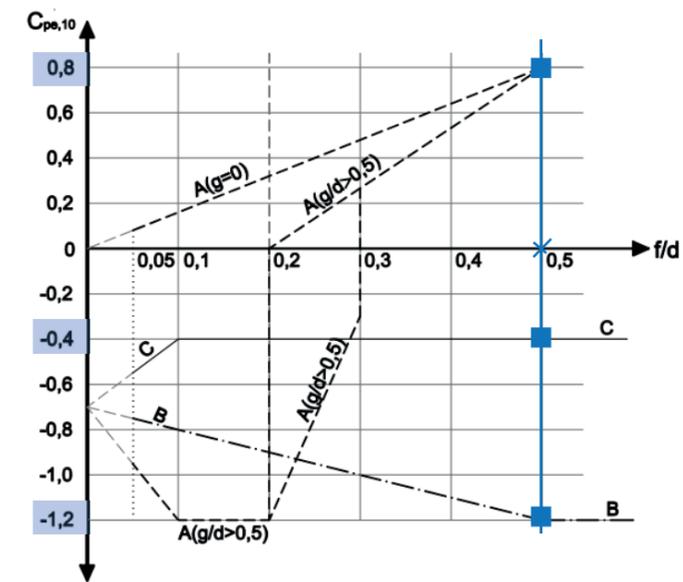
Esquema zonas de aplicación en nuestra estructura

Este es el resultado del modelo adaptado a las condiciones de nuestra estructura, sobre la que se ha considerado una cubrición desde nivel de forjado.

Según los datos anteriores, se realizarán las correspondientes divisiones e interpolaciones de los resultados en función de la tabla siguiente en el Anejo D Tabla D.12 del CTE DB-AE:

Zona A  $g=0; d=8,455; g/d = 0/8,455 = 0$   
 $f=4,765; d=8,455; f/d = 4,765/8,455 = 0,563; (\text{aprox}) 0,5$

Se interpola en función de los resultados obtenidos:



Esquema lineal de interpolación

Por lo tanto los resultados que obtenemos como  $C_p$  según las zonas A, B y C son:

Zona A = 0'8  
 Zona B = -1'2  
 Zona C = -0'4

Una vez conocidos los factores de la expresión inicial, sustituimos los datos según las zonas de la estructura

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p$$

Siendo:

$q_b$ , la presión dinámica del viento  
 $C_e$ , el coeficiente de exposición  
 $C_p$ , el coeficiente eólico o presión

$$\text{Zona A} = 0'50 \times 2 \times 0'8 = 0'8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Zona B} = 0'50 \times 2 \times -1'2 = -1'2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Zona C} = 0'50 \times 2 \times -0'4 = -0'4 \text{ kN/m}^2$$

## 7\_2 Combinaciones de cargas

Las hipótesis de carga se han combinado siguiendo los preceptos del CTE y se distinguen ELU y ELS.

- Estado Límite Último y de Servicio (ELU y ELS):

Dando lugar a seis combinaciones, pero no todas las posibles por motivos de simplicidad, y considerándolas suficientes

| Combinaciones | ELU  | ELS                                 |
|---------------|--|-------------------------------------|
| 1             | $P_p \times 1'35$  | $P_p$                               |
| 2             | $(P_p \times 1'35) + (Uso \times 1'5)$                         | $P_p + Uso$                         |
| 3             | $(P_p \times 1'35) + Nieve \times 1'5)$                        | $P_p + Nieve$                       |
| 4             | $(P_p \times 1'35) + Viento \times 1'5)$                       | $P_p + Viento$                      |
| 5             | $(P_p \times 1'35) + (Uso \times 1'5) + (Nieve \times 0'6)$    | $P_p + Uso + (0'6 \times Nieve)$    |
| 6             | $(P_p \times 1'35) + (Viento \times 1'5) + (Nieve \times 0'6)$ | $P_p + Viento + (0'6 \times Nieve)$ |

Siendo:

PP\_    Peso Propio  
 SU\_    Sobrecarga de USO  
 N\_    Nieve  
 V\_    Viento

## 8\_ RESULTADOS OBTENIDOS

Como ya se ha comentado a lo largo de la memoria, las características mecánicas de los elementos estructurales, son acordes para el uso previsto, ya descritos y definidos en los apartados anteriores.

Para facilitar la comprensión de los resultados obtenidos, nos ayudaremos de gráficos e ilustraciones que acompañen la materialización de los diferentes análisis planteados sobre la presente estructura.

Por lo tanto, una vez tenemos todas las cargas, se aplican las combinaciones anteriores y según los resultados que obtenemos, los comparamos para saber cual sería la hipótesis más desfavorable, y será sobre la que trabajaremos y realicemos las distintas comprobaciones de cada uno de los elementos que forman la estructura.

Tras el análisis de los datos extraídos del programa SAP2000 deducimos que la combinación más desfavorable corresponde a Estado Límite Último número 6 (ELU6) que consiste en la combinación del peso propio, viento y nieve, sobre los cuales se les ha aplicado un coeficiente de mayoración de cargas.

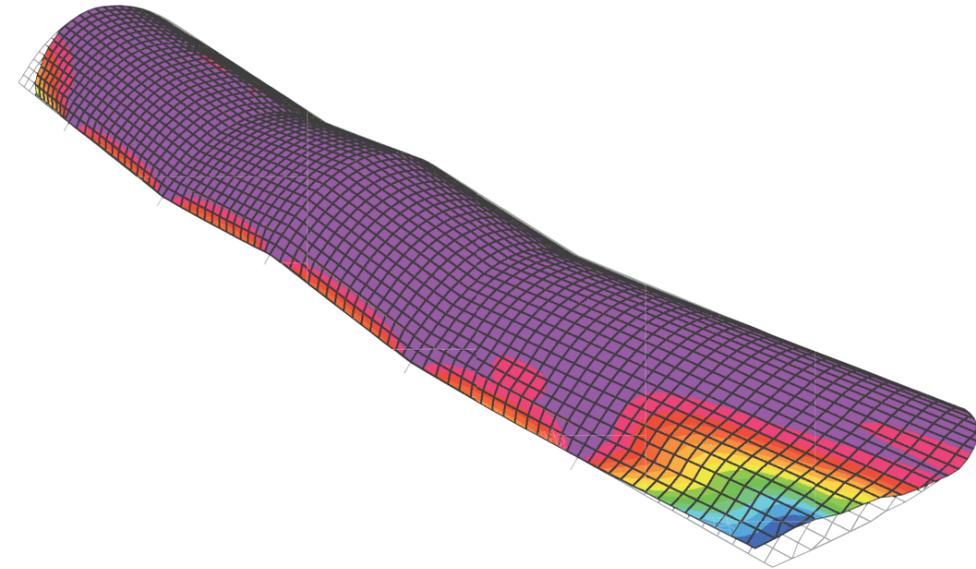
### 8\_1. COMPROBACIÓN DE LOS SOPORTES (arcos parabólicos)

Tas exportar los datos, el soporte con mayores esfuerzos en esta hipótesis ELU6, corresponden al primer arco parabólico de la estructura, que coincide con la ubicación del voladizo de mayor longitud. Obteniendo los siguientes resultados:

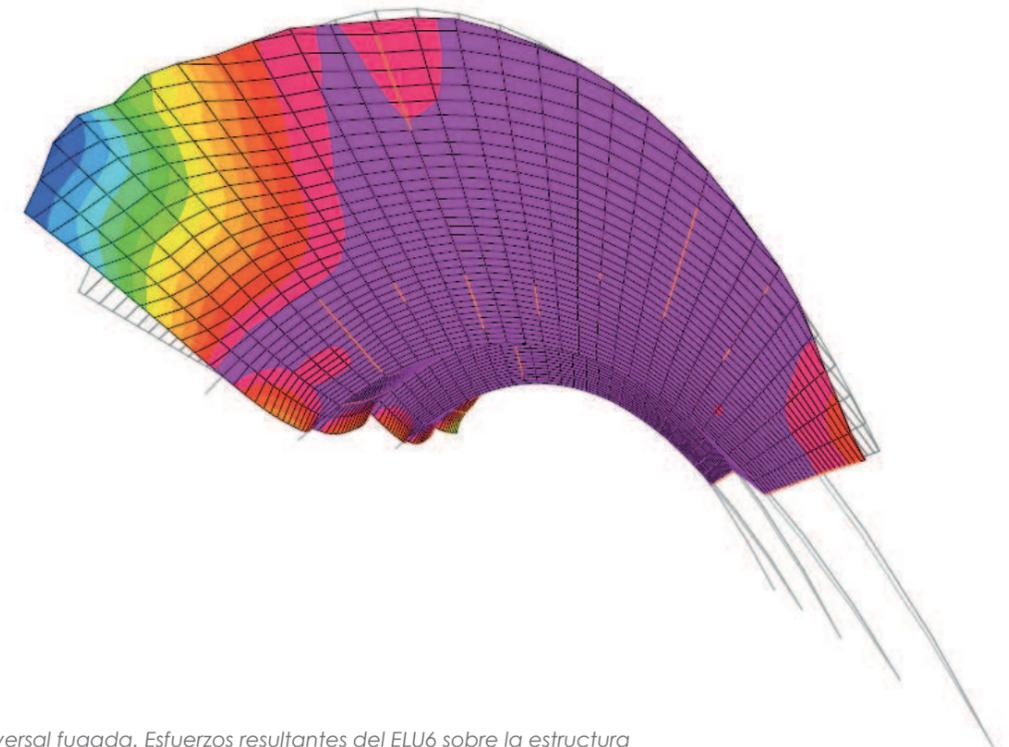
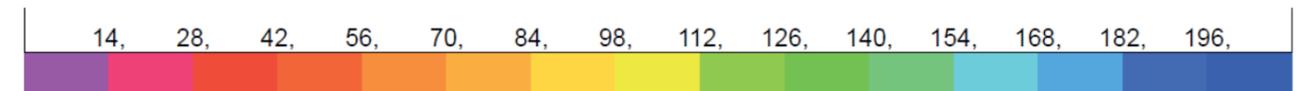
Soporte 1

Axil = - 102.891'90 N  
 My = M2-2 = - 7.658.872'99 N.mm  
 Mz = M3-3 = 5.4838.519'21 N.mm

La figura siguiente muestra la deformación sufrida por los elementos que componen dicha estructura, en relación a su posición inicial (N.mm):



Vista 3D. Esfuerzos resultantes del ELU6 sobre la estructura



Vista sección transversal fugada. Esfuerzos resultantes del ELU6 sobre la estructura

COMPROBACIÓN A RESISTENCIA:

$$\sigma_{adm} = \frac{|N|}{A} + \frac{|M_y|}{W_y} + \frac{|M_z|}{W_z}$$

$$\frac{N}{A} = \frac{102.891'90 \text{ N}}{200 \times 200 \text{ mm}} = \mathbf{2'57 \text{ N/mm}^2}$$

$$\frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{I_y} \times Z_{m\acute{a}x} = \frac{7.658.872'99 \text{ N.mm}}{13.333.333'33 \text{ mm}^4} \times 100 \text{ mm} = \mathbf{5'74 \text{ N/mm}^2}$$

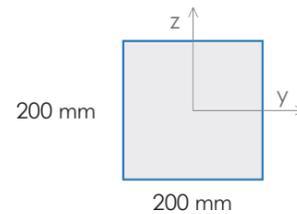
$$I_y = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{200 \times 200^3}{12} = 13.333.333'33 \text{ mm}^4$$

$$\frac{M_z}{W_z} = \frac{M_z}{I_z} \times y_{m\acute{a}x} = \frac{5.438.519'21 \text{ N.mm}}{13.333.333'33 \text{ mm}^4} \times 100 \text{ mm} = \mathbf{4'08 \text{ N/mm}^2}$$

$$I_z = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{200 \times 200^3}{12} = 13.333.333'33 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{adm} = \frac{|N|}{A} + \frac{|M_y|}{W_y} + \frac{|M_z|}{W_z} = 2'57 + 5'74 + 4'08 = \mathbf{12'40 \text{ N/mm}^2}$$

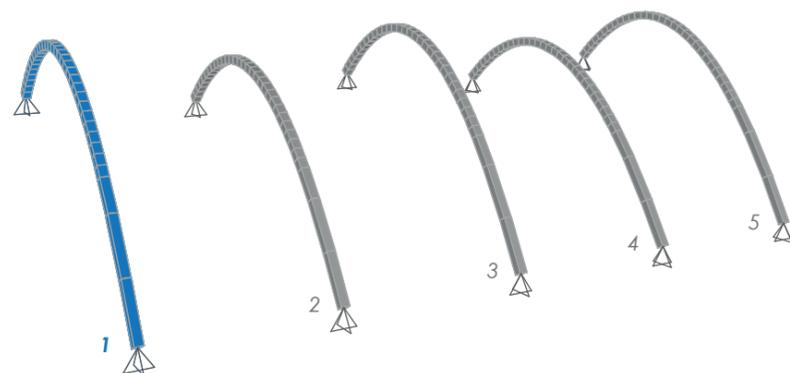
$$\sigma_{adm} = 14'15 \text{ N/mm}^2 > \mathbf{12'40 \text{ N/mm}^2} \quad \text{CUMPLE}$$



Por lo que resulta una sección válida, cumpliendo con la expresión anterior, siendo menor a la tensión admisible del material que compone el elemento (12'40 N/mm²).

COMPROBACIÓN A PANDEO:

Para llevar a cabo este tipo de comprobación tendremos en cuenta la barra más desfavorable, si nos fijamos en los esfuerzos que provoca en ella el axil, que coincide con el soporte utilizado anteriormente del pórtico nº1.



Para que el soporte cumpla a pandeo, debería cumplir la siguiente expresión, siendo el resultado obtenido sobre el pórtico nº1 (el más desfavorable sobre el que hemos llevado a cabo la comprobación anterior) ≤ 1.

$$\frac{|N|}{X_y \times A \times f_{yd}} + \frac{|M_y|}{W_y \times f_{yd}} + \frac{|M_z|}{W_z \times f_{yd}} \leq 1$$

\*Para secciones no susceptibles a deformación por torsión los coeficientes a aplicar sobre los factores que se muestran a continuación podremos considerarlos a efectos de cálculo igual a 1.

A continuación calcularemos los elementos que la componen mediante las siguientes fórmulas:

$$N_d = X_y \times A \times f_{yd} = 0'0384 \times (200 \times 200) \times 240'91 = 370.037'76 \text{ kN}$$

Siendo:

$X_y$ , coeficiente de reducción por pandeo  
 $A$ , área de la sección del elemento  
 $f_{yd}$ , límite elástico del material

$$X = \frac{1}{\phi \sqrt{\phi^2 + \lambda^2}} < 1 ; \quad X = \frac{1}{5'66 + \sqrt{5'66^2 + 8'56^2}} = \mathbf{0'0384} < 1$$

\_ Esbeltez

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \times f_{yd}}{N_{cri}}} = \sqrt{\frac{200 \times 200 \times 240'91}{131.501'998}} = \mathbf{8'56}$$

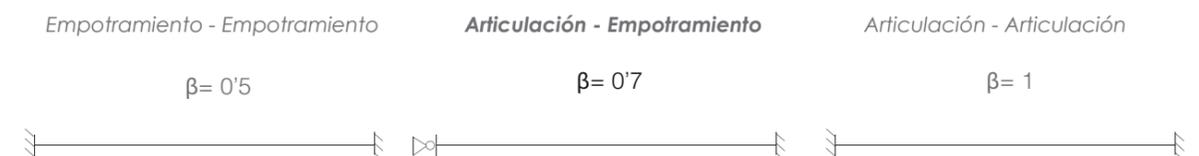
\_ Carga crítica (N<sub>cri</sub>)

Esfuerzo axil crítico para el pandeo por flexión en el plano correspondiente:

$$N_{cri} = \frac{\pi^2 E I}{L_k^2} = \frac{\pi^2 \times 9845'88 \times (\frac{200^4}{12})}{(8000'32 \times 0'7)^2} = 131.501 \text{ N} = \mathbf{131'501 \text{ kN}}$$

Siendo:

$L_p$ ; longitud de pandeo, producto de la multiplicar la distancia del apoyo al punto medio del arco parabólico y el coeficiente que viene definido en función del tipo de encuentro, como en este caso EMPOTRAMIENTO – ARTICULACIÓN, al que le corresponde un  $\beta = 0'7$ , como se puede ver en los siguientes gráficos:



\_ Factor de reducción por pandeo

Una vez conocida  $\lambda = 3,12$  sustituimos en la siguiente expresión:

$$\phi = 0'5 (1 + a (\lambda - 0'2) + \lambda^2) = 0'5 (1 + 0'21 (8'56 - 0'2) + 8'56) = 5'658$$

Siendo:

$a$ ; el coeficiente de imperfección, que se obtiene de las correspondientes tablas del AEA, apartado 35.1.2.habitual

Una vez obtenidos los resultados de los apartados anteriores, podemos sustituirlos en la expresión siguiente, junto con los datos obtenidos de los esfuerzos por el programa SAP2000:

$$\frac{|N|}{X_y \times A_x \times f_{yd}} + \frac{|M_y|}{W_y \times f_{yd}} + \frac{|M_z|}{W_z \times f_{yd}} \leq 1$$

$$\frac{102.891'90}{370.037'76} + \frac{7.658.872'99}{133.333.333'33} \times 100 + \frac{5.438.519'21}{133.333.333'33} \times 100 \leq 1$$

$$0'278 + 0,0238 + 0'0169 = 0'319 \leq 1$$

Por lo tanto consideramos que el elemento cumple las sollicitaciones ante el pandeo.

Cumple ambas comprobaciones, tanto a resistencia como a pandeo, con cierto margen de diferencia, y esto es debido a la forma de trabajo del elemento, ya que trabaja por su "forma", es decir, es una forma geométrica que favorece las transmisiones de los esfuerzos sobre el elemento, del mismo modo que lo hace contra la cimentación y en consecuencia con el terreno. Esta geometría favorece la eliminación de momentos sobre la estructura, puesto que las fuerzas que absorbe se reparten uniformemente a lo largo del elemento.

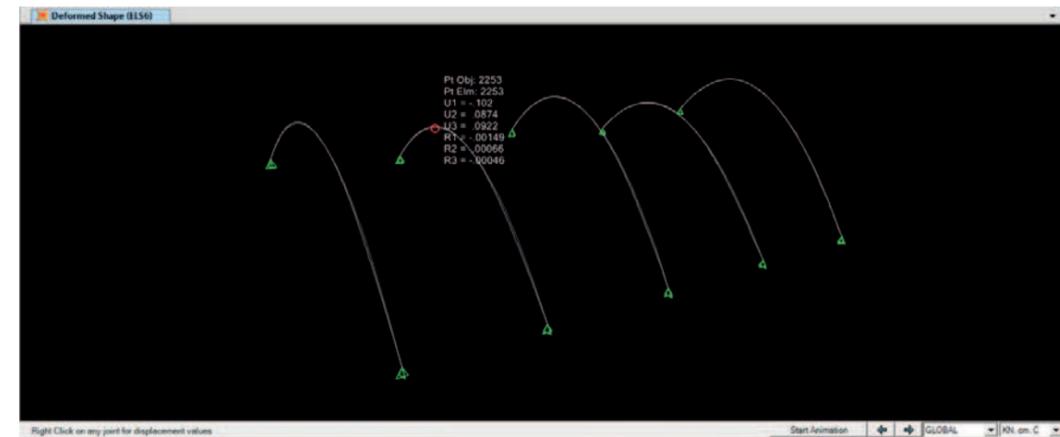
COMPROBACIÓN DE LOS ELS (Estados Límite de Servicio):

En este caso deberemos comprobar que el desplazamiento del soporte parabólico con la condición del ELS de deformación. Para ello, el desplazamiento máximo debe ser menor o igual a 1/300 de la altura del mismo, para la combinación de cargas correspondiente, es decir:

Caso 1 (L = 4'73 m)

$$\text{Desplazamiento máximo} = L / 300 = 4'73 / 300 = 0'0168\text{m} = 1'68 \text{ cm}$$

Las deformaciones obtenidas en el SAP2000 de dichas parábolas, para la hipótesis ELS6 (más desfavorable) es la siguiente:

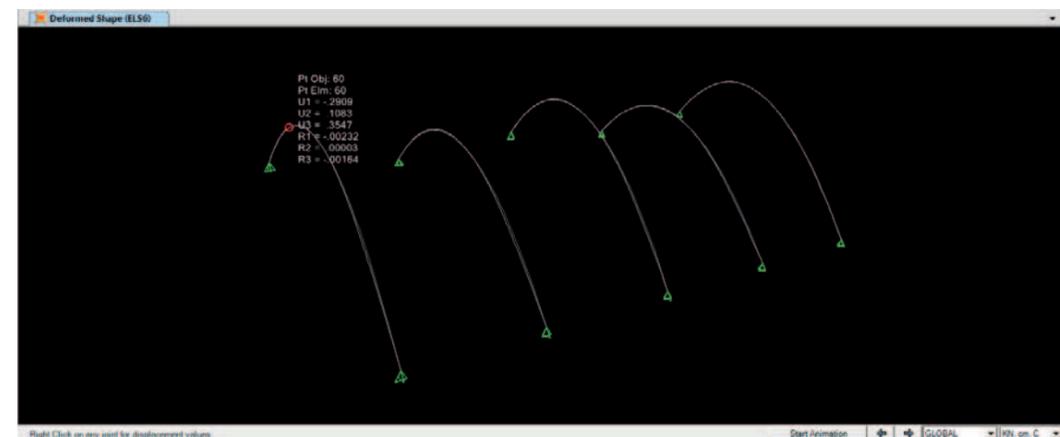


Punto 2253 de la parábola U2 = 0'0874 cm; Cumple por ser menor a 1'68 cm

Caso 2 (L = 5'32)

$$\text{Desplazamiento máximo} = L / 300 = 5'32 / 300 = 0'0177 \text{ m} = 1'77 \text{ cm}$$

Las deformaciones obtenidas en el SAP2000 de dichas parábolas, para la hipótesis ELS6 (más desfavorable) es la siguiente:

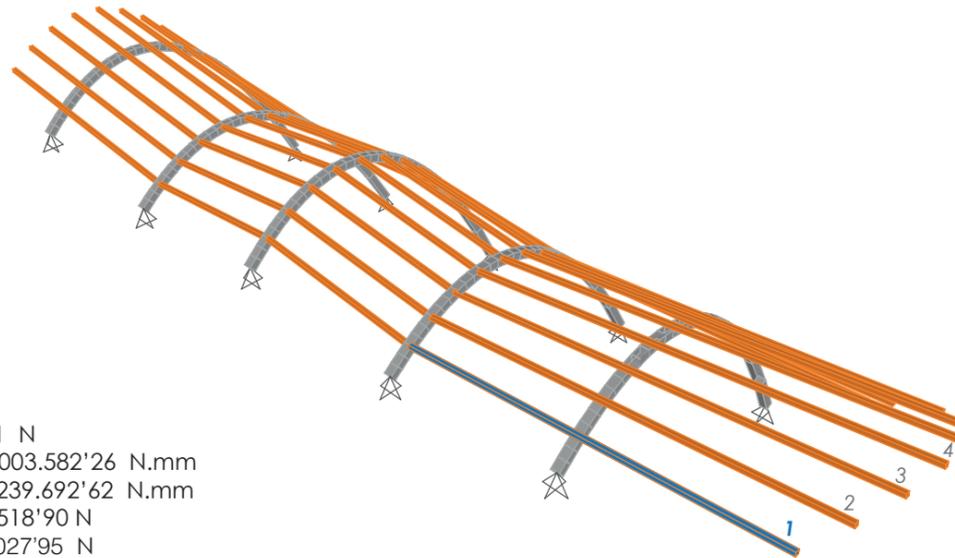


Punto 60 de la parábola U2 = 0'1083 cm; Cumple por ser menor a 1'77 cm

Tal y como se puede observar, la deformación en el arco no supera la máxima en ninguna de los arcos, por lo tanto la sección del elemento cumple ante las deformaciones.

8.2. COMPROBACIÓN DE LAS VIGAS

Tas exportar los datos, la viga con mayores esfuerzos en esta hipótesis ELU6, corresponden a la primera de las que forman la estructura, que coincide como en el caso anterior donde se encuentra el voladizo de mayor longitud. Obteniendo los siguientes resultados:



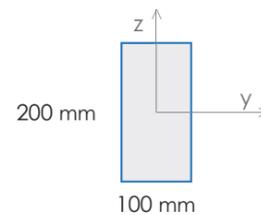
Viga 1

Axil = 14.279'81 N  
 My = M2-2 = 3.003.582'26 N.mm  
 Mz = M3-3 = 6.239.692'62 N.mm  
 Vy = V2-2 = -5.518'90 N  
 Vz = V3-3 = -1.027'95 N

COMPROBACIÓN A RESISTENCIA:

A) 
$$\sigma_{adm} = \frac{|N|}{A} + \frac{|M_y|}{W_y} + \frac{|M_z|}{W_z}$$

$$\frac{N}{A} = \frac{14.279'81 \text{ N}}{100 \times 200 \text{ mm}} = \mathbf{0'71 \text{ N/mm}^2}$$



$$\frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{I_y} \times Z_{m\acute{a}x} = \frac{3.003.582'26 \text{ N.mm}}{66.666.666'67 \text{ mm}^4} \times 100 \text{ mm} = \mathbf{4'51 \text{ N/mm}^2}$$

$$I_y = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{100 \times 200^3}{12} = 66.666.666'67 \text{ mm}^4$$

$$\frac{M_z}{W_z} = \frac{M_z}{I_y} \times y_{m\acute{a}x} = \frac{6.239.692'62 \text{ N.mm}}{16.666.666'67 \text{ mm}^4} \times 50 \text{ mm} = \mathbf{18'72 \text{ N/mm}^2}$$

$$I_z = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{200 \times 100^3}{12} = 16.666.666'67 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{adm} = \frac{|N|}{A} + \frac{|M_y|}{W_y} + \frac{|M_z|}{W_z} = 0'71 + 4'51 + 18'72 = \mathbf{23'94 \text{ N/mm}^2}$$

$\sigma_{adm} = 14'15 \text{ N/mm}^2 < \mathbf{23'94 \text{ N/mm}^2}$  **NO CUMPLE;** Comprobaremos dándole dimensiones mayores a la sección

B) 
$$\sigma_{adm} = \frac{|N|}{A} + \frac{|M_y|}{W_y} + \frac{|M_z|}{W_z}$$

$$\frac{N}{A} = \frac{14.279'81 \text{ N}}{150 \times 150 \text{ mm}} = \mathbf{0'63 \text{ N/mm}^2}$$

$$\frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{I_y} \times Z_{m\acute{a}x} = \frac{3.003.582'26 \text{ N.mm}}{42.187.500 \text{ mm}^4} \times 75 \text{ mm} = \mathbf{5'34 \text{ N/mm}^2}$$

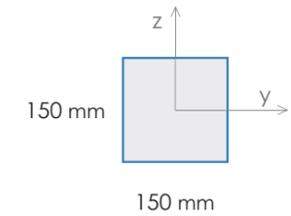
$$I_y = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{150 \times 150^3}{12} = 42.187.500 \text{ mm}^4$$

$$\frac{M_z}{W_z} = \frac{M_z}{I_y} \times y_{m\acute{a}x} = \frac{6.239.692'62 \text{ N.mm}}{16.666.666'67 \text{ mm}^4} \times 75 \text{ mm} = \mathbf{11'09 \text{ N/mm}^2}$$

$$I_z = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{150 \times 150^3}{12} = 42.187.500 \text{ mm}^4$$

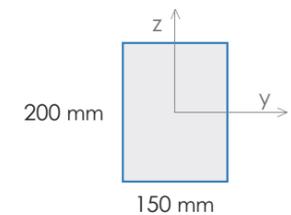
$$\sigma_{adm} = \frac{|N|}{A} + \frac{|M_y|}{W_y} + \frac{|M_z|}{W_z} = 0'63 + 5'34 + 11'09 = \mathbf{17'06 \text{ N/mm}^2}$$

$\sigma_{adm} = 14'15 \text{ N/mm}^2 < \mathbf{17'06 \text{ N/mm}^2}$  **NO CUMPLE;** Comprobaremos dándole dimensiones mayores a la sección



C) 
$$\sigma_{adm} = \frac{|N|}{A} + \frac{|M_y|}{W_y} + \frac{|M_z|}{W_z}$$

$$\frac{N}{A} = \frac{14.279'81 \text{ N}}{150 \times 200 \text{ mm}} = \mathbf{0'47 \text{ N/mm}^2}$$



$$\frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{I_y} \times Z_{m\acute{a}x} = \frac{3.003.582'26 \text{ N.mm}}{100.000.000 \text{ mm}^4} \times 100 \text{ mm} = \mathbf{3'004 \text{ N/mm}^2}$$

$$I_y = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{150 \times 200^3}{12} = 100.000.000 \text{ mm}^4$$

$$\frac{M_z}{W_z} = \frac{M_z}{I_y} \times y_{m\acute{a}x} = \frac{6.239.692'62 \text{ N.mm}}{56.250.000 \text{ mm}^4} \times 75 \text{ mm} = \mathbf{8'31 \text{ N/mm}^2}$$

$$I_z = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{200 \times 150^3}{12} = 56.250.000 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{adm} = \frac{|N|}{A} + \frac{|M_y|}{W_y} + \frac{|M_z|}{W_z} = 0'47 + 3'00 + 8'31 = \mathbf{11'78 \text{ N/mm}^2}$$

$\sigma_{adm} = 14'15 \text{ N/mm}^2 > \mathbf{11'78 \text{ N/mm}^2}$  **CUMPLE;** Esta será la sección definitiva para las vigas

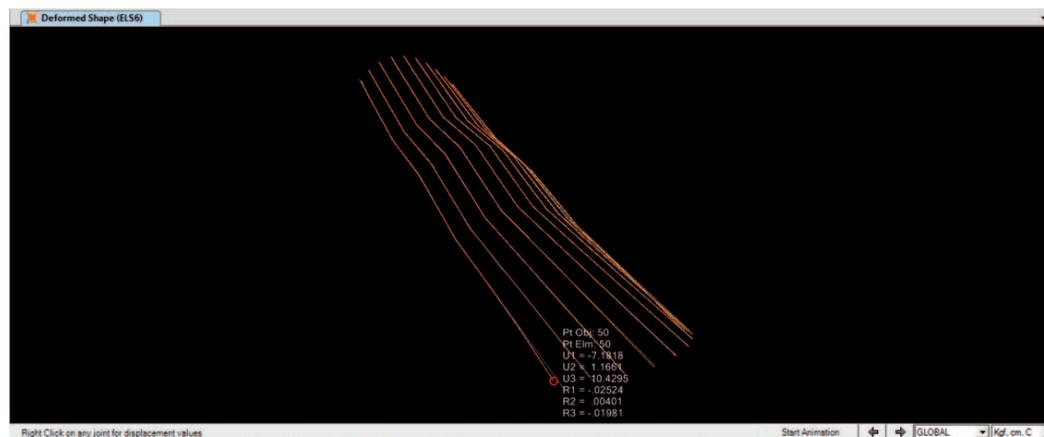
### COMPROBACIÓN DE LOS ELS (Estados Límite de Servicio):

En este caso deberemos comprobar que el desplazamiento de las vigas con la condición del ELS de deformación. Para ello, el desplazamiento máximo debe ser menor o igual a 1/300 de la altura del mismo, para la combinación de cargas correspondiente, es decir:

Viga 1 (L = 8'9m)

$$\text{Desplazamiento máximo} = L / 300 = 8'9 / 300 = 0'0297 \text{ m} = 2'97 \text{ cm}$$

Las deformaciones obtenidas en el SAP2000 de dichas parábolas, para la hipótesis ELS6 (más desfavorable) es la siguiente:



Punto 50 de la parábola Viga 1 = 1'166 cm; Cumple por ser menor a 2'97 cm

Tal y como se puede observar, la deformación en la no supera el máxima en ninguna de los arcos, por lo tanto la sección del elemento cumple ante las deformaciones.

### 8.3. COMPROBACIÓN DEL MATERIAL DE CUBIERTA

A continuación, el elemento sobre el que comprobar las solicitaciones es el POLICARBONATO ALVEOLAR:

El programa SAP2000 nos muestra unos resultados de las distinta hipótesis de carga que se plantean, por esto, y en cuanto a las shells (elemento placa) se refiere, obtenemos estos valores suponiendo una combinación de cargas ELU6.

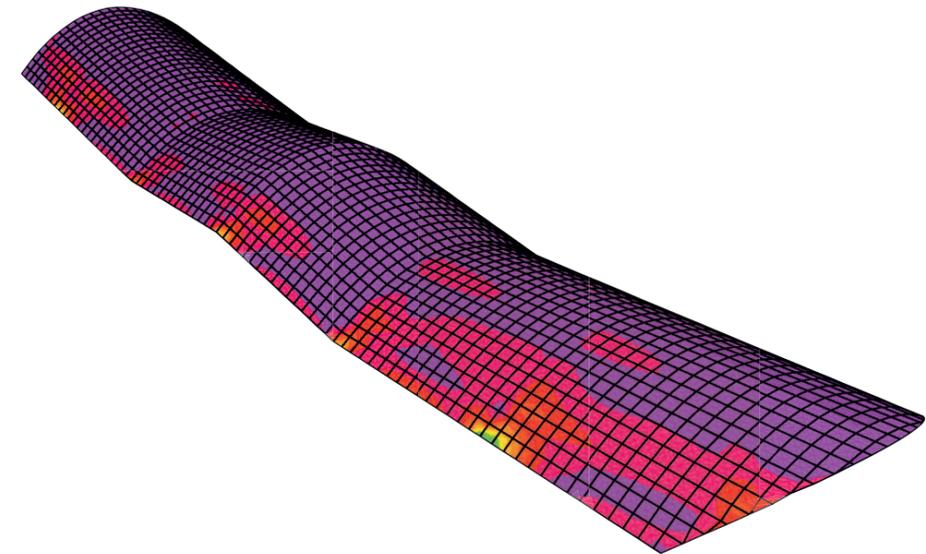
Este resultado nos sirve para comparar con la tensión de rotura del material, que encontramos en la casa comercial "landscapeforms".

Aunque el valor nos lo dan en unidades psi, hacemos la conversión para tenerlo en las mismas unidades que las que nos ofrece el programa.

Para ello, sabemos que la equivalencia de 1psi son 0'070307 kp/cm<sup>2</sup>.

Por otra parte, el valor que encontramos en la casa comercial anteriormente nombrada nos dice que la resistencia a rotura del policarbonato, según el espesor que va a tener el elemento, con un valor de 9.500 psi, por lo tanto la resistencia máxima del mismo es igual a:

$$9.500 \text{ psi} \times 0'070307 \text{ kp/cm}^2 = 667'92 \text{ kp/cm}^2$$



SAP2000 v16.0.0 - File:MODELO 7 - Resultant FVM Diagram (ELU6) - Kg/cm, C

Por tanto la resistencia a rotura obtenida de la estructura en nuestro caso es:

$$R \text{ rotura} = 133'82 \text{ kg/cm}^2 < 667'92 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{CUMPLE}$$

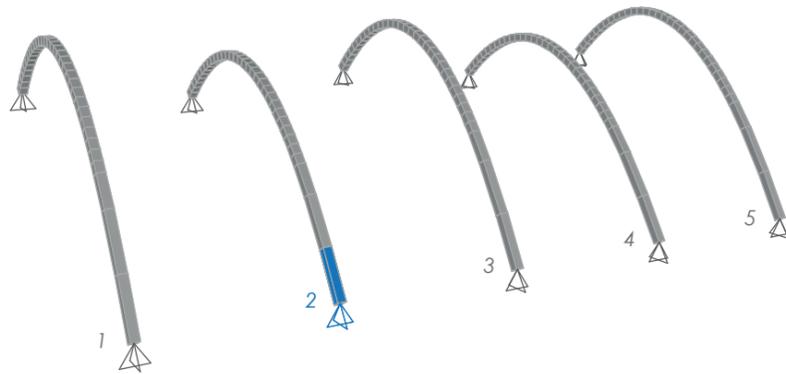
**COMPROBACIÓN A CORTE PARA EL TORNILLO - PASADOR EN EL APOYO ARTICULADO**

Este tornillo se dimensiona en función del cortante (*shear*) más desfavorable que se produzca en los apoyos de la estructura, ya que este tornillo actuará como pasador en el extremo inferior de los soportes, creando una articulación en cada uno de los apoyos en el terreno.

Hay que recurrir de nuevo al programa de cálculo, para obtener el valor del cortante en el apoyo con el cortante más desfavorable. Extraemos valores de los cinco apoyos que trabajan como articulados, sobre los que se dispondrá el pasador de dimensiones correspondientes.

| SOPORTES | shear 2-2 (N) | shear 3-3 (N) |
|----------|---------------|---------------|
| 1        | 5.302'86      | -117'61       |
| 2        | 8.561'16      | -58'85        |
| 3        | 7.276'8       | -58'07        |
| 4        | 7.849'17      | -57'86        |
| 5        | 2.606'15      | -207'95       |

*valores despreciables*



Por tanto, deberemos proceder a sustituir en la siguiente igualdad, para conocer el área que debe tener el tornillo. En este caso consideraremos un tornillo hueco para realizar los cálculos.

$$F_{VR} = n \times 0.5 \times f_{yb} \times A / 1.05$$

Siendo :

*F<sub>VR</sub>*, el cortante en el apoyo  
*N*, el número de planos de corte  
*f<sub>yb</sub>*, la resistencia del tornillo, 275 N/mm<sup>2</sup>  
*A*, el área necesaria para el tornillo  
*1'05*, es un coeficiente de minoración

$$F_{VR} = n \times 0.5 \times f_{yb} \times A / 1.05; \quad 8.516 = 1 \times 0.5 \times 275 \times (A / 1.05); \quad \mathbf{A = 8.561'16 / 130'95 = 65'38 \text{ mm}^2}$$

Esta sera el area necesaria para resolver la articulación, pero como se requiere un tornillo que no sea macizo, igualaremos el área resultante a la fórmula del área de un círculo, pero teniendo en cuenta que tomaremos el valor *r* como *R-r*, es decir:

$$A = \pi \times (r_e - r_i)^2 \quad (R-r) = 4'56 \text{ mm}$$

De estas incógnitas daremos valor a uno de ellos, y en consecuencia obtendremos el otro, al redondear el espesor al alza, por estar del lado de la seguridad, obteniendo finalmente estos resultados:

$$\mathbf{e = 5 \text{ mm} \quad r_e = 21 \text{ mm (externo) \quad r_i = 16 \text{ mm (interno)}}$$

**9\_ DIMENSIONADO DE LA PLACA DE ANCLAJE (a compresión)**

Se realizará el cálculo correspondiente para calcular la una placa base de anclaje a compresión, en la que se considera un apoyo articulado, es decir, mediante este tipo de unión, los mayores esfuerzos (momentos) se dan en la dirección del pórtico y no se transmiten a la zapata a causa de la unión final en el extremo (pasador). Aunque hay otros momentos en el otro plano, son de poca consideración y por tanto se consideran despreciables.

\_ Área de la placa base:

\*Se impone que la transmisión transmitida a la zapata no sea mayor a que la resistencia del hormigón.

$$\mathbf{AB > 1'5 \times \frac{N}{0'85 \times f_{cd}} \times (x \ 1000) = 1'5 \times \frac{5'06}{0'85 \times \frac{25}{1'15}} \times (x \ 1000) = 410 \text{ cm}}$$

\_ Espesor de la placa base:

$$e = \sqrt{2'50};$$

Por lo tanto, si consideramos un vuelo igual a 100mm (se considera el mínimo), el espesor resulta igual a 40mm. Ante este resultado se considera conveniente realizar el cálculo de las cartelas – rigidizadoras de la placa, para resistir la flexión del vuelo y así poder reducir el espesor predimensionado de la misma. El espesor de la placa garantiza el reparto uniforme de las solicitaciones, garantizando de forma eficaz su transmisión a la cimentación, que deberá ser mayor al espesor de las cartelas.

\_ Espesor y altura de las cartelas

Sabiendo que:

$$\mathbf{Md = 0'85 \times f_{yd} \times \frac{h^2}{12} = 61.594'20}$$

Y a su vez es igual al momento resistente, despejando el *e*, podemos averiguar el espesor de la cartela:

$$\sigma \times \frac{e^2}{6}; \quad \mathbf{e_{cartela} = 11'19 \text{ mm} \text{ (2 cartelas)}}$$

Una vez conocido el dato anterior, recalculamos el espesor para la placa resultando un valor de :

$$\mathbf{e_{placa} = h/6 = 200/6 = 33'33 \text{ mm}}$$

Además, averiguaremos cual debería ser el alto de las cartelas que se suelden a la placa:

$$\text{El resultado de igual el momento resistente con el } M_{total}, \mathbf{H = \sqrt{\frac{61.594'20 \times 6}{23'84}} = 124'51 \text{ mm}}$$

\_ Cálculo de los pernos de anclaje

Para el cálculo de los pernos, se ha estimado el anclaje de **4 Ø 20 mm de acero corrugado B500SD**, calculados según os esfuerzos horizontales (1'91 T). El área de estos pernos será la encargada de absorber los esfuerzos. La distancia entre ellos será de 300 mm. Se considera que el sistema de ejecución de los pernos será soldado, siendo el orificio del perno avellanado, para facilitar la soldadura de éstos.

## 11\_ DIMENSIONADO DE LA ZAPATA DE CIMENTACIÓN (aislada)

En cuanto a la cimentación de la estructura, sabemos que los resultados que obtengamos serán relativamente bajos, pero deberemos realizar el desarrollo para el cálculo adecuado. Por ello deberemos asegurarnos que cumplan tanto las dimensiones de la misma como de la cantidad de armadura.

\_Área de la zapata (A):

$$A = a^2 = (N / \sigma_{adm}) \times (1/10) = (5'061 \text{ 2 / 2}) \times (1/10) = \mathbf{0'25 \text{ m}^2}; \quad a = \sqrt{0'25} = 0'50 \text{ m de lado}$$

Consideramos unas dimensiones excesivamente reducidas, por lo que estableceremos una zapata cuadrada de mínimo 1 metro de ancho. Por lo tanto **a = 100cm**

\_ Canto de la zapata (h):

$$h = \frac{a-l}{4} = \frac{100-20}{4} = 20 \text{ cm}$$

Este resultado también lo consideramos muy reducido así que por estar del lado de la seguridad decidimos llevar a cabo un canto **h = 70 cm**. Además, para esta dimensión hemos tenido en cuenta que próximo a las zapatas se va a ejecutar un canal de este canto aproximadamente, y al establecer esta dimensión evitaremos su posible descalce.

Finalmente resultara una zapata de las siguientes dimensiones:

Zapata aislada de **1m x 1m x 0'70m** (al haber aumentado todas las dimensiones que nos daban por cálculo garantizaremos que las dimensiones adoptadas cumplen los mínimos)

En resumen, serán necesarias 5 zapatas aisladas, para los 5 soportes, que distan entre sí 4,5 m (a ejes), y por tanto la distancia de borde a borde de zapatas será igual a 3'5m. Esta distancia nos servirá para comprobar la interferencia de los bulbos de presiones entre las zapatas.

\_ Armadura de la zapata (As):

$$M_a \text{ (momento de cálculo)} = \gamma \times t_{adm} \times \frac{a^2}{8} = 1'6 \times 2 \times \frac{1^2}{8} \cdot (10) = \mathbf{4T}$$

Armadura

$$A_s = \frac{M_d}{8 \times h \times f_{yd}} = \frac{4}{8 \times 0'70 \times \frac{500}{1'15}} \cdot (1000) = \mathbf{1'64 \text{ cm}^2/\text{m}}$$

\_ Comprobación de la armadura mínima:

Geométrica;  $2\text{‰} \times A_c = 2\text{‰} \times (1 \times 0'70) = \mathbf{14\text{cm}^2}$  NO CUMPLE

Mecánica;  $4\text{‰} \times A_c \times f_{cd}/f_{yd} = 4\text{‰} \times (1 \times 0'70) \times (1'67/43'48) = 10'73 \text{ cm}^2$  NO CUMPLE

Ante estas dos cuantías mínimas, supondremos la mayor de ellas, cumpliendo por tanto con el mínimo establecido

Armadura : **Ø12 s/20cm** (más adelante se definirán en el detalle constructivo correspondiente a la zapata aislada).

## INSTALACIONES

### AGUA

Una de las necesidades que se ha expuesto al principio del proyecto consistía en la posibilidad de habilitar una zona cubierta ante posibles lluvias.

Esto ha sido posible gracias al material dispuesto en cubierta, el policarbonato alveolar, que además de tener mucha variedad de espesores y gamas de colores según lo catálogos de las empresas comerciales que se han consultado, es un material flexible que puede tener como elemento de soporte entre otros, la madera, como es este caso.

Esta superficie que se forma favorece el desagüe de las aguas hacia los laterales exteriores, en uno de los lados el agua recaerá hacia la fachada, donde se dispondrá un canalón metálico anclado mecánicamente a la estructura y con una ligera inclinación para evitar los posibles estancamientos.

Este sistema de evacuación de aguas consiste en la ejecución de una bajante en uno de los extremos del patio, donde irá a parar estas aguas pluviales que se hayan recogido. Se realizará la conexión oportuna a la bajante más próxima donde supuestamente se encuentra ubicada ya, bajo de la misma, la arqueta de recogida de aguas pluviales.

En el lado exterior de la cubierta, el que recae al lateral del patio, dispone un sistema de recogida de aguas distinto ya que se ha diseñado un sistema de modo que coincida la caída el agua que resbala por la superficie sobre un canal de aproximadamente 0'80 - 1'00 m de ancho, que además de recoger las aguas justo debajo de donde acaba el policarbonato alveolar, evita en cierta medida la salpicadura del agua, ya que de esta forma evitamos el rebote sobre el pavimento, protegiendo así en la medida de lo posible la penetración de agua en la zona cubierta.

Aunque se trate de una estructura en el exterior, tiene la ventaja de salvaguardarte de la lluvia además de ser una zona al aire libre que permite la ventilación, evitando así las estancias cerradas.

El canal se dispondrá como se ha dicho anteriormente longitudinalmente, a lo largo de la cubierta, creando así una distinción de zonas, entre lo ya construido y la nueva propuesta. Al dividir estas zonas, hay que tener en cuenta cómo comunicarlas, ya que en la zona central es donde se encuentran los bancos circulares y la zona de césped que se ha decidido mantener. El sistema para comunicar ambas zonas, además de dejar un paso por los extremos del patio consiste en disponer un entramado de madera formado por listones de 30 x 25 mm para cubrir la zona de paso por encima del canal.

La dimensión que cubrirá coincidirá con la separación entre parábolas, pero únicamente en el tramo que está frente al acceso lateral de la estructura, prácticamente en el punto medio del patio. Se considera que esta forma de diseño favorece la fluidez y el fácil acceso a la zona central a través de la estructura.

### LUZ

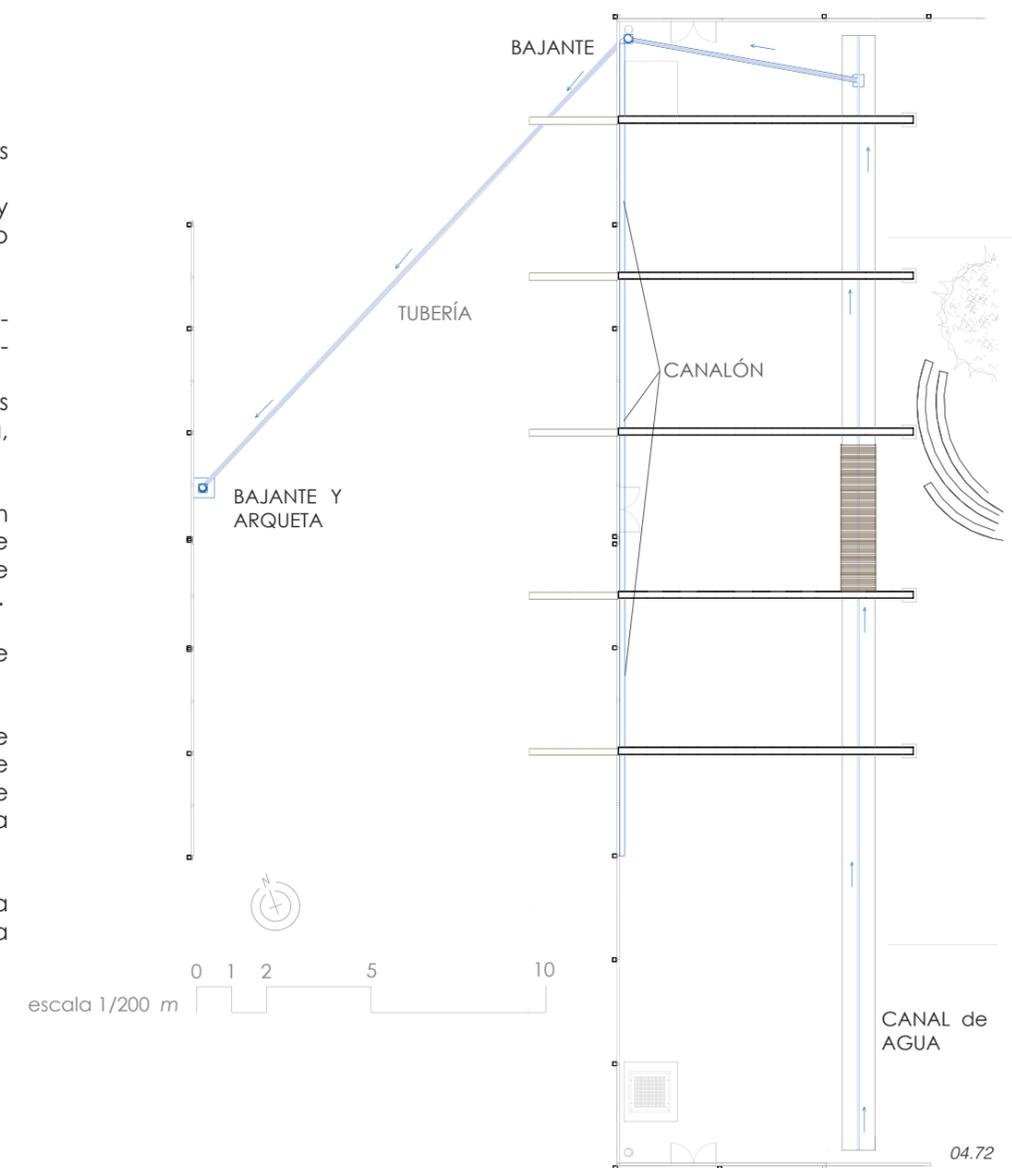
Otra de las necesidades que se ha propuesto cubrir es la iluminación de la zona del patio. Para ello se ha buscado en distintas casas comerciales el sistema apropiado para nuestro tipo de necesidad, como es el caso de iluminación ambiental en el exterior, pero sobretodo de la zona cubierta.

Ya que la estructura se basa en la utilización de arcos parabólicos, se ha querido en remarcar esta figura geométrica buscando un modelo de iluminación que a la vez de ser un diseño elegante y de tamaño adecuado, se ha buscado un modelo que consiguiera proyectar su luz de forma que resbalara por los arcos. La idea del modelo se basa en la proyección de una luz blanca en dirección vertical, pero que lo hiciera en ambos sentidos, porque de esta manera se consigue estilizar y alargar el elemento parabólico.

Por esto mismo, la ubicación de este tipo de luminarias sobre la parábola se ha considerado oportuna a una altura que no moleste a la visión ni tampoco sea directa. Se dispondrá aproximadamente a una altura de 3 metros, haciéndola coincidir con el acabado de la cubierta, lo que también servirá como medio de protección del foco en caso de lluvia.

El numero de focos a colocar con esta propuesta aumentará a diez unidades ya que contabilizamos dos por cada uno de los arcos, colocando uno en la zona de fachada y otro en la parte más cercana al centro del patio.

El modelo que se ha querido utilizar para este diseño se ha encontrado en la casa comercial faro, que es el que mostramos a continuación:



#### CARACTERÍSTICAS:

Altura: 8 cm

Largo: 13 cm

Iluminación: LED 6W 350LM

Material: aluminio inyectado y policarbonato

Apto para exteriores: Sí

Bombilla: LED6 W

Color: blanco / negro



## PAVIMENTO

El pavimento a colocar en el exterior debe cumplir una de las partes del CTE DB-SUA, Resbaladidad de suelos, donde se hace referencia al tipo de clase que le corresponde según la localización y las características del pavimento.

En este caso resulta, al tratarse de un pavimento al exterior, una clase de resbaladidad igual a 3.

Además de esta característica, las dimensiones del pavimento a colocar, según *archiproducts*, son:

### Pavimento exterior de gres porcelánico DUAL STEP – Ceramiche Caesar

Dimensiones: 60 x 40 x 3 cm

\*La junta que se dejara entre ellas en ambas direcciones es igual a 5mm

La pieza se dispondrá de manera que la longitud predominante esté en la misma dirección que el paso a lo largo de la estructura, dando así una sensación de mayor fluidez por parte del pavimento.



04.74

## MOBILIARIO

Cubrir la necesidad de crear una nueva zona cubierta supone también dotarla de mobiliario, para así completar la función que le corresponde, igual que cubre otra de las necesidades por crear zonas de descanso o donde se permita fumar.

Por este último motivo se deberá dotar también al recinto exterior de papeleras con aplicadores para colillas, ya que actualmente no existen basureros/papeleras adecuadas a ninguno de los anteriores casos.

El modelo escogido, es un modelo que representa dos puntos básicos de este proyecto, como son, la figura geométrica y el material de construcción. Por ello se ha escogido uno que estuviera definido por elementos curvos, como es el caso del soporte y además empleara un material acorde a la propuesta del proyecto, que en este caso claramente se destaca la madera como material principal.

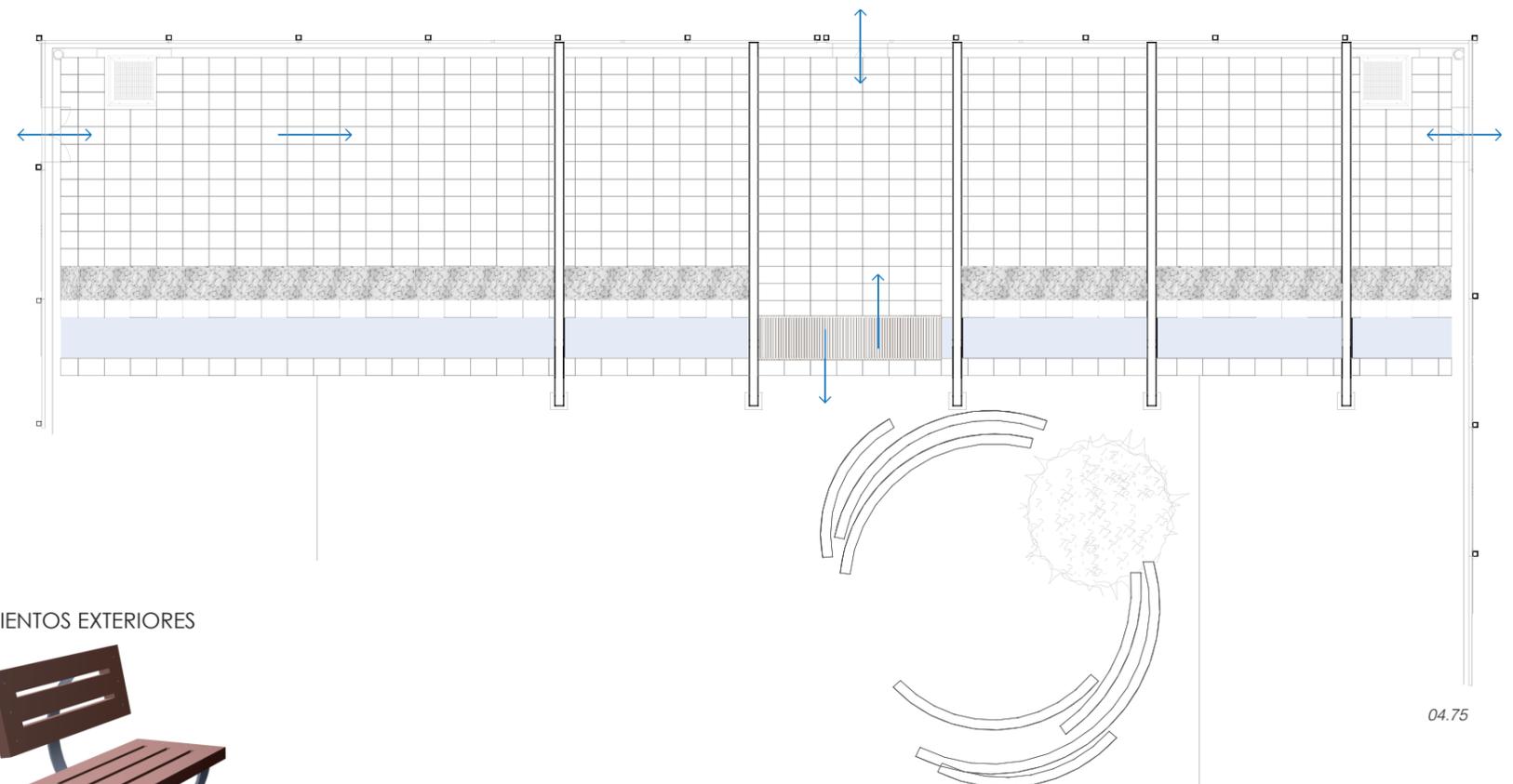
Los asientos escogidos pertenecen a la casa comercial faro del que obtenemos los modelos G-Silla y G-Banco.

\*Nos hemos puesto en contacto con la empresa para solicitar presupuesto de estos asientos, pero no han podido facilitarnos todavía la información se había solicitado.

La colocación de una zona viene motivada como método de refuerzo de la zona de acceso central. Se ha colocado paralelamente al canal un tramo de piedra blanca de 80 mm de ancho, que se interrumpe en ésta zona de paso. Este método estratégico de la interrupción del tramo mediante el uso piedras decorativas, se mueve por dos razones:

En primer lugar, destaca la zona de acceso, al mismo tiempo te incita a realizar este paso a nivel por donde está habilitado.

Y en segundo lugar, sirve como elemento divisorio entre el pavimento y el canal de agua que se encuentra a distinto nivel. De esta forma advierte del riesgo de caída dentro de él, evitando cualquier incidencia sobre las personas que se encuentran en la zona cubierta.



04.75

escala 1/150 m

### ASIENTOS EXTERIORES



04.76

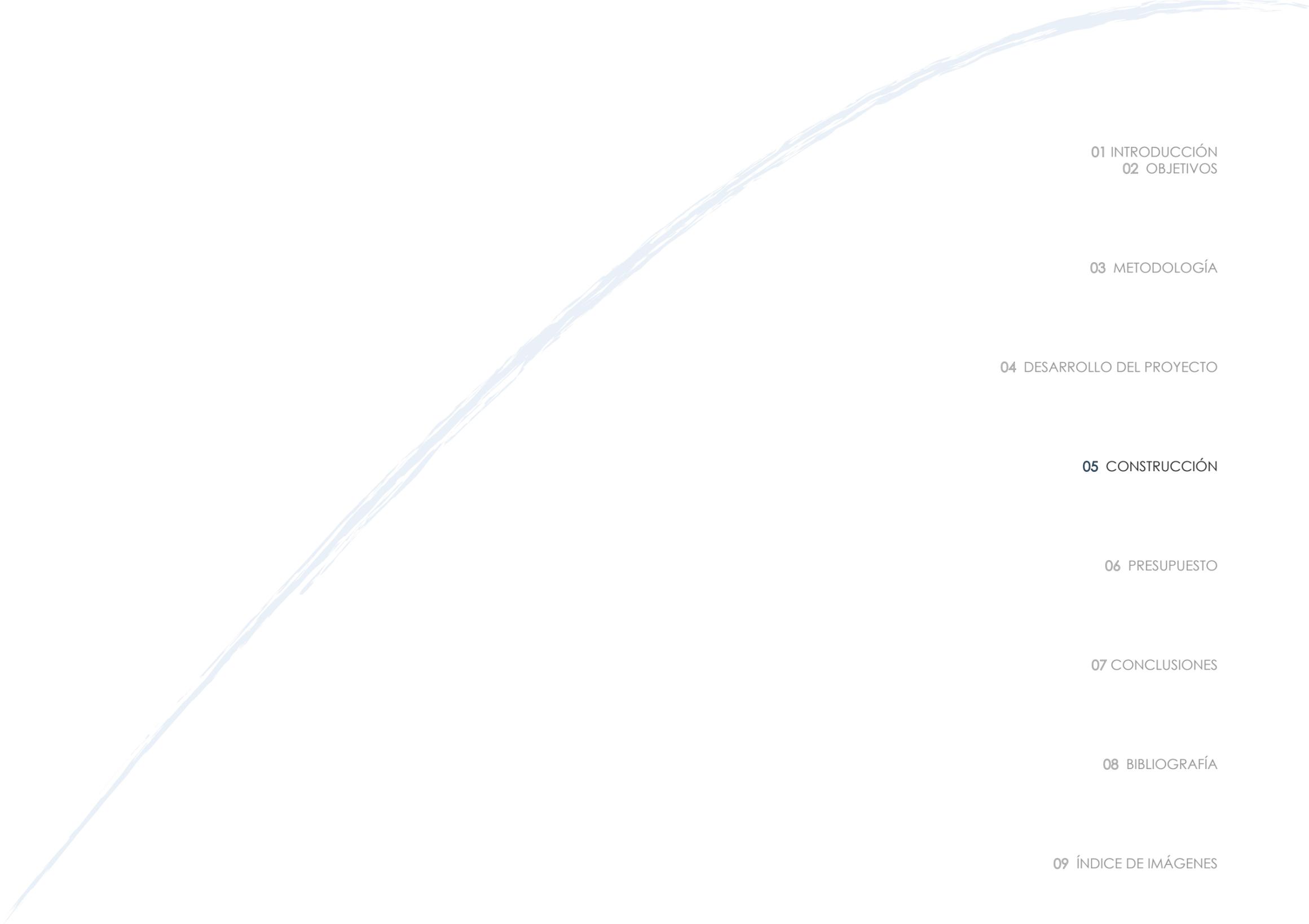


04.77

En el interior de los pasillos de la ETSIE, se han creado unas zonas donde poder trabajar con el ordenador portátil o poder dar un último repaso a los apuntes antes de los exámenes.

La zona queda definida por los arcos parabólicos que quedan en el interior, que son continuación de los exteriores, pero que por temas de cálculo estructural y ejecución constructiva, se ha decidido hacer discontinuo. Estas parábolas se introducen en el interior una longitud de 2'5 m en proyección. Este dato, junto con la dimensión que queda entre parábolas, 4'5 m aproximadamente, define una de 11'25 m<sup>2</sup> donde se colocarán una amplias mesas con sus cómodas sillas alrededor de las mismas.





01 INTRODUCCIÓN  
02 OBJETIVOS

03 METODOLOGÍA

04 DESARROLLO DEL PROYECTO

05 CONSTRUCCIÓN

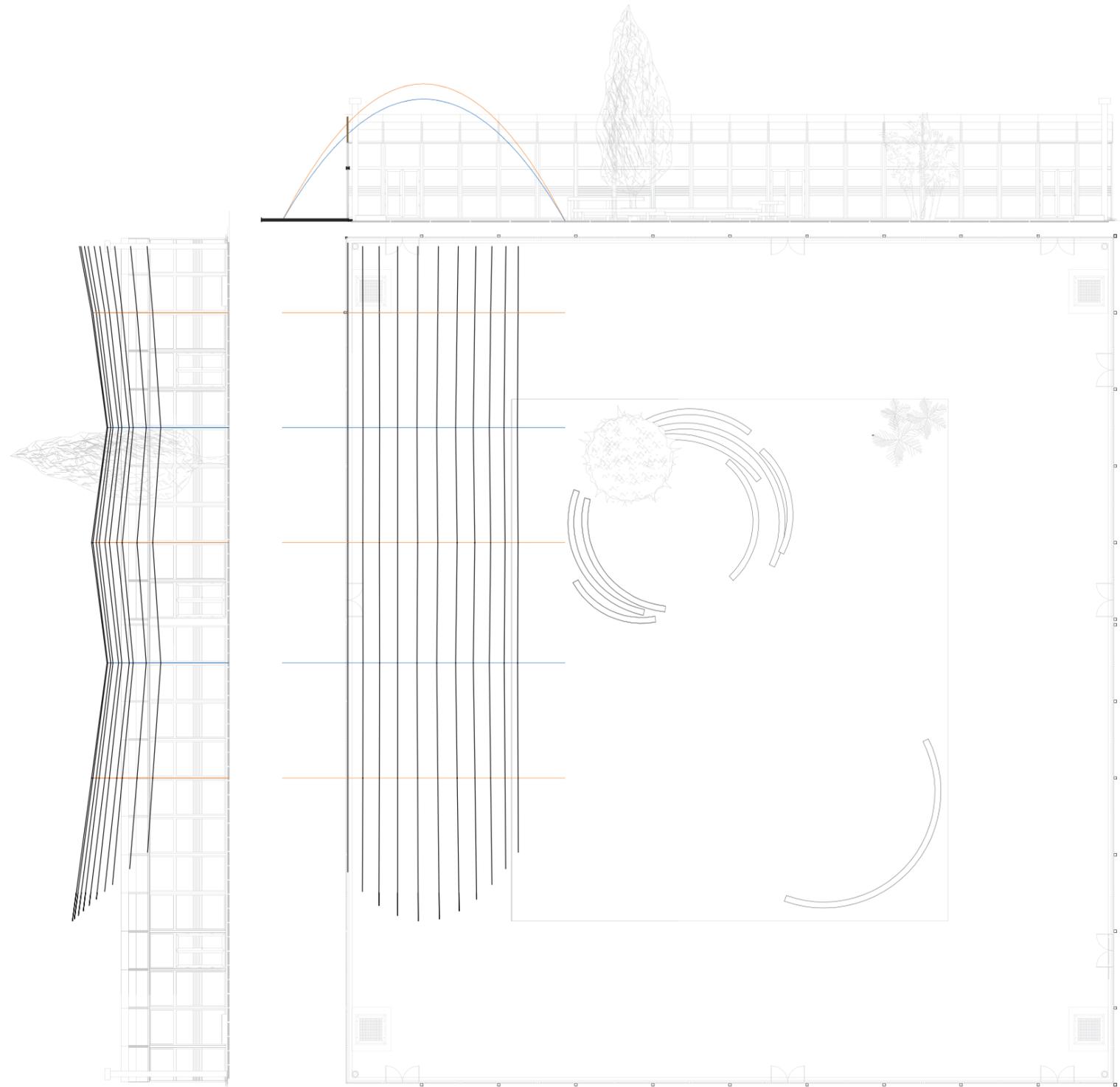
06 PRESUPUESTO

07 CONCLUSIONES

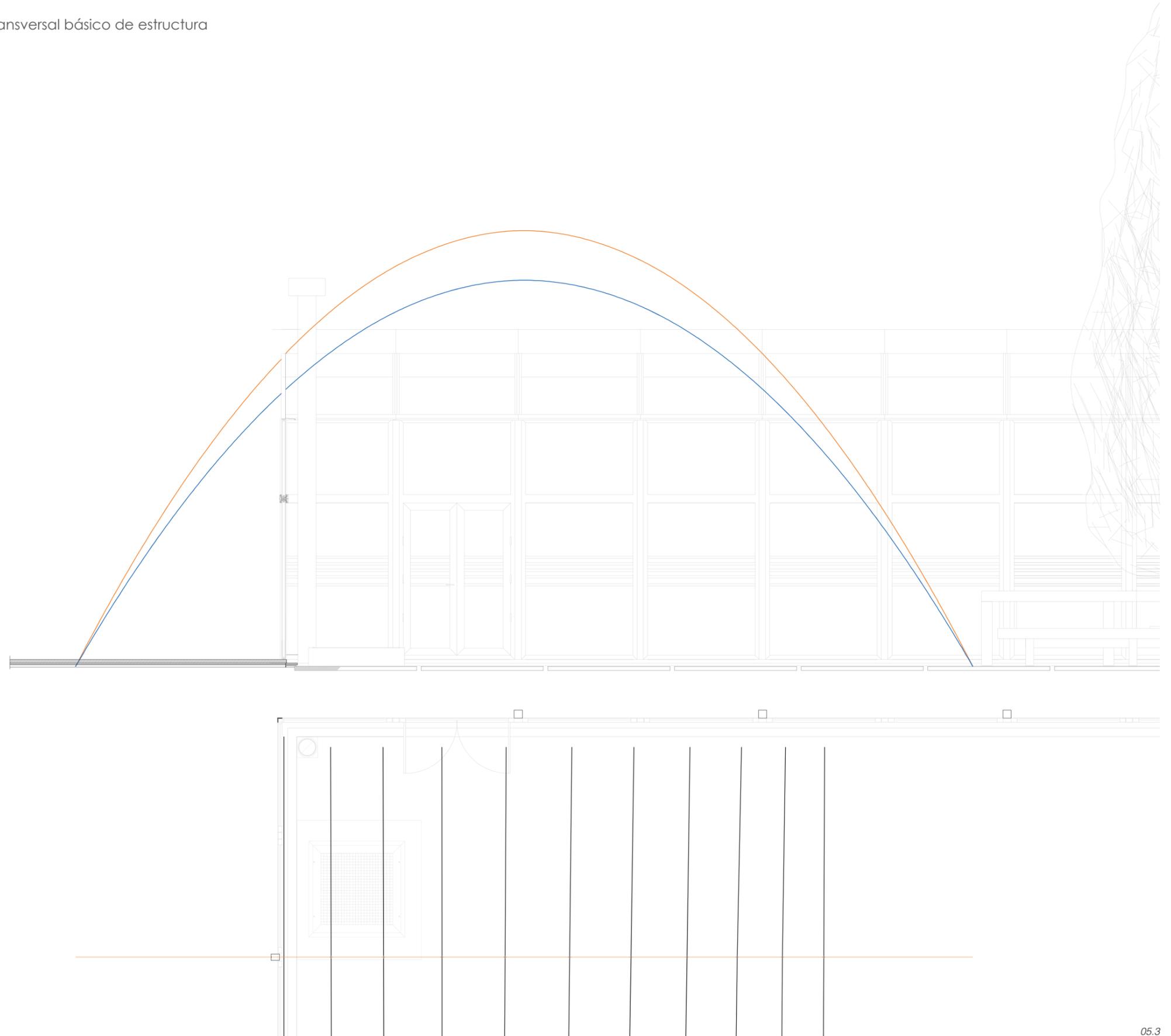
08 BIBLIOGRAFÍA

09 ÍNDICE DE IMÁGENES

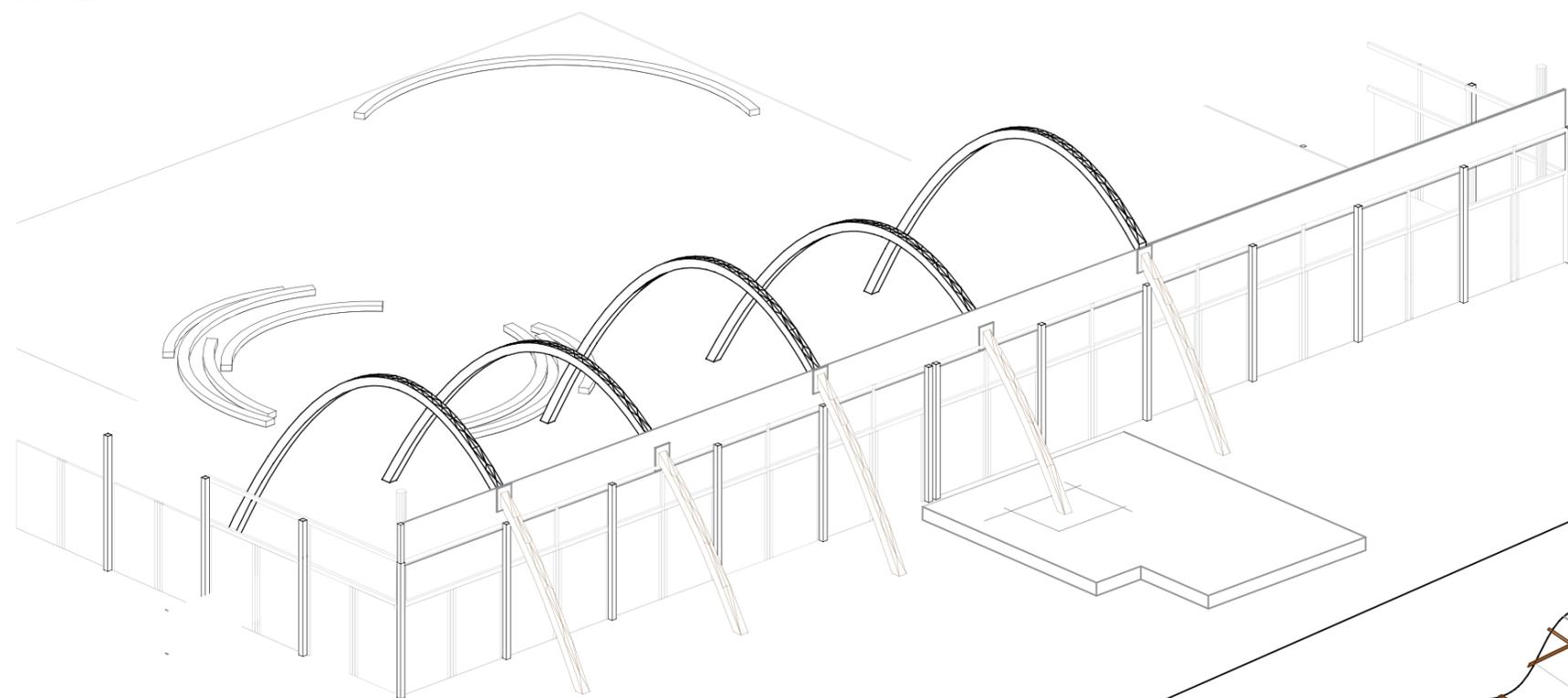




escala 1/200 m 0 1 2 5 10



DETALLE 1

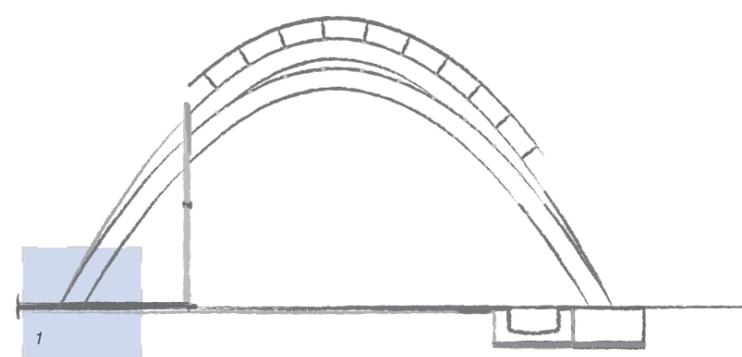


Detalle constructivo de forjado sanitario, elevado 0'40 m aproximadamente sobre rasante. La ventilación del mismo se realiza de distintas formas, tanto por rendijas en los muretes como con aperturas en los patios, protegidas por rejas tipo "tramex" metálicas, además de columnas de ventilación en los patios.

En la zona interior donde recae una de las partes de la estructura (únicamente con los esfuerzos provocados por el peso propio), se considera la necesidad de reforzar la zona periferal. Esta forma de refuerzo supone el levantamiento de parte del pavimento para llegar al forjado. Para posteriormente macizar aquellas bovedillas que se encuentren bajo el soporte. Este procedimiento se repetirá cinco veces, una por cada apoyo interior.

■ Zona de refuerzo  
■ Área donde se ubica el apoyo

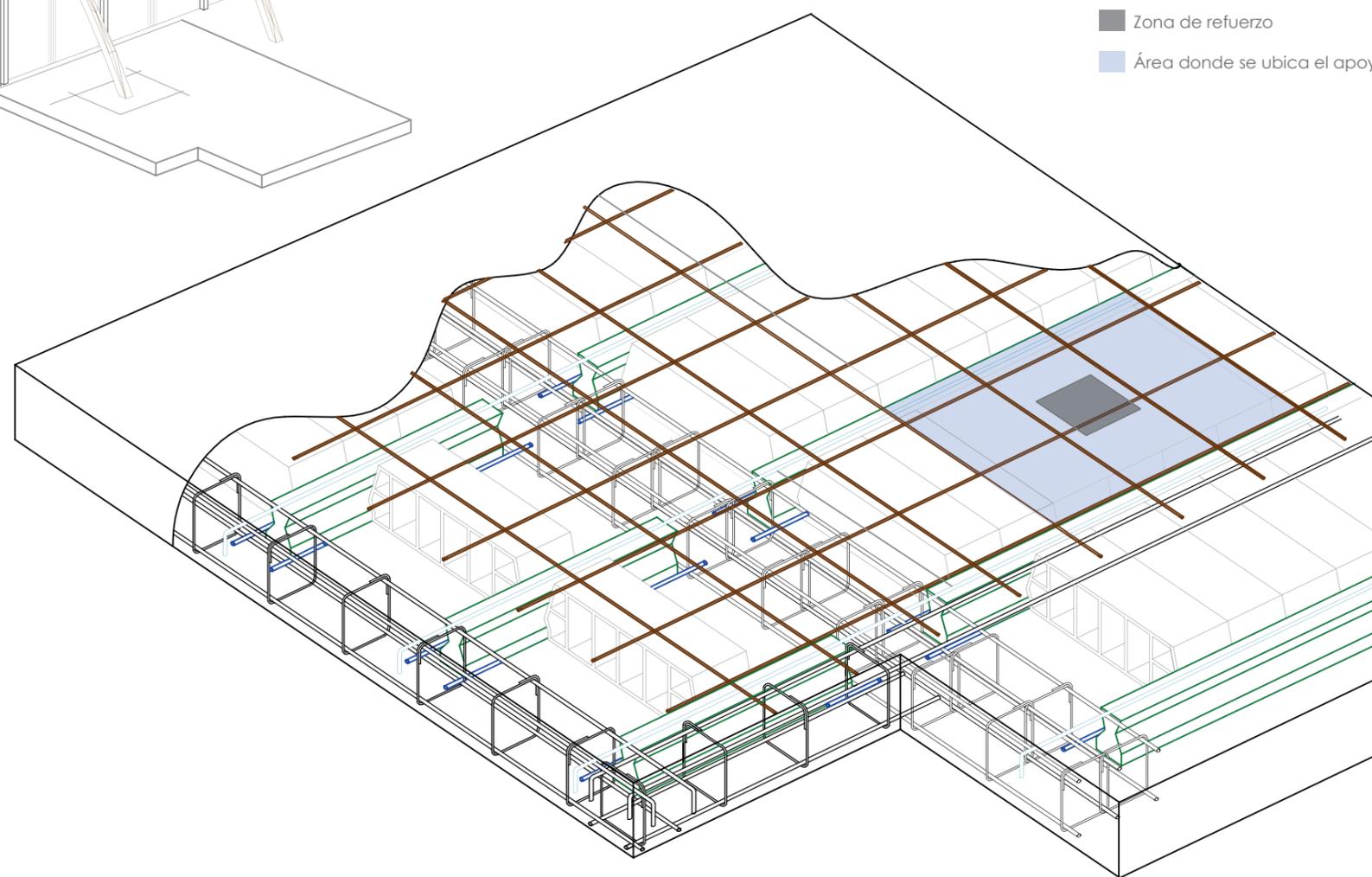
ESQUEMA DE LOS DETALLES



05.2

DETALLES CONSTRUCTIVOS:

1. CIMENTACIÓN INTERIOR
2. CIMENTACIÓN EXTERIOR - CANAL de AGUA
3. FRENTE DE FORJADO
4. ENCUENTRO VIGA - PARÁBOLA



escala 1/20 cm 0 10 20 50 100 200

CIMENTACIÓN INTERIOR

DETALLE 2

Detalle constructivo de la zapata aislada de dimensiones 1'00 x 1'00 x 0'70 m.

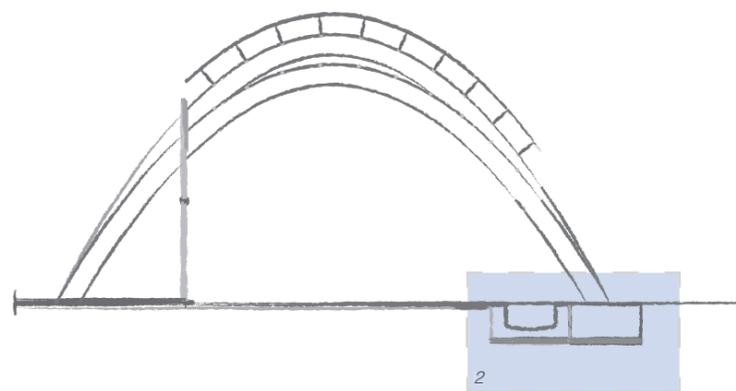
Sobre esta zapata se colocará una placa base de anclaje mediante 4 pernos de 20mm de diámetro cada uno, y en consecuencia sabemos la longitud de anclaje ya que la obtenemos al multiplicar por 10 su diámetro, resultando una longitud de 40 cm.

En este cálculo se ha requerido la utilización de cartelas para contrarrestar el esfuerzo resultante y poder disminuir el espesor de la cartela.

El canal de agua que se dispone longitudinalmente, en la misma dirección que la cubierta, siempre dispondrá de agua, además de la cantidad recogida cuando llueva.

Tiene una profundidad de 0'71 cm pero que cubrirá hasta una cota de 0'30 cm. En la parte inferior, la zona central dispone de una rejilla rectangular a lo largo del elemento que actúa como sistema de evacuación, que recogerá las aguas que sobrepasen el nivel estimado.

ESQUEMA DE LOS DETALLES

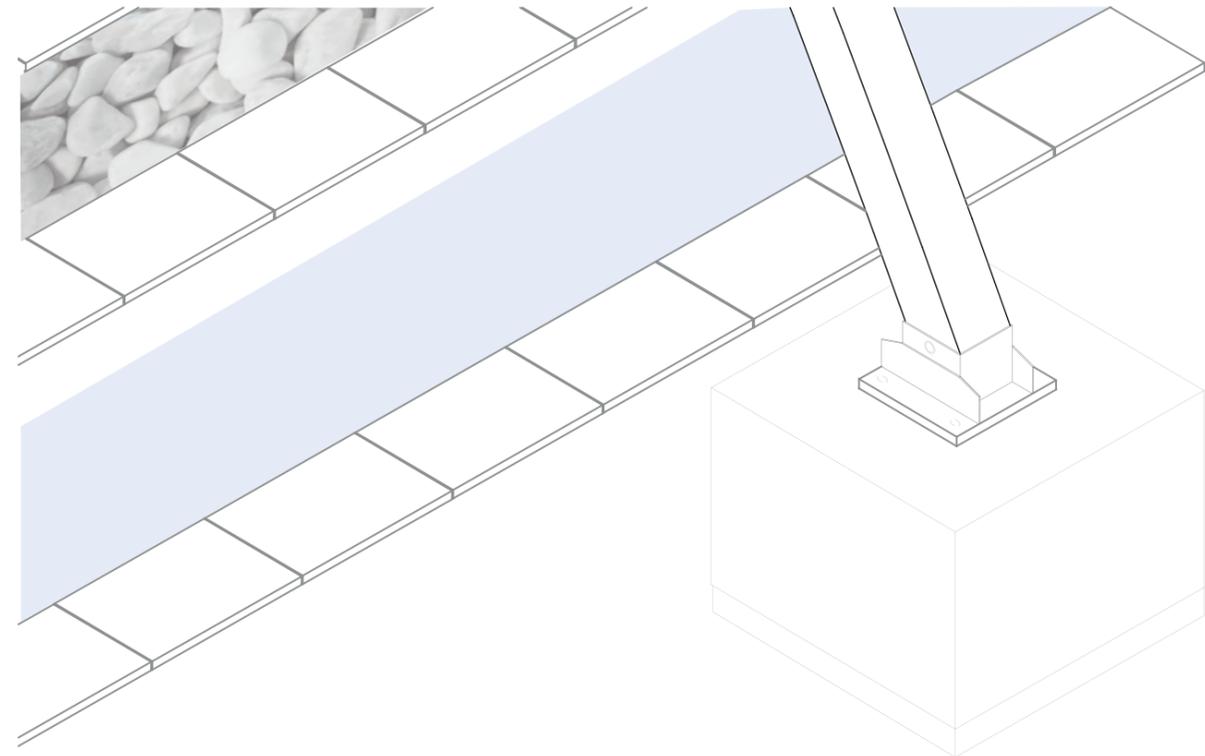


DETALLES CONSTRUCTIVOS:

1. CIMENTACIÓN INTERIOR
2. **CIMENTACIÓN EXTERIOR - CANAL de AGUA**
3. FRENTE DE FORJADO
4. ENCUENTRO VIGA - PARÁBOLA

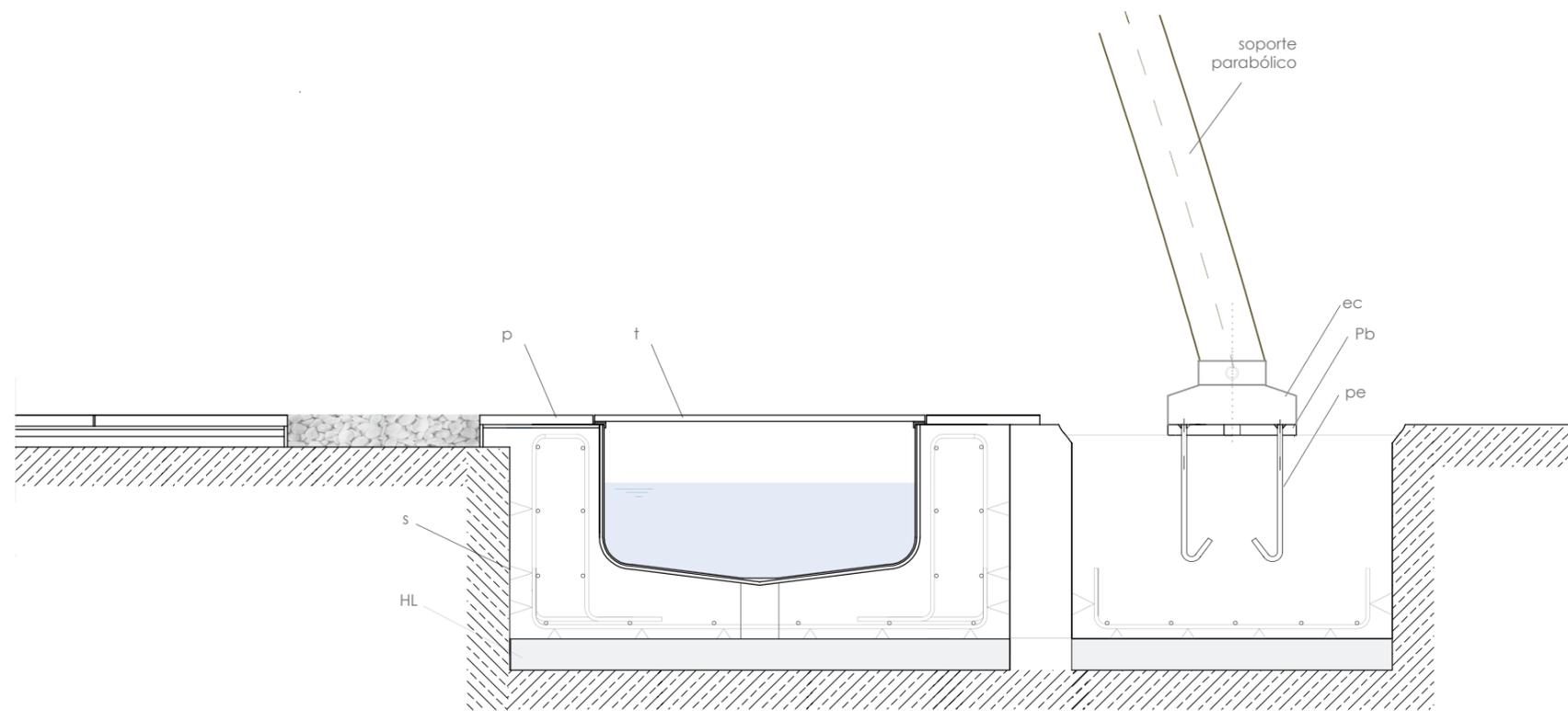


Vista 3D placa base de anclaje con pernos soldados



Vista 3D de la cimentación exterior y canal de agua





#### LEYENDA

##### CANAL DE AGUA:

Dimensiones, 0'60 x 0'70 m

HL, Hormigón de limpieza e= 10cm

s, separador entre armaduras y de éstas con el terreno

r, separación con HL 3cm

R, separación de armaduras con el terreno 7 cm

As, armadura principal del canal Ø12 s/25cm

t, tarima de madera, paso a nivel a base de listones de madera de madera

p, pavimento

##### ZAPATA AISLADA:

Dimensiones, 1 x 1 x 0'70 m

HL, Hormigón de limpieza e= 10cm

s, separador entre armaduras y de éstas con el terreno

r, separación con HL 3cm

R, separación de armaduras con el terreno 7 cm

As, armadura principal de la zapata Ø12 s/20cm

ec, espesor de las cartelas igual a 120mm

Øp, diámetro del pasador del apoyo articulado igual a , pero de sección hueca

Pb, placa base de dimensiones 40 x 40 x 3'33 cm

pe, pernos de anclaje de la placa base Ø20 mm y 400 mm de profundidad de anclaje

\*Se realizarán soldaduras a tope, tanto para la fijación del cajón que recibe al soporte como de las cartelas

Vista 2D, sección transversal de la cimentación exterior y canal de agua

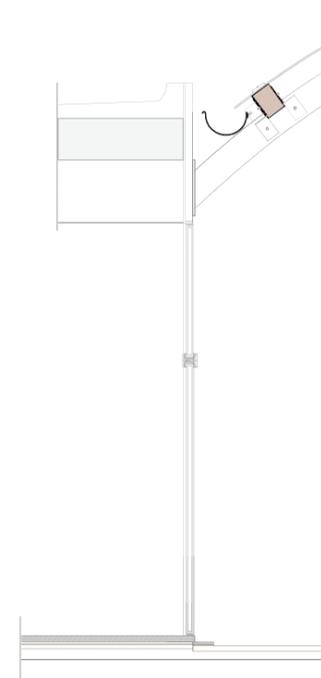


DETALLE 3

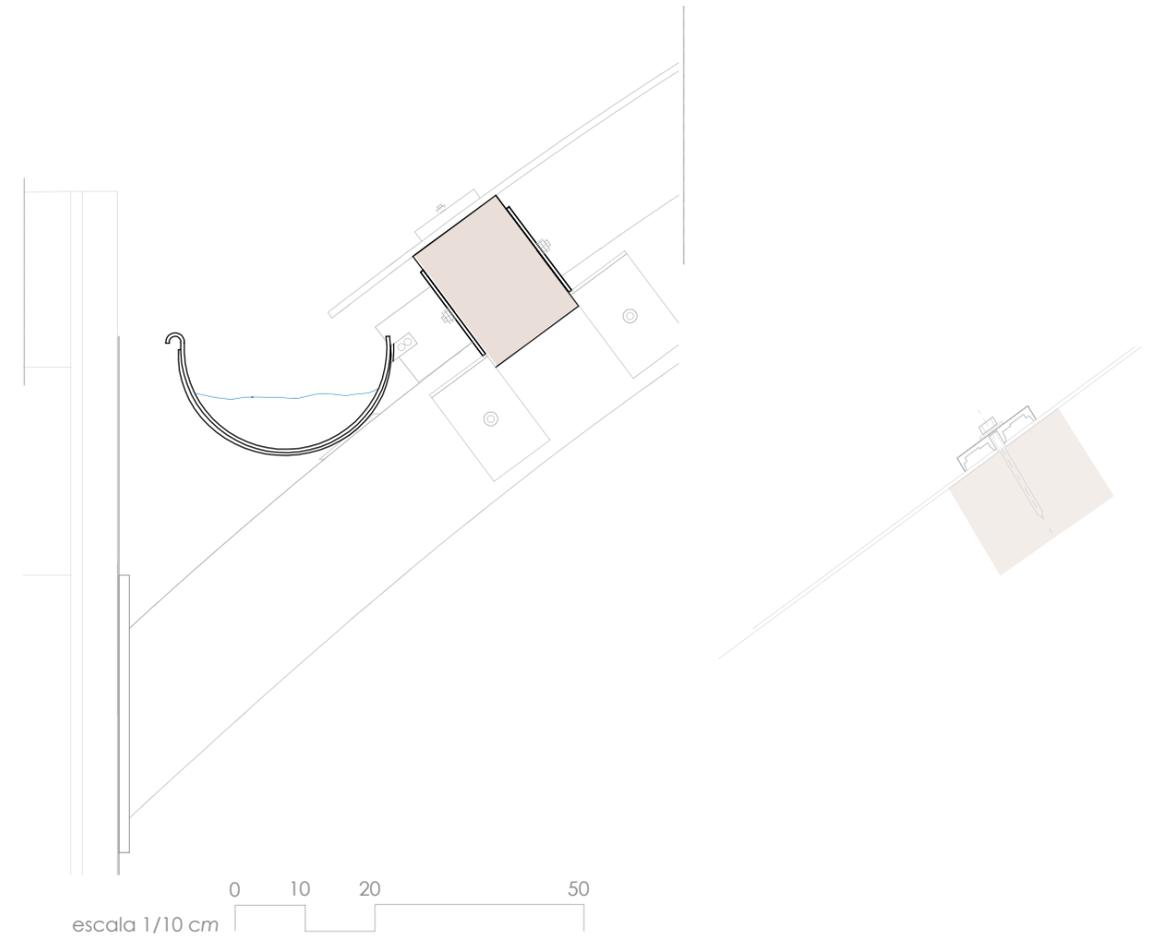
Encuentro constructivo entre los arcos parabólicos (soportes de 20x20cm) con la fachada. En la propuesta se impulsó la condición que consistía en que el apoyo estuviera a la altura de forjado de cubierta, para poder facilitar el sistema de anclaje, evitando así el encuentro con los montantes metálicos en U, de un ancho de 100mm. El anclaje se realizará mediante piezas metálicas prefabricadas, de aproximadamente 30mm de espesor en forma de L, para poder al mismo tiempo fijar los laterales del arco de madera y el frente de forjado, dispuestos perpendicularmente entre sí.

En el exterior se dispondrá un canalón de recogida de aguas que pueda almacenar la cubierta de policarbonato alveolar. Se empleará un sistema mecánico de fijación mediante tornillería que se fijará a la estructura de madera, en este caso a las vigas de madera. Este canalón tendrá una leve inclinación hacia la parte norte del patio, ya que ahí se colocará una bajante para la recogida de aguas que conectará con la más cercana, concretamente la ubicada en un lateral de la entrada a la cafetería. Justo bajo de ésta, supondremos que se encuentra una arqueta de recogida de aguas pluviales, y por lo tanto haremos uso de ella para nuestra instalación de evacuación de aguas.

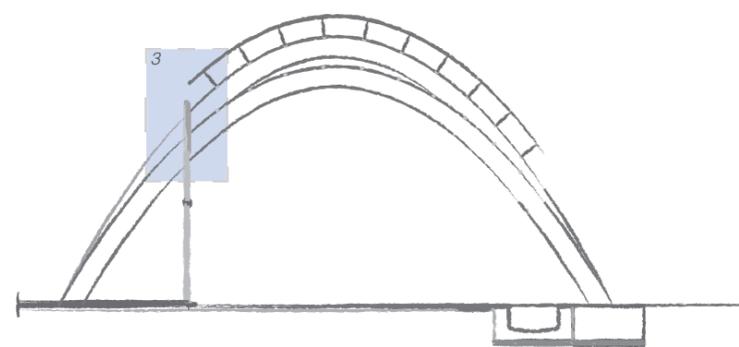
La colocación del canalón será por debajo del policarbonato alveolar, ya que recogerá la lluvia que proceda de su superficie, que desemborcará en la bajante dispuesta en la esquina Norte, junto a la de ventilación.



escala 1/50 m



ESQUEMA DE LOS DETALLES



DETALLES CONSTRUCTIVOS:

1. CIMENTACIÓN INTERIOR
2. CIMENTACIÓN EXTERIOR - CANAL de AGUA
3. FRENTE DE FORJADO
4. ENCUENTRO VIGA - PARÁBOLA

Datos extraídos de la casa comercial CRYSTALITE

El policarbonato alveolar combina excelentes propiedades tanto mecánicas como ópticas (transmisión de luz) y térmicas. Se considera un material muy versátil, con posibilidad de además de realizar cubiertas con pendiente o curvas, como es nuestro caso.

En este tipo de material, una parte de la intensidad solar es reflejada, otra parte es absorbida por la placa y otra se transmite al interior. Estos porcentajes varían en función del color y también del espesor, aunque este último varía en menor medida.

| Color           | % Transmisión de Luz |     |     |      |      |
|-----------------|----------------------|-----|-----|------|------|
|                 | Espesores            |     |     |      |      |
|                 | 4mm                  | 6mm | 8mm | 10mm | 16mm |
| Transparente    | 83%                  | 82% | 82% | 80%  | 76%  |
| Blanco          | 58%                  | 54% | 50% | 44%  | 42%  |
| Bronce          | 62%                  | 58% | 54% | 48%  | 48%  |
| Gris Metalizado | 30%                  | 30% | 30% | 30%  | 28%  |

Como el porcentaje de luz que penetra en el interior es elevado, se dispondrán unos listones ligeros de madera de 30 x 60 mm que actuarán como difusores de los rayos para que no penetren directamente en el interior. Las superficies están protegidas con un revestimiento resistente a la abrasión a la que se somete el material por el echo de estar en el exterior y exponerse a los rayos UV.

Cuando se realicen las fijaciones, éstas deberán tener la suficiente fuerza de apriete para asegurar la placa a la estructura y a la vez permitir la adecuada contracción - dilatación del material.

Una de las características de este elemento es su posibilidad de curvatura en sentido longitudinal, que tendrá una distancia entre apoyos en función del espesor y el radio de giro. Se considerará un radio aproximado de 3'20 m (aunque nuestra propuesta no sea una circunferencia), y para un espesor de 10 mm obtenemos una separación de apoyos de 1'08 m. De aquí deducimos que entre arcos parabólicos se dispondrán cuatro unidades transversalmente sobre la estructura.

Para su mantenimiento, se aconseja una adecuada limpieza para conservar las características de transmisión de luz del material. Se aconseja también no limpiar con elementos que puedan producir rayas en el mismo ni con sustancias disolventes o corrosivas.

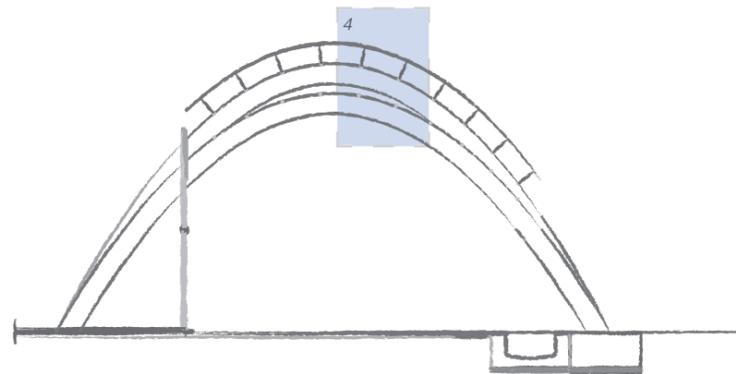
DETALLE 4

Uno de los encuentros que más se repite a la hora de ejecutar la estructura es el del encuentro entre el arco parabólico y la viga, ambos de madera, y el elemento de cubrición, en este caso el policarbonato.

Por este motivo, y por agilizar la ejecución en obra deberán quedar definidas la piezas y emplear sistemas sencillos de anclaje como en nuestro caso tornillería y chapas que formen ángulos rectos para garantizar una buena sujeción.

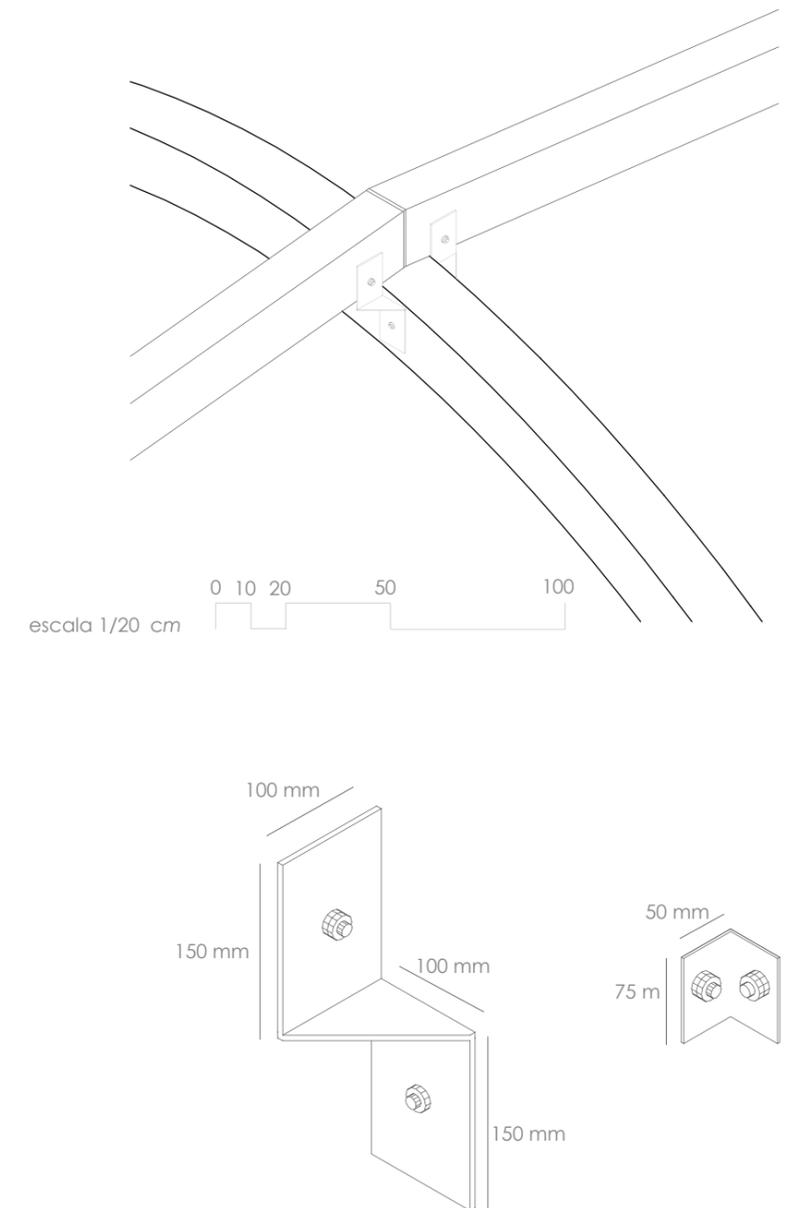
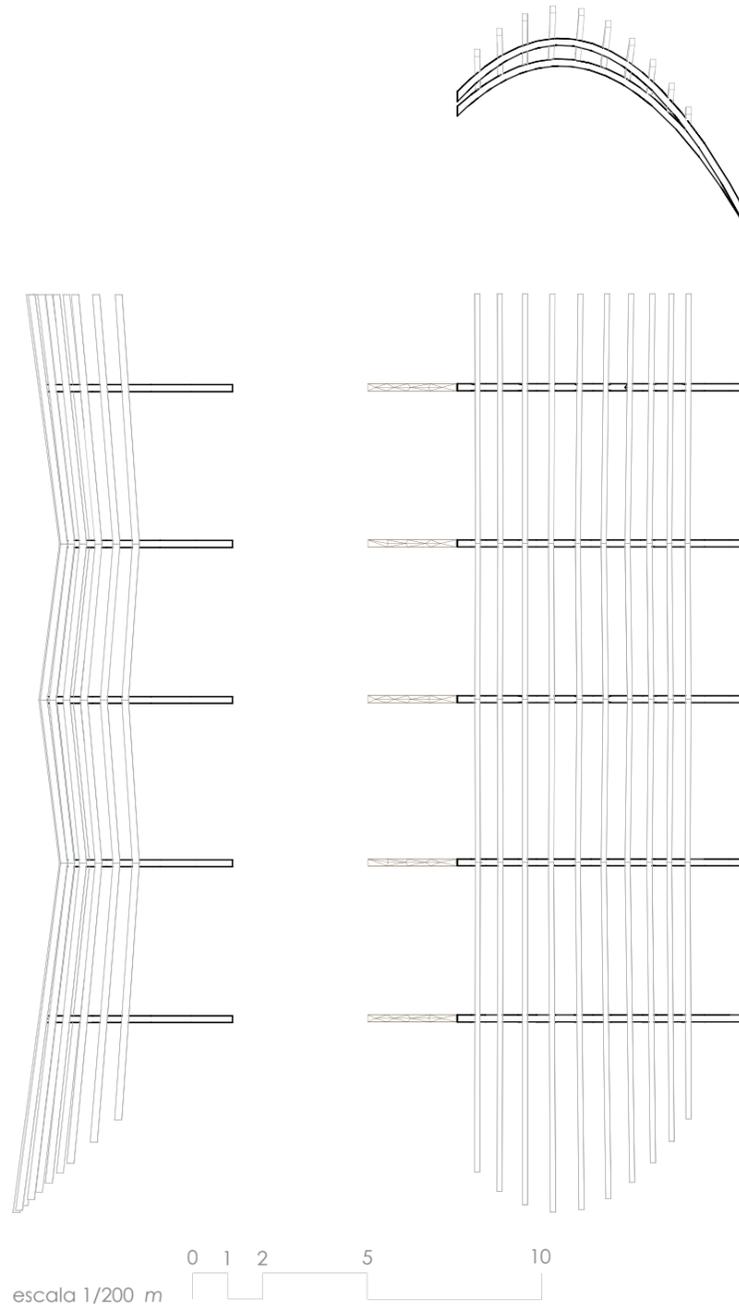
Se realizarán unas muescas en los puntos donde apoye la viga, porque al tener cierta inclinación producida por el desnivel de las parábolas, el apoyo sería un tanto inestable. Adoptando esta medida durante la ejecución se garantizará una mejor estabilidad de la estructura.

ESQUEMA DE LOS DETALLES



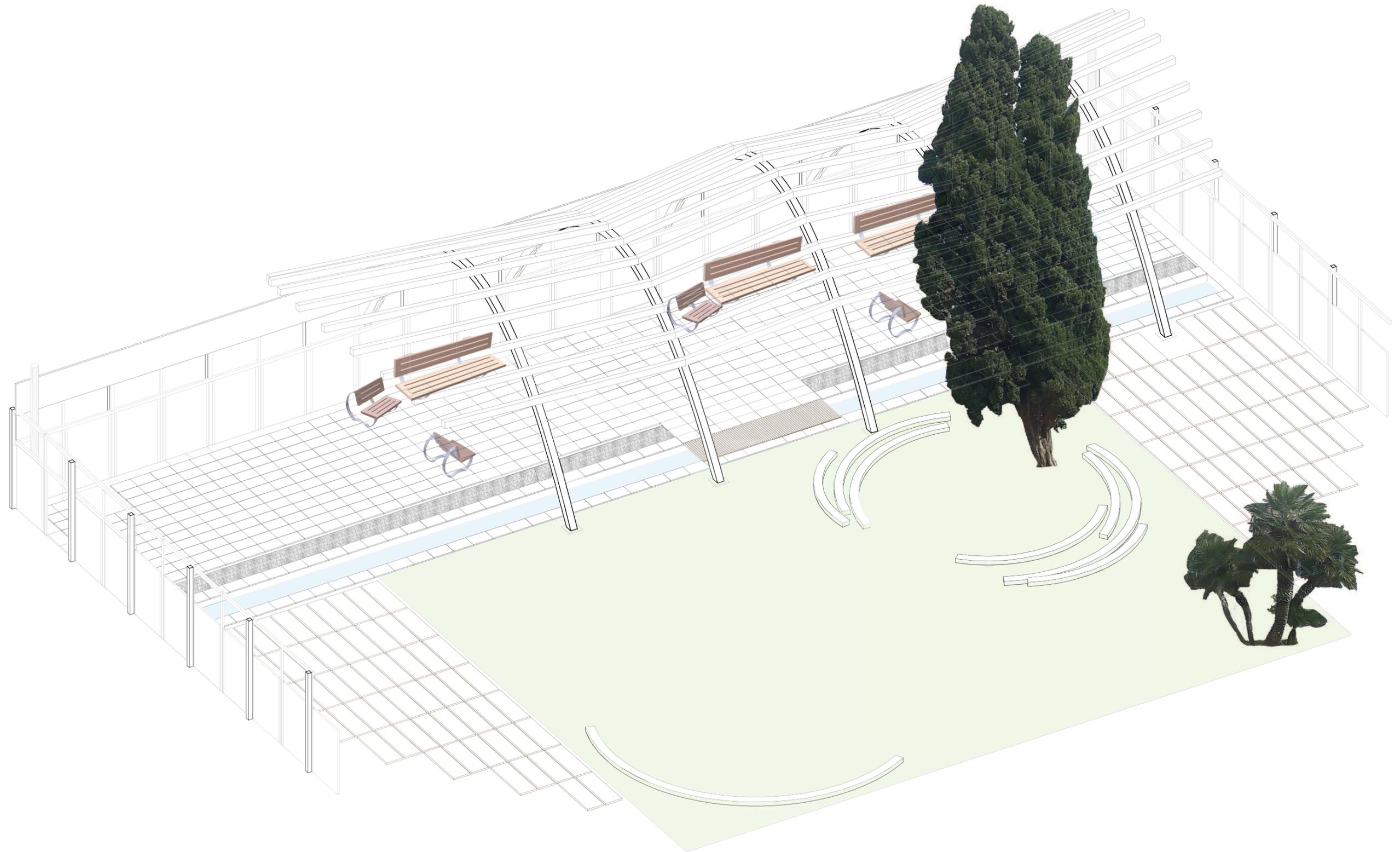
DETALLES CONSTRUCTIVOS:

- 1. CIMENTACIÓN INTERIOR
- 2. CIMENTACIÓN EXTERIOR - AGUA
- 3. FRENTE DE FORJADO
- 4. **ENCUENTRO VIGA - PARÁBOLA**



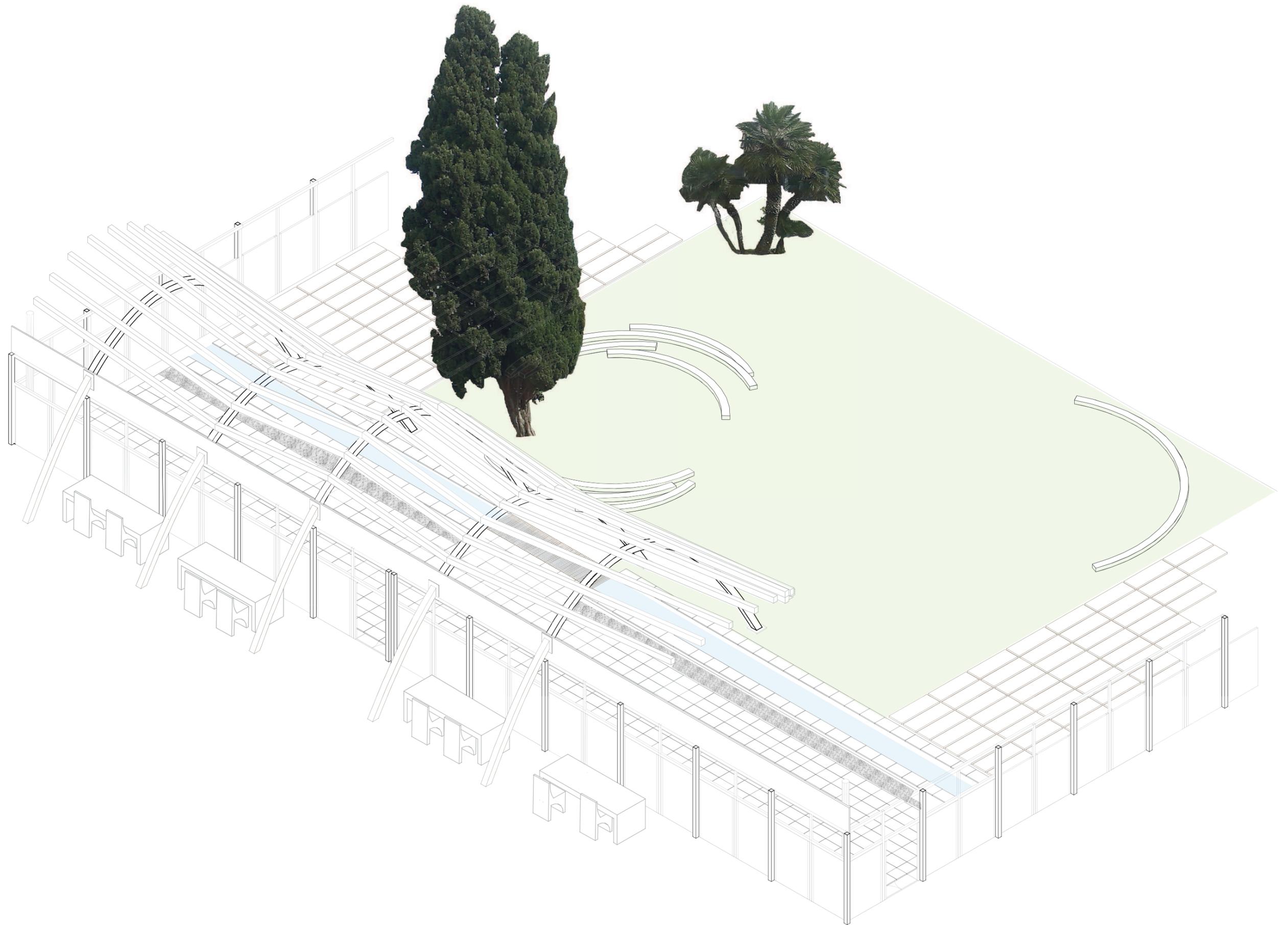
LEYENDA

Piezas metálicas de 5mm de espesor. Serán las piezas de unión tanto de las vigas como los difusores de madera a los arcos parabólicos principales de la estructura.



escala 1/100 m

0 1 2 5 10

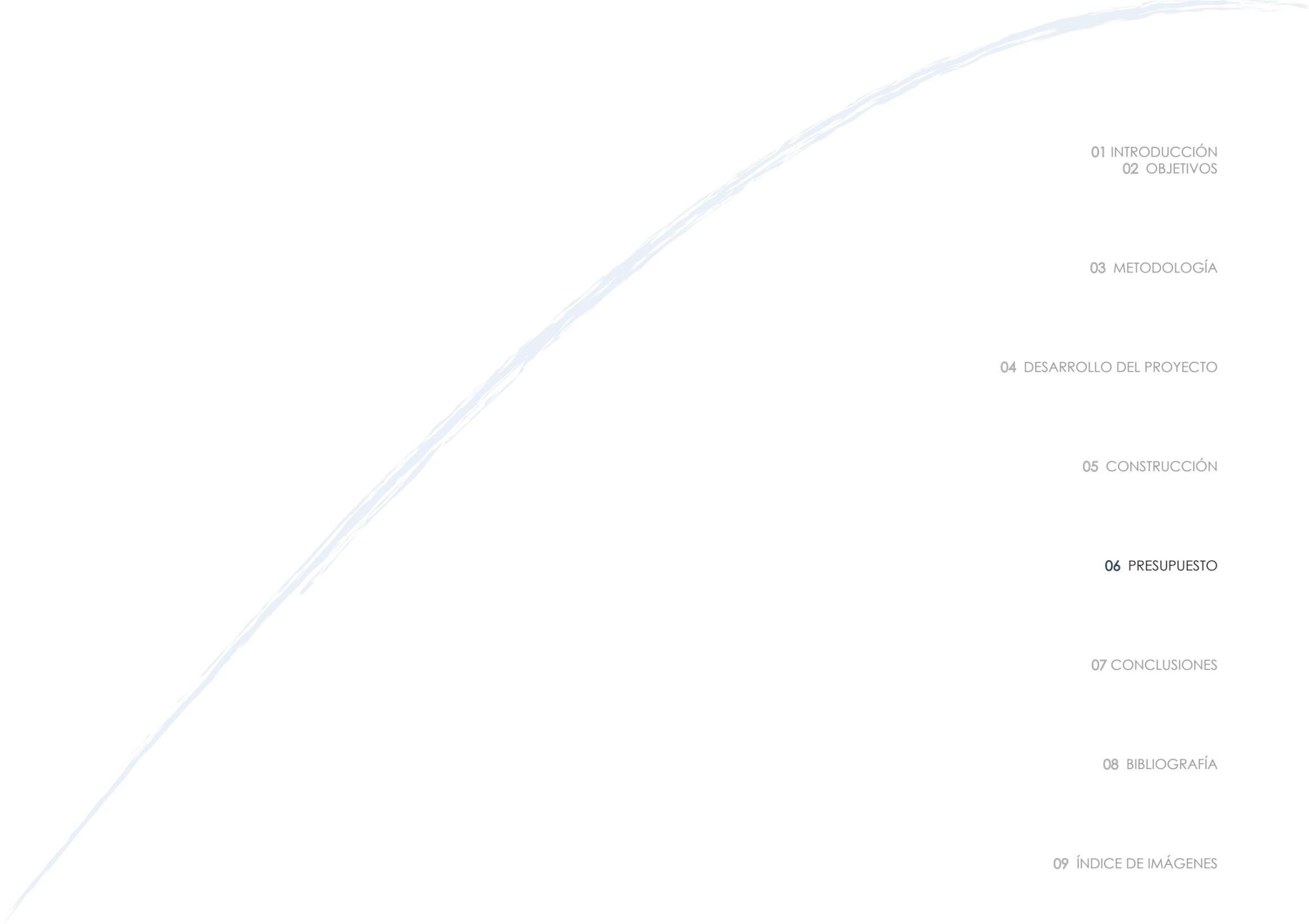


escala 1/100 m

0 1 2 5 10

VISTA 3D NOROESTE





01 INTRODUCCIÓN  
02 OBJETIVOS

03 METODOLOGÍA

**04** DESARROLLO DEL PROYECTO

05 CONSTRUCCIÓN

**06** PRESUPUESTO

07 CONCLUSIONES

08 BIBLIOGRAFÍA

09 ÍNDICE DE IMÁGENES



| <i>RESUMEN PRESUPUESTO DEL PROYECTO</i>    | <i>Importe (€)</i> |
|--|--------------------|
| CAPÍTULO 01. DEMOLICIONES                  | 3.441,00           |
| CAPÍTULO 02. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO | 410,68             |
| CAPÍTULO 03. CIMENTACIONES                 | 5.502,86           |
| CAPÍTULO 04. ESTRUCTURA                    | 10.565,58          |
| CAPÍTULO 05. INSTALACIONES                 | 2.952,70           |
| CAPÍTULO 06. CUBIERTA                      | 67.480,28          |
| CAPÍTULO 07. REVESTIMIENTO                 | 9.905,33           |
| CAPÍTULO 08. EQUIPAMIENTOS                 | 7.109,70           |
| CAPÍTULO 09. SEGURIDAD Y SALUD             | 10.776,82          |
| CAPÍTULO 10. CONTROL DE CALIDAD            | 5.388,41           |

---

TOTALPRESUPUESTO **123.933,45** euros  
(incluido 3%CI)

| Código                           | Ud             | Resumen   | Cantidad | Precio | Importe         |
|----------------------------------|----------------|---|----------|--------|-----------------|
| <b>CAPÍTULO 01. DEMOLICIONES</b> |                |   |          |        |                 |
| Dem01.1                          | m <sup>2</sup> | Levantado de pavimento interior de terrazo, dimensiones 40x40x4'5cm. Tras ejecutar los refuerzos correspondientes se volverá a colocar las mismas baldosas de pavimento, incluyendo un 2% de posibles roturas durante los trabajos.   | 35,15    | 4,13   | 145,17          |
| Dem01.2                          | m <sup>2</sup> | Demolición de baldosa hidráulica realizada a mano, retirada de escombros y carga, sin incluir transporte a vertedero, según NTE/ADD-10. Retirada de las baldosas que se encuentran en buen estado para reemplazarlas por las que no lo están del resto de zona en el patio interior. Las que se encuentran en mal estado se desecharán. | 253,52   | 12,24  | 3.103,08        |
| Dem01.3                          | m <sup>2</sup> | Levantado de carpintería acristalada de acero de cualquier tipo situada en fachada, entre 3 y 6 m <sup>2</sup> de superficie, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.   | 8,94     | 21,56  | 192,75          |
|                                  |                |   |          |        | <b>3.441,00</b> |

**CAPÍTULO 02. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO / MOVIMIENTO DE TIERRAS**

|         |                |   |       |       |               |
|---------|----------------|---|-------|-------|---------------|
| Aco02.1 | m <sup>3</sup> | Vaciado del terreno y acondicionamiento de la superficie de trabajo mediante medios mecánicos   | 38,03 | 3,12  | 118,65        |
| Aco02.2 | m <sup>3</sup> | Excavación para la formación de zanja, en terrenos blandos, con medios manuales para una profundidad menor o igual a 1.5m, con extracción a los bordes, sin incluir carga sobre transporte, según NTE/ADZ-4.  | 4,00  | 39,30 | 157,20        |
| Aco02.3 | m <sup>3</sup> | Transporte de tierras de densidad media 1.50 t/m <sup>3</sup> , con camión volquete de carga máxima 10 t y velocidad media de 45 km/h, a una distancia de 8 km, considerando tiempos de ida, descarga y vuelta, incluso carga realizada a mano y tiempo de espera del camión considerando 3 peones para la carga, incluso carga mecánica con retroexcavadora y tiempo de espera del camión. | 42,40 | 3,18  | 134,83        |
|         |                |   |       |       | <b>410,68</b> |

| Código                            | Ud             | Resumen   | Cantidad | Precio | Importe         |
|-----------------------------------|----------------|---|----------|--------|-----------------|
| <b>CAPÍTULO 03. CIMENTACIONES</b> |                |   |          |        |                 |
| Cim03.1                           | m <sup>2</sup> | Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20 fabricado en central y vertido con cubilote, de 10 cm de espesor.  | 46,20    | 7,94   | 5.502,83        |
| Cim03.2                           | m <sup>3</sup> | Zapata de cimentación de hormigón armado HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m <sup>3</sup> .   | 3,50     | 128,71 | 450,49          |
| Cim03.3                           | m <sup>2</sup> | Encofrado recuperable metálico en zapata de cimentación.  | 14,00    | 15,10  | 211,40          |
| Cim03.4                           | m <sup>3</sup> | Vaso de hormigón armado HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, con 25 kg/m <sup>3</sup> de acero UNE-EN 10080 B 500 S, para formación de foso canal enterrado a nivel de la cimentación. | 39,25    | 113,99 | 4.474,11        |
|                                   |                |   |          |        | <b>5.502,86</b> |

**CAPÍTULO 04. ESTRUCTURAS**

|          |                |   |       |          |          |
|----------|----------------|---|-------|----------|----------|
| Estr04.1 | ud             | Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 400x400 mm y espesor 30 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 50 cm de longitud total.   | 5,00  | 82,05    | 410,25   |
| Estr04.2 | m <sup>3</sup> | Soporte de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 100x20 cm de sección y hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24 h y protección de la madera con clase de penetración P1 y P2, trabajada en taller. | 2,205 | 1.004,94 | 2.215,89 |
| Estr04.3 | m <sup>3</sup> | Viga de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 15x20 cm de sección y hasta 5 m de longitud, clase resistente GL-24h y protección de la madera con clase de penetración P1 y P2, trabajada en taller.       | 4,95  | 930,25   | 4.604,74 |
| Estr4.4  | m <sup>3</sup> | Viga de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 15x20 cm de sección y hasta 15 m de longitud, clase resistente GL-24h y protección de la madera con clase de penetración P1 y P2, trabajada en taller.      | 2,74  | 1.166,79 | 3.197,00 |

| Código   | Ud | Resumen   | Cantidad | Precio | Importe          |
|----------|----|---|----------|--------|------------------|
| Estr04.5 | kg | Elementos metálicos de unión y apoyo, para estructuras de madera, de acero galvanizado en caliente con protección Z275 frente a la corrosión, colocados en obra.    | 10,00    | 4,92   | 49,20            |
| Estr04.6 | kg | Pasador hueco de metal de 20 mm de diámetro. Tornillo pasante permitiendo el fito del apoyo que soporta los esfuerzos cortantes que se producen sobre la estructura | 5,00     | 17,70  | 88,50            |
| Estr04.7 | m³ | Listones de madera, ligeros de dimensiones 30mmx60mm de aproximadamente 4,5m de longitud.   | 0,583    | 686,17 | 400,04           |
|          |    |   |          |        | <b>10.965,62</b> |

#### CAPÍTULO 05. INSTALACIONES

|          |    |   |       |        |                 |
|----------|----|---|-------|--------|-----------------|
| Inst05.1 | ud | Luminaria para empotrar en pared, de 80x130 mm, iluminación LED 6W 350 LM. Apto para exteriores. Material , aluminio inyectado y policarbonato opal de color blanco, modelo UTAH-2 Aplique. | 10,00 | 203,06 | 2030,60         |
| Inst05.2 | m  | Bajante circular de acero galvanizado, de Ø 80 mm.  | 4,10  | 14,17  | 58,10           |
| Inst05.3 | m  | Canalón circular de acero galvanizado, de desarrollo 250 mm.  | 23,82 | 21,50  | 512,13          |
| Inst05.4 | m  | Red de pequeña evacuación, colocada superficialmente, de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo  | 54,98 | 6,40   | 351,87          |
|          |    |   |       |        | <b>2.952,70</b> |

#### CAPÍTULO 06. CUBIERTAS

|         |    |   |        |        |                  |
|---------|----|---|--------|--------|------------------|
| Cub01.1 | m² | Lucernario a dos aguas con una luz máxima entre 3 y 8 m revestido con placas alveolares de policarbonato celular incolora y 10 mm de espesor. | 202,68 | 332,94 | 67.480,28        |
|         |    |   |        |        | <b>67.480,28</b> |

| Código                      | Ud | Resumen  | Cantidad | Precio | Importe         |
|-----------------------------|----|--|----------|--------|-----------------|
| CAPÍTULO 07. REVESTIMIENTOS |    |  |          |        |                 |
| Rev07.1                     | m² | Revestimiento de mosaico de gres esmaltado, en vasos de piscina, 5x5 cm.   | 6,37     | 32,24  | 1.978,57        |
| Rev07.2                     | m² | Solado de baldosas cerámicas de gres porcelánico mate o natural 3/3/H/E, de 60x40 cm, 8 €/m², para exteriores, recibidas con adhesivo cementoso mejorado, C2 sin ninguna característica adicional, color gris y rejuntado con mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta abierta (entre 3 y 15 mm), con la misma tonalidad de las piezas. | 178,22   | 39,71  | 7.077,12        |
| Rev07.3                     | kg | Piedra redonda blanca de 1.5-2.5 cm aproximadamente. Empleada como decoración en exteriores color blanco Macael  | 111,5    | 7,62   | 846,63          |
|                             |    |  |          |        | <b>9.905,32</b> |

#### CAPÍTULO 08. EQUIPAMIENTOS

|        |    |   |      |        |                 |
|--------|----|---|------|--------|-----------------|
| Eq08.1 | ud | Banco con respaldo de madera, de tablas de madera Nlangom, de 225 cm de longitud, 86 cm de ancho y 80 cm de altura. Soporte de acero galvanizado y acero inoxidable pulido y acabado barnizado. Modo de fijación mediante espárragos red.40mm taladrando el pavimento y relleno de resina. Peso 85kg. | 3,00 | 772,21 | 2.316,63        |
| Eq08.2 | ud | Silla con respaldo de madera, de tablas de madera Nlangom, de 82 cm de longitud, 86 cm de ancho y 80 cm de altura. Soporte de acero galvanizado y acero inoxidable pulido y acabado barnizado. Modo de fijación mediante espárragos red.40mm taladrando el pavimento y relleno de resina. Peso 65kg.  | 6,00 | 772,21 | 4.633,26        |
| Eq08.3 | ud | Papelera con cenicero extraíble con asa en la rejilla. Plancha de acero, diámetro de 31 cm y 80 cm de alto. color negro combinado con lamas de madera verticales.   | 2,00 | 79,95  | 159,90          |
|        |    |   |      |        | <b>7.109,79</b> |

#### CAPÍTULO 09. SEGURIDAD Y SALUD

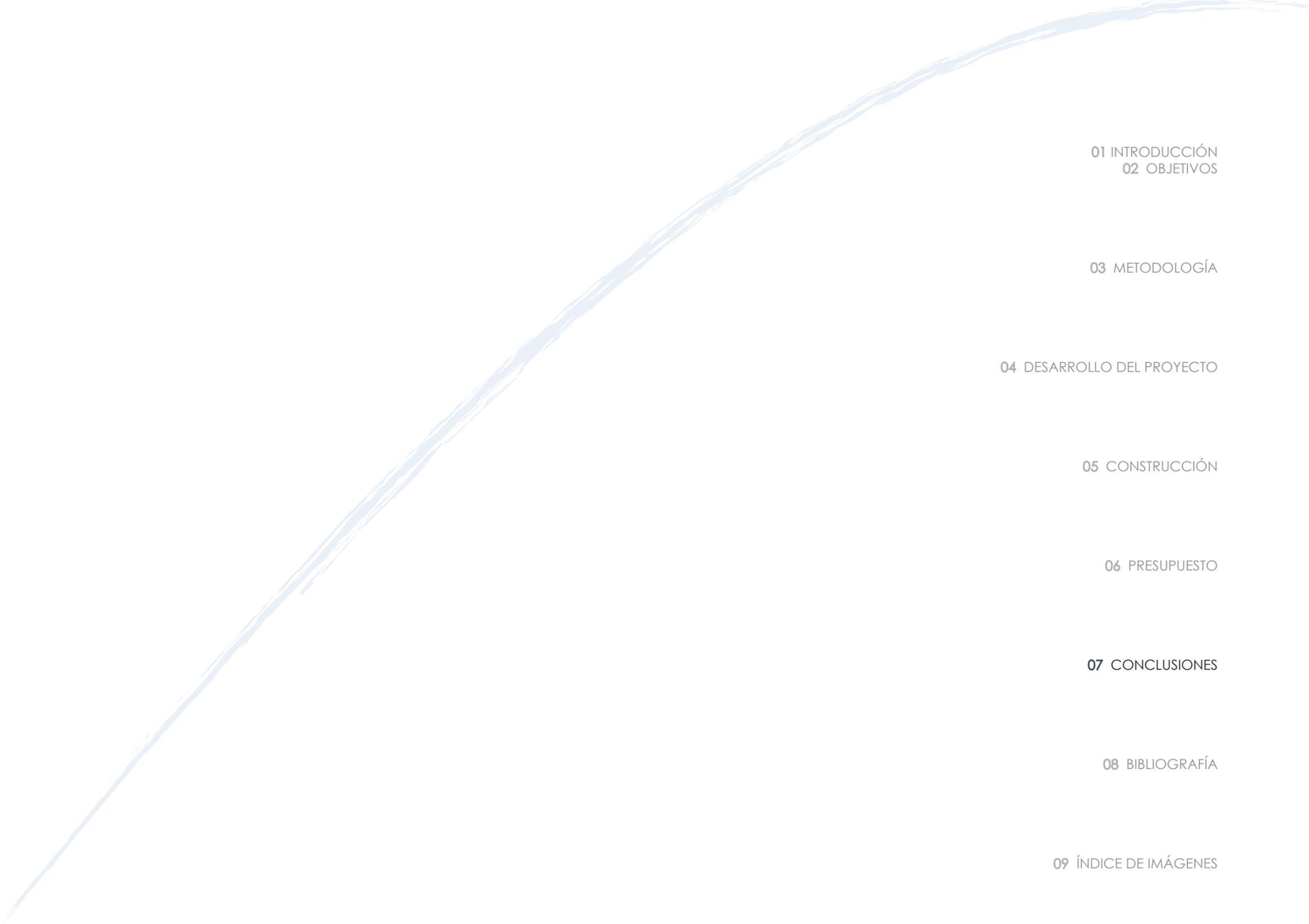
|        |  |  |  |                  |
|--------|--|--|--|------------------|
| SS09.1 | 10 % del total del presupuesto (107.768,22€) = |  |  | <b>10.776,82</b> |
|--------|--|--|--|------------------|

#### CAPÍTULO 10. CONTROL DE CALIDAD

|        |   |  |  |                 |
|--------|---|--|--|-----------------|
| CC10.1 | 5 % del total del presupuesto (107.768,22€) = |  |  | <b>5.388,41</b> |
|--------|---|--|--|-----------------|

**TOTAL: 123.933,45 €**





01 INTRODUCCIÓN  
02 OBJETIVOS

03 METODOLOGÍA

04 DESARROLLO DEL PROYECTO

05 CONSTRUCCIÓN

06 PRESUPUESTO

07 CONCLUSIONES

08 BIBLIOGRAFÍA

09 ÍNDICE DE IMÁGENES



Desde un principio me decanté por esta propuesta porque consideraba que la idea de desarrollar un proyecto desde la fase de diseño hasta la fase de construcción abarcaba un amplio abanico de fases en las que poder profundizar.

La estancia durante los años de estudio en la ETSIE facilitan el trabajo de generar un listado de necesidades que motiven el desarrollo del presente proyecto, puesto que en función del tiempo transcurrido vas descubriendo ciertas carencias, en cuanto a dotaciones de mobiliario o simplemente zonas en las que poder estar entre clases o ratos libres.

En primer lugar, la fase de diseño e ideación fue una de las más costosas en cuanto a tiempo se refiere, ya que es el momento de analizar la cantidad de formas geométricas aplicables en la arquitectura. Al buscar información entre tan variados referentes, tratas de crear un conjunto que recoja todas aquellas ideas que se han ido estudiando hasta finalmente, obtener una composición de aquellas que más se ajustan a los objetivos que nos hemos propuesto como motivo inicial.

Tras llegar a una elección de la estructura geométrica principal, decidí apoyarme en una maqueta de trabajo para saber realmente el efecto que podía tener dicha propuesta en el entorno donde se iba a situar. Considero que esta ha sido una elección acertada como medio de trabajo ya que de forma sencilla te permite visualizar aproximadamente el conjunto estructural escogido. Para la realización de la maqueta se ha tratado de buscar materiales que se correspondieran a aquellos que hemos elegido para la construcción real del modelo diseñado para tener una idea más certera.

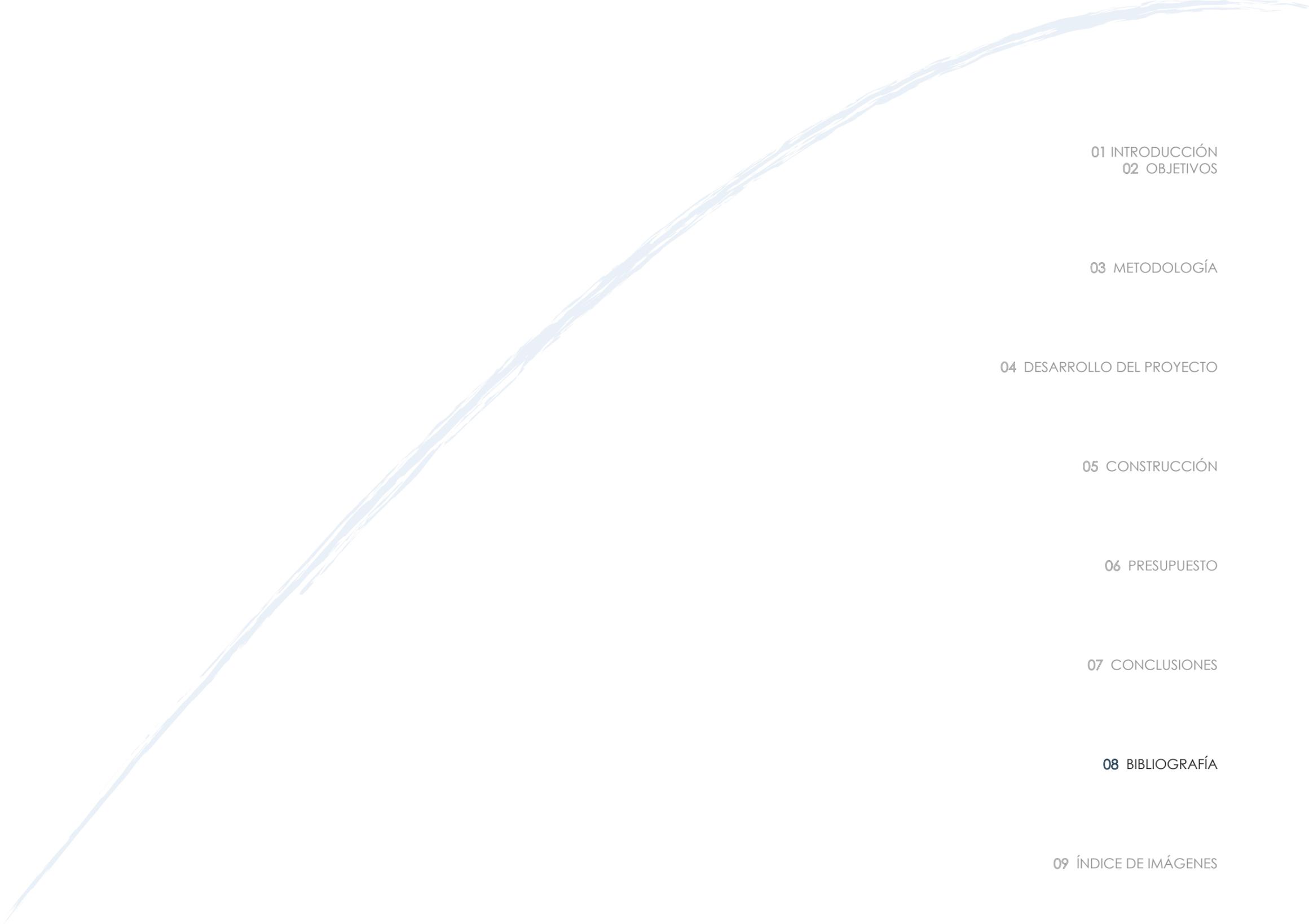
Del mismo modo que me he apoyado en la realización de las maquetas, ha sido necesario recurrir a programas de cálculo estructural como es el caso del SAP2000. Es un programa que se ha trabajado durante los estudios de la titulación, pero que gracias al proyecto y al cotutor de éste, me han ayudado a recordar y trabajar en más profundidad sobre el mismo como medio para llevar a cabo el cálculo estructural de los esfuerzos de cada uno de los elementos que componen la estructura. Esta fase de cálculo cobra más importancia de la que en un principio se pensaba, ya que el analizar los cálculos obtenidos de los esfuerzos en función de las cargas, y la realización de las comprobaciones requeridas en cada uno de los elementos ocupa gran porcentaje sobre la fase de desarrollo.

Otro de los programas empleados han sido el Presto y Arquímedes, para ayudarnos a llevar a cabo el presupuesto total que supondría la construcción de la propuesta. Uno de los inconvenientes que se han dado dentro de esta fase ha surgido en el momento de solicitar información a las casas comerciales, puesto que no han podido facilitarnos determinados precios, como por ejemplo en el caso del pavimento y mobiliario. Ante esta situación, mediante la redacción de partidas alzadas se han estimado los correspondientes precios, utilizando como guía otros catálogos comerciales y fichas técnicas.

---

Definitivamente, podemos valorar positivamente el presente proyecto ya que las zonas generadas mediante este suponen una mejora de las instalaciones, favoreciendo un mayor uso tanto del interior como en el exterior de las zonas principales de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.





01 INTRODUCCIÓN  
02 OBJETIVOS

03 METODOLOGÍA

04 DESARROLLO DEL PROYECTO

05 CONSTRUCCIÓN

06 PRESUPUESTO

07 CONCLUSIONES

08 BIBLIOGRAFÍA

09 ÍNDICE DE IMÁGENES



FUENTE DOCUMENTAL

---

CTE DB - AE. Código Técnico de la Edificación. (2009). Documento Básico Acciones en la Edificación

CTE DB - M. Código Técnico de la Edificación. (2009). Documento Básico Seguridad Estructural Madera

Heino Engel (2003). Sistemas de estructuras. Versión española/francesa. Barcelona

Daniel Giralt- Miracle (Director)(2002). Gaudí, La búsqueda de la forma. Espacio, geometría, estructura y construcción

Sanchis Sampedro, Francisco J. (2011). Las formas del hormigón. Catálogo práctico de diseño. Valencia: TFM - Universidad Politécnica de Valencia

Sanchis Sampedro, Francisco J. (2013). Las superficies geométricas en la arquitectura. Valencia: Tesis Doctoral - Universidad Politécnica de Valencia

Ficha técnica. Policarbonato alveolar. CRYSTALITE

RECURSOS ELECTRÓNICOS

---

[www.mamsi.com](http://www.mamsi.com) , Maderas Abraham Martinez. El puig. Valencia.

[www.archiproducts.com](http://www.archiproducts.com)

[www.escofet.com](http://www.escofet.com)

[www.landscapeforms.com](http://www.landscapeforms.com)

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

RECURSOS INFORMÁTICOS UTILIZADOS

---

AutoCAD

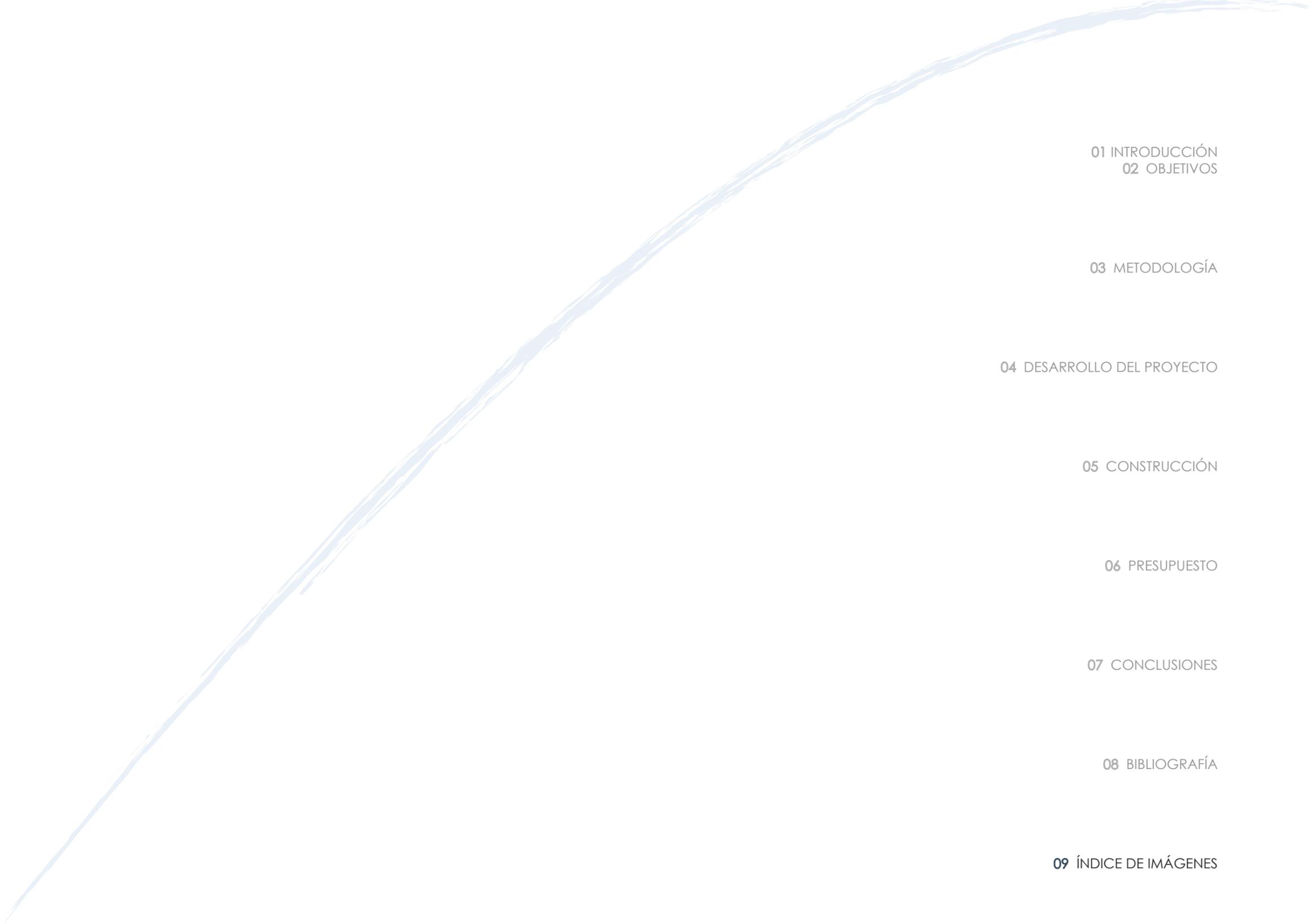
Adobe Illustrator

Adobe Photoshop

SAP200

Presto/Arquímedes





01 INTRODUCCIÓN  
02 OBJETIVOS

03 METODOLOGÍA

04 DESARROLLO DEL PROYECTO

05 CONSTRUCCIÓN

06 PRESUPUESTO

07 CONCLUSIONES

08 BIBLIOGRAFÍA

09 ÍNDICE DE IMÁGENES

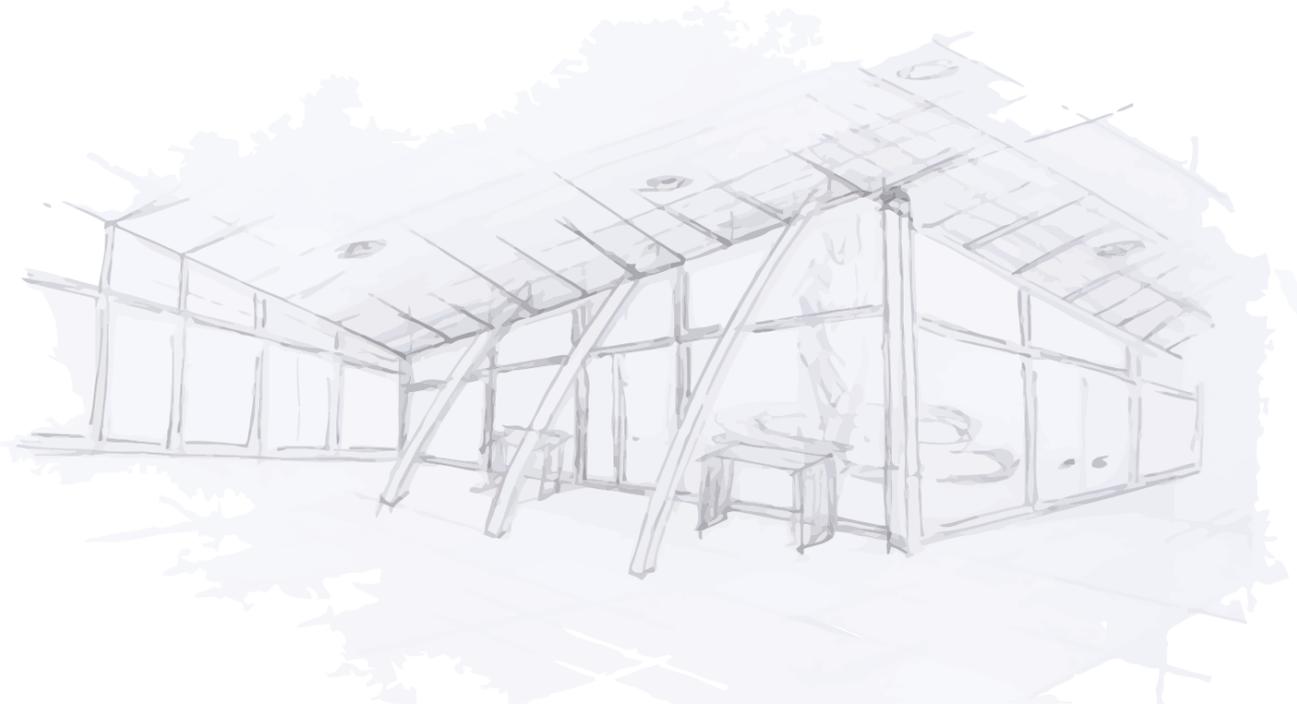


## 01. INTRODUCCIÓN y 02. OBJETIVOS

| Ref. | Fuente Documental  | Contenido                              | Fecha consulta | Página |
|------|--------------------|--|----------------|--------|
| 01.1 | Elaboración propia | Plano: planta ETSIE                    |                | 01     |
| 02.1 | Elaboración propia | Plano: 3D planta patio interior -ETSIE |                | 01     |

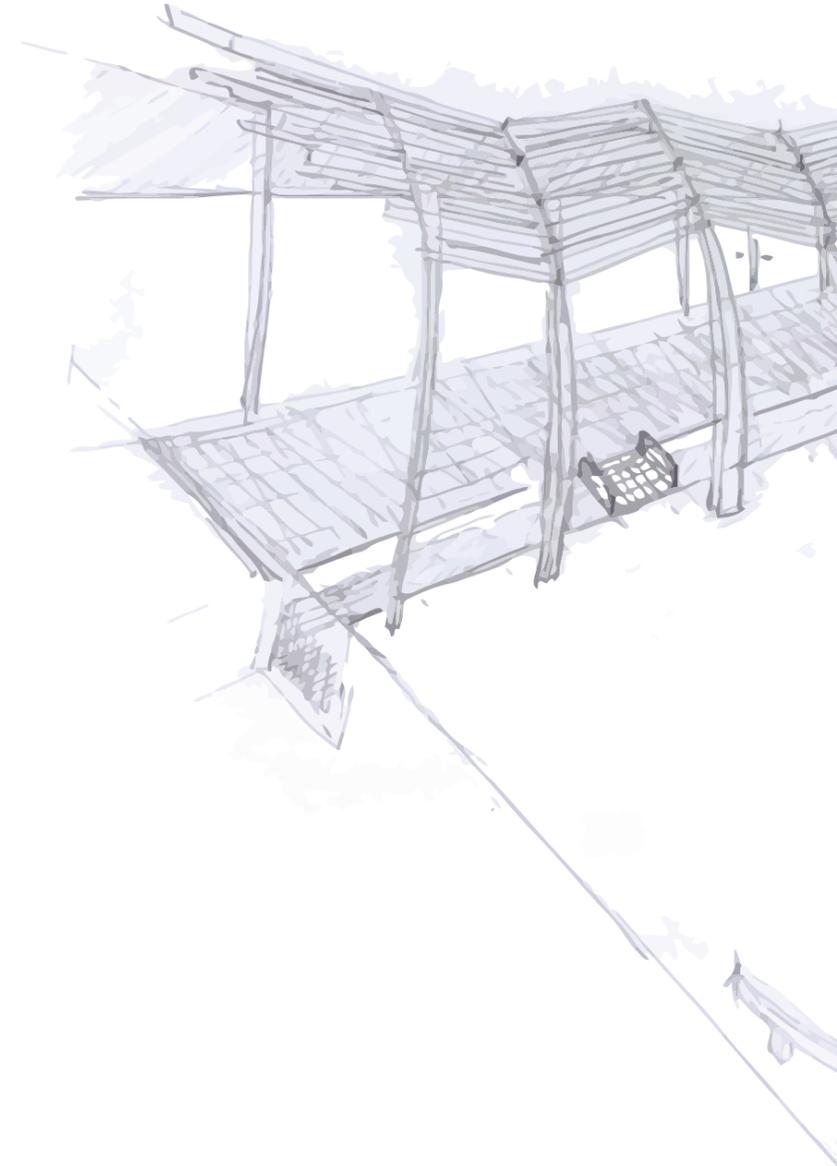
## 03. METODOLOGÍA

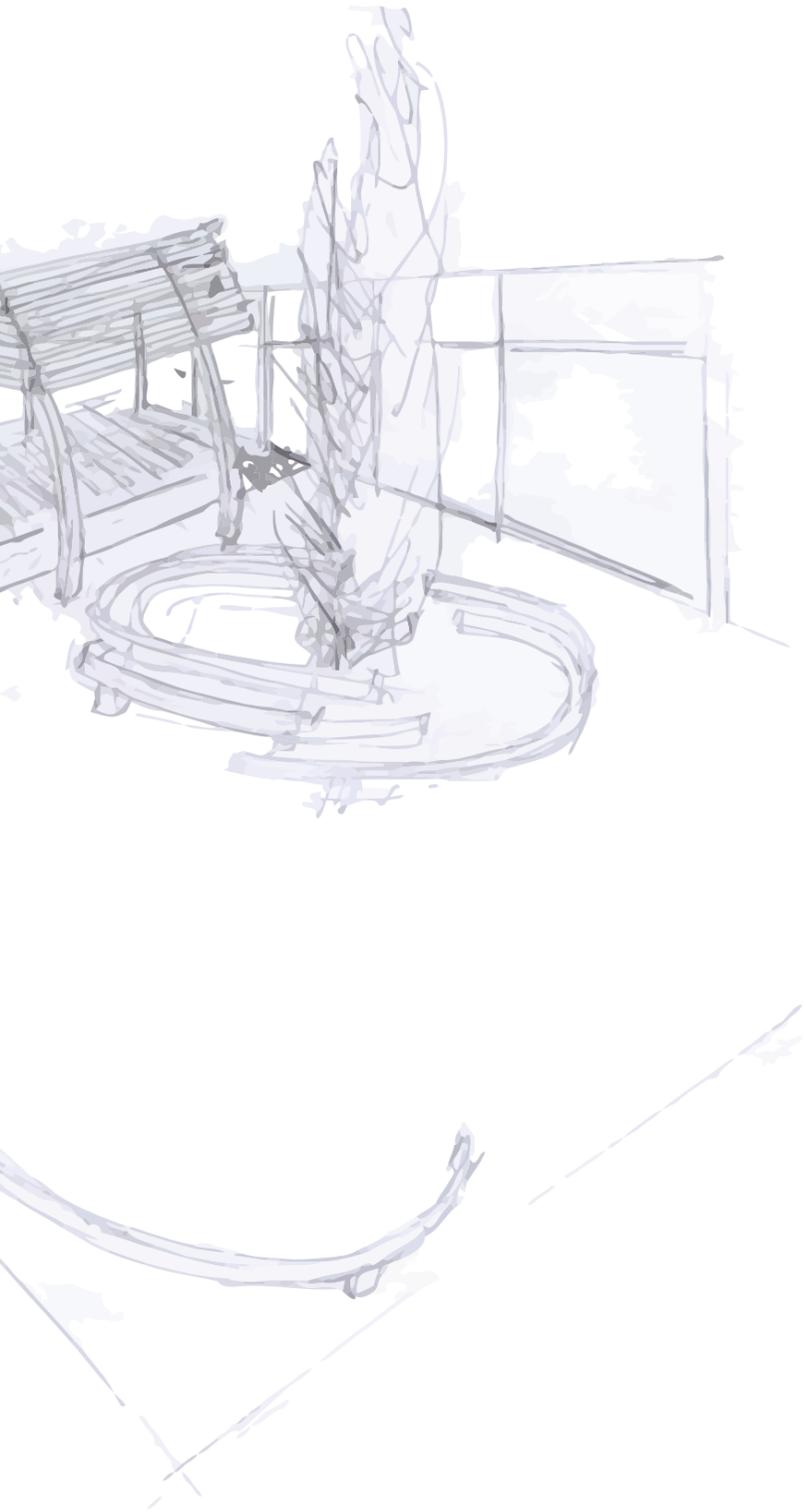
| Ref.     | Fuente Documental   | Contenido   | Fecha consulta | Página |
|----------|---|---|----------------|--------|
| 03.1     | Elaboración propia  | Fotografía: patio interior -ETSIE   |                | 02     |
| 03.2     | Elaboración propia  | Fotografía: patio desde el interior -ETSIE  |                | 02     |
| 03.3     | Elaboración propia  | Plano: planta patio - mobiliario, vegetación y accesos al recinto                             |                | 02     |
| 03.4     | Elaboración propia  | Fotografía: Acceso al patio -ETSIE  |                | 02     |
| 03.5     | Elaboración propia  | Plano: planta patio - pavimento   |                | 02     |
| 03.6     | Elaboración propia  | Fotografía: patio interior - instalación de ventilación                                       |                | 02     |
| 03.7     | Elaboración propia  | Dibujo de las formas geométricas obtenidas a partir de las secciones de un cono               |                | 02     |
| 03.8     | Elaboración propia  | Bocetos escaneados del estudio inicial del diseño de la propuesta                             |                | 02     |
| 03.9     | Sitio web: Wikipedia  | Fotografía: "L'Umbracle", Ciutat de les Arts i de les Ciències de València                    | 28/03/2014     | 02     |
| 03.10    | Sitio web: <a href="http://noticiasarq.com">noticiasarq.com</a>                             | Fotografía: nArchitects - "Pabellón en el Bosque" (en homenaje a la naturaleza, 2011) -Taiwan | 27/03/2014     | 02     |
| 03.11    | Sitio web: <a href="http://blog.bellostes.com">blog.bellostes.com</a>                       | Fotografía: interior de la "Nau Gaudí" (2008) Mataró, Barcelona                               | 31/03/2014     | 02     |
| 03.12    | Elaboración propia  | Propuestas de modelos parabólicos del proyecto  |                | 03     |
| 03.13-17 | Elaboración propia  | Fotografía: Maquetas de trabajo   |                | 03     |
| 03.18    | Sitio web: <a href="http://jorgecuaresma.blog">jorgecuaresma.blog</a>                       | Fotografía: Estructura de madera laminada (2010)  | 29/04/2014     | 03     |
| 03.19    | Sitio web: <a href="http://demoacril.com">demoacril.com</a>                                 | Fotografía: Casa Urbana - Cubierta policarbonato alveolar con difusores de madera             | 24/04/2014     | 03     |
| 03.20    | Sitio web: <a href="http://inhabitat.com">inhabitat.com</a>                                 | Fotografía: "living-pavilion"   | 15/04/2014     | 03     |
| 03.21    | Sitio web: <a href="http://granulati.it">granulati.it</a>                                   | Fotografía: pavimento "ciotoli"   | 30/04/2014     | 03     |
| 03.22    | Sitio web: <a href="http://vigasmaderalaminada/proyectos">vigasmaderalaminada/proyectos</a> | Fotografía: "Restauran en Lago Chapela", México   | 04/04/2014     | 03     |
| 03.23    | Sitio web: <a href="http://twinwall.com/policarbonato">twinwall.com/policarbonato</a>       | Fotografía: muestra de placa policarbonato alveolar   | 10/05/2014     | 03     |
| 03.24    | Sitio web: <a href="http://abrisud/piscine.com">abrisud/piscine.com</a>                     | Fotografía: Piscina cubierta  | 02/04/2014     | 03     |
| 03.25    | Sitio web: <a href="http://archiproducts.com">archiproducts.com</a>                         | Fotografía: pavimento piedra natural circular "Beola"   | 30/04/2014     | 03     |
| 03.26    | Elaboración propia  | Modelizado 3D estructura  |                | 04     |



#### 04. DESARROLLO DEL PROYECTO

| Ref.     | Fuente Documental   | Contenido   | Fecha consulta | Página |
|----------|---|---|----------------|--------|
| 04.1-5   | Sitio web: <a href="http://googlemaps.com">googlemaps.com</a>               | Fotografía: Valencia, UPV -ETSIE  | 27/02/2014     | 05     |
| 04.6     | Elaboración propia  | Plano: planta distribución usos -ETSIE  |                | 05     |
| 04.7     | Elaboración propia  | Fotografía: panorámica desde esquina Este -ETSIE  |                | 05     |
| 04.8     | Elaboración propia  | Plano: planta patio y pasillos -ETSIE   |                | 06     |
| 04.9     | Elaboración propia  | Fotografía: entrada principal -ETSIE  |                | 06     |
| 04.10    | Elaboración propia  | Plano: planta y alzados patio -ETSIE<br>Escala 1/200  |                | 06     |
| 04.11-15 | Elaboración propia  | Fotografía: fachada interior y exterior patio -ETSIE  |                | 07     |
| 04.16    | Elaboración propia  | Fotografía: pavimento interior -ETSIE   |                | 07     |
| 04.17-21 | Elaboración propia  | Fotografía: pavimento exterior -ETSIE   |                | 07     |
| 04.22    | Elaboración propia  | Fotografía: mobiliario y vegetación exterior -ETSIE   |                | 07     |
| 04.23-26 | Elaboración propia  | Fotografía: instalaciones -ETSIE  |                | 07     |
| 04.27    | Elaboración propia  | Planos: planta y alzado Noreste<br>Escala 1/100   |                | 09     |
| 04.28    | Elaboración propia  | Planos: planta y alzado Noroeste<br>Escala 1/100  |                | 09     |
| 04.29    | Elaboración propia  | Plano: sección vertical por fachada del patio -ETSIE<br>Escala 1/20                             |                | 10     |
| 04.30    | Elaboración propia  | Plano: detalles constructivos -ETSIE<br>Escala 1/3  |                | 10     |
| 04.31-34 | Elaboración propia  | Fotografías: relación necesidades planteadas  |                | 11     |
| 04.35    | Sitio web: <a href="http://cac.es">cac.es</a><br>(ciudad artes i ciencias)  | Plano: sección transversal de "L'Umbracle",<br>Ciutat de les Arts i de les Ciències de València | 28/03/2014     | 12     |
| 04.36    | Sitio web: <a href="http://commons.wikimedia.org">commons.wikimedia.org</a> | Fotografía: "L'Umbracle", Ciutat de les Arts i de<br>les Ciències de València                   | 28/03/2014     | 12     |
| 04.37    | Sitio web: <a href="http://cac.es">cac.es</a>                               | Fotografía: panorámica nocturna de la Ciutat<br>de les Arts i de les Ciències de València       | 28/03/2014     | 12     |
| 04.38-39 | Sitio web: <a href="http://wikiarquitectura">wikiarquitectura</a>           | Planos: "Pabellón de Japón" EXPO 2000,<br>Hannover -Alemania                                    | 27/03/2014     | 12     |
| 04.40-43 | Sitio web: <a href="http://wikiarquitectura">wikiarquitectura</a>           | Fotografías: "Pabellón de Japón" EXPO 2000,<br>Hannover -Alemania                               | 27/03/2014     | 12     |
| 04.44    | Sitio web: <a href="http://noticiasarq.com">noticiasarq.com</a>             | Planos: nArchitects - 3D "Pabellón en el Bosque"<br>(2011) -Taiwan                              | 27/03/2014     | 12     |
| 04.45-47 | Sitio web: <a href="http://noticiasarq.com">noticiasarq.com</a>             | Fotografía: nArchitects - 3D "Pabellón en el Bosque"<br>(2011) -Taiwan                          | 27/03/2014     | 12     |
| 04.48    | Sitio web: <a href="http://noticiasarq.com">noticiasarq.com</a>             | Fotografía: Elementos decorativos de madera<br>laminada y bulones metálicos                     | 21/04/2014     | 13     |





| Ref.     | Fuente Documental   | Contenido   | Fecha consulta | Página |
|----------|---|---|----------------|--------|
| 04.49    | Sitio web: <i>sportgarden.es</i>  | Fotografía: Pista de tenis cubierta, mediante estructura de madera laminada curvada   | 24/04/2014     | 13     |
| 04.50    | Sitio web: <i>arqhys.com</i>  | Fotografía: Diseño pérgola moderna  | 22/05/2014     | 13     |
| 04.51-52 | Sitio web: <i>tecnifusta.com</i>  | Fotografía: Fases de construcción del Museo Salinas de Añana, Vitoria   | 21/03/2014     | 13     |
| 04.53-54 | Sitio web: <i>vigasmaderalaminada/proyectos</i>                         | Fotografía: "Restauran en Lago Chapala", México   | 04/04/2014     | 13     |
| 04.55    | Sitio web: <i>brulletedelluna.com</i>                                   | Planos: Reforma edificio cultural "Nau Gaudí" (2008) Mataró, Barcelona  | 31/03/2014     | 13     |
| 04.56-58 | Sitio web: <i>brulletedelluna.com</i>                                   | Fotografías: Reforma edificio cultural "Nau Gaudí" (2008) Mataró, Barcelona   | 31/03/2014     | 13     |
| 04.59    | Elaboración propia  | Planos: planta y alzado Noroeste, zona de trabajo Escala1/100   |                | 14     |
| 04.60-62 | Elaboración propia  | Fotografías: interiores y exteriores donde se prevé llevar a cabo el proyecto   |                | 14     |
| 04.63    | <i>Sanchis Sampedro, Francisco Javier TFM (Trabajo Final de Máster)</i> | Dibujo: secuencia explicativa curva funicular, (2011) "Formas del hormigón. Catálogo diseño constructivo"   |                | 15     |
| 04.64    | Elaboración propia  | Dibujo: Definición de formas geométricas a partir de las secciones resultantes al cortar un cono  |                | 15     |
| 04.65-66 | Elaboración propia  | Fotografía: secuencia de formación de una parábola  |                | 15     |
| 04.67    | Elaboración propia<br>Sitio Web: <i>www.youtube.com</i>                 | Vídeo: secuencia de formación de una parábola <a href="https://www.youtube.com/watch?v=GwtIO14Tnto">https://www.youtube.com/watch?v=GwtIO14Tnto</a> |                | 15     |
| 04.68    | Elaboración propia  | Planos: Propuestas modelos parabólicos (1 a 8) Escala1/250  |                | 16     |
| 04.69    | Elaboración propia  | Plano: Propuesta alternativa del diseño del proyecto  |                | 16     |
| 04.70    | Elaboración propia  | Plano: Propuesta definitiva del diseño del proyecto Escala1/250   |                | 16     |
| 04.71    | Elaboración propia  | Fotografía: Proceso de construcción de la maqueta   |                | 17     |
| 04.72    | Elaboración propia  | Plano: Equema de instalacionde recogida de aguas pluviales Escala1/200  |                | 30     |
| 04.73    | Sitio web: <i>faro.com</i>  | Fotografía: Modelo de iluminaria para exteriores  |                | 30     |
| 04.74    | Sitio web: <i>archiproducts-DUAL STEP</i>                               | Fotografía: Pavimento exterior de gres porcelánico DUAL STEP – Ceramiche Caesar   |                | 31     |
| 04.75    | Elaboración propia  | Plano: Accesos y sentidos de paso en el patio interior Escala1/150  |                | 31     |
| 04.76-77 | Sitio web: <i>escofet.com</i>   | Fotografía: Asientos para el exterior: G-Banco y G silla  |                | 31     |



