



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**DISEÑO DE UN PESCANTE CONFIGURABLE  
PARA DIVERSAS MARQUESINAS  
FOTOVOLTAICAS**

**Autor:**

**Olea Cardo, Fernando**

**Tutor:**

**Lorenzana Iban, Antolín.  
Departamento C.A., I.T.,M.M.C y  
Teoría de Estructuras**

**Valladolid, Junio 2022.**

Dedicado a todas las personas que me han acompañado durante la etapa universitaria que se cierra con este proyecto.

Especialmente a mi familia, por darme la oportunidad de formarme con una carrera universitaria y por el apoyo mostrado para conseguirlo.

A mis amigos y compañeros con los que he compartido esta experiencia.

## Resumen

Vivimos tiempos en los que se tiende a una transición energética que basa su producción en fuentes de energía renovables. En este contexto, ofrecemos un producto estandarizado dirigido a aquellos que apuesten por la movilidad en vehículos eléctricos, que proporciona tanto energía eléctrica fotovoltaica como un lugar de estacionamiento. Nuestro producto es un pescante para instalar en una marquesina fotovoltaica.

En este trabajo nos centraremos en la parte estructural del pescante. Su diseño se realizará con el objetivo de que se pueda instalar en cualquier ubicación geográfica siempre que no se supere un determinado estado de cargas. Además, contará con cierto margen con el fin de ajustarse a la carga que debe soportar sin afectar a su diseño. De esta manera, es posible adaptarse a las necesidades específicas que requiera el usuario. Se tratará por lo tanto de un producto configurable. Se realizarán los cálculos necesarios en el software SAP2000, así como su diseño en Catia V5-6.

**Palabras clave:** estructura metálica, pescante, fotovoltaica, SAP2000, Catia V5-6.

## Abstract

We live in times in which there is a trend towards an energy transition that bases its production on renewable energy sources. In this context, we offer a standardised product aimed to those who bet on electric vehicles' mobility, which provides both photovoltaic electricity and a parking place. Our product is a jib to be installed on a photovoltaic shelter.

In this work we will focus on the structural part of the jib. Its design will be carried out with the aim that it can be installed in any geographical location, as long as a certain state of load is not exceeded. In addition, it will count on a certain width in order to adjust to the load that it must support without affecting its design. In this way, it is possible to adapt to the specific needs required by the user. Therefore, it will be a configurable product. Calculations will be made in the SAP2000 software, as well as its design in Catia V5-6.

**Palabras clave:** steel structure, jib, photovoltaic, SAP2000, Catia V5-6.

## Índice

1.Introducción y objetivos .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Motivación. ....	6
1.3 Objetivos .....	6
2. Dimensiones de la estructura.....	8
3. Definición de cargas.....	13
3.1 Área tributaria y carga distribuida para cada correa. ....	15
4.Secciones y geometría. ....	19
4.1 Pilares. ....	19
4.1.1 Secciones. ....	19
4.1.2 Geometría.....	19
4.2 Dinteles.....	21
4.2.1 Secciones. ....	21
4.2.2 Geometría.....	24
4.3 Correas.....	25
5.Esfuerzos y tensiones.....	28
5.1 Pilares. ....	28
5.1.1 Esfuerzos.....	28
5.1.2 Tensión de Von Mises.....	31
5.2 Dinteles.....	32
5.2.1 Esfuerzos.....	32
5.2.2 Tensión de Von Mises.....	35
6.Comprobación ante cargas longitudinales .....	36
7.Análisis de estabilidad .....	42
7.1 Primer caso de carga .....	42
7.2 Segundo caso de carga .....	43
8.Montaje de la marquesina.....	44
9.Normativa.....	50
10. Estimación económica.....	55
11. Producto configurable.....	61
12. Documentación gráfica.....	62
13. Conclusiones y trabajos futuros.....	63
13.1 Conclusiones.....	63
13.2 Consideraciones adicionales .....	63
13.3 Líneas futuras .....	64
14. Bibliografía.....	65

## Índice de figuras.

Figura 1: Marquesina dispuesta en fachada <sup>[1]</sup> .....	1
Figura 2: Marquesina parada de autobús <sup>[2]</sup> .....	2
Figura 3: Marquesina peatonal <sup>[3]</sup> .....	2
Figura 4: Marquesina grada <sup>[4]</sup> .....	3
Figura 5: Marquesina estación de servicio <sup>[5]</sup> .....	3
Figura 6: Marquesina parking <sup>[6]</sup> .....	4
Figura 7: Marquesina fotovoltaica <sup>[7]</sup> .....	4
Figura 8: Marquesina fotovoltaica con punto de carga <sup>[8]</sup> .....	5
Figura 9: Plegado en falso a fondo <sup>[9]</sup> .....	5
Figura 10: Disposición de las placas solares.....	9
Figura 11: Posición del pilar y puertas del vehículo .....	10
Figura 12: Espacio y disposición de plazas.....	10
Figura 13: Dimensiones del pórtico e inclinación .....	11
Figura 14: Disposición y altura de los pórticos.....	12
Figura 15: Área tributaria zona exterior .....	15
Figura 16: Área tributaria zona interior .....	16
Figura 17: Fuerza distribuida correas laterales.....	17
Figura 18: Fuerza distribuida correas centrales.....	18
Figura 19: Sección de los pilares.....	19
Figura 20: Cortes realizados sobre el pilar .....	20
Figura 21: Pilar completo .....	21
Figura 22: Tensión de Von Mises en los pórticos .....	21
Figura 23: Encaje del dintel en el pilar.....	23
Figura 24: Secciones inicial y final de los dinteles .....	23
Figura 25: Geometría del dintel .....	24
Figura 26: Vuelo del dintel .....	24
Figura 27: Esfuerzo axil de los pilares.....	28
Figura 28: Esfuerzo cortante V2 de los pilares.....	29
Figura 29: Esfuerzo cortante V3 de los pilares.....	29
Figura 30: Momento torsor de los pilares.....	30
Figura 31: Momento flector de los pilares respecto al eje x.....	30
Figura 32: Momento flector de los pilares respecto al eje y.....	31
Figura 33: Tensión de Von Mises en los pilares .....	31
Figura 34: Esfuerzo axil de los dinteles.....	32
Figura 35: Esfuerzos cortantes V2 de los dinteles lateral y central respectivamente .....	33
Figura 36: Momento torsor de los dinteles.....	33
Figura 37: Momento flector 3 de los dinteles lateral y central respectivamente.....	34
Figura 38: Tensión de Von Mises máxima en los dinteles laterales y central respectivamente .....	35

Figura 39: Estado de cargas con presión lateral sobre el pescante izquierdo.....	36
Figura 40: Esfuerzo axil para el segundo caso de cargas.....	37
Figura 41: Esfuerzo cortante V2 para el segundo caso de cargas.....	38
Figura 42: Cortante V3 para el segundo caso de cargas.....	38
Figura 43:Torsión de los dinteles izquierdo, central y derecho respectivamente para el segundo caso de cargas.....	39
Figura 44:torsión de los pilares para el segundo caso de cargas.....	39
Figura 45: Momento M2 en los dinteles para el segundo caso de carga.....	40
Figura 46: Momento M2 en los pilares para el segundo caso de carga.....	40
Figura 47: Momento M3 en los pilares para el segundo caso de carga.....	41
Figura 48: Tensión de Von Mises en la estructura para el segundo caso de carga .....	41
Figura 49: Factor de carga crítico a pandeo para el primer caso de cargas .....	42
Figura 50: Factor de carga crítico a pandeo para el segundo caso de cargas.....	43
Figura 51: Plantilla predimensionada ofrecida por Aplitech-Energy <sup>[15]</sup> .....	44
Ilustración 52: Llenado de la zapata con hormigón <sup>[15]</sup> .....	44
Figura 53: Montaje dintel sobre pilar .....	45
Figura 54: Ejiones .....	45
Figura 55: Pórtico .....	46
Figura 56: Levantamiento del pórtico <sup>[15]</sup> .....	46
Figura 57: Comprobación de la alineación de los pilares .....	47
Figura 58: Colocación de las correas .....	47
Figura 59: Correa enrasada con el dintel.....	48
Figura 60: Alineación de ejión y correa. Coincidencia de ejes de los taladros.....	48
Figura 61: Marquesina completa .....	49
Figura 62: Precio generado por Cype generador de precios. Precio del Kg de acero.....	55
Figura 63: Volumen de cada pilar.....	56
Figura 64: Volumen de cada dintel.....	57
Figura 65: Precio generado por Cype generador de precios. Precio del m <sup>3</sup> de hormigón. ....	58
Figura 66: Precio generado por Cype generador de precios. Precio del m <sup>3</sup> de excavación del terreno.....	59
Figura 67: Precio generado por Cype generador de precios. Precio del m <sup>2</sup> de nivelación del terreno. Soleras.....	59
Figura 68: Holgura producto configurable .....	61
Figura 69: Silicio dopado con fósforo y boro <sup>[16]</sup> .....	72
Figura 70: Formación barrera de potencial <sup>[17]</sup> .....	73
Figura 71: Paso de electrones de N a P .....	74
Figura 72: Electrones de la barrera pasan a P .....	74
Figura 73: Los electrones generan corriente eléctrica.....	74
Figura 74: Estructura celda fotovoltaica <sup>[18]</sup> .....	75
Figura 75: Composición de un panel solar <sup>[19]</sup> .....	75

## Índice de tablas.

Tabla 1: Dimensiones mínimas de las plazas de aparcamiento.....	8
Tabla 2: Valores de coeficientes de exposición .....	13
Tabla 3: Coeficientes de presión exterior.....	14
Tabla 4: Correas. Selección según distancia y carga. ....	25
Tabla 5: Propiedades de la correa seleccionada.....	26
Tabla 6: Características mecánicas de los aceros. Tabla 4.1 del DB SE A.....	52
Tabla 7: Radio de acuerdo mínimo al conformar en frío. DB SE A.....	53

## 1.Introducción y objetivos.

### 1.1 Antecedentes.

En primer lugar, vamos a definir lo que es una marquesina, ya que es el destino que va a tener el producto que se ofrece en el presente trabajo. Una marquesina es una estructura formada por diferentes elementos estructurales con el fin de proteger de las inclemencias meteorológicas aquello que se posiciona bajo su cubierta.

Las marquesinas han ido evolucionando a lo largo del tiempo. En sus inicios, simplemente eran un trozo de tela extendido con la misma finalidad actual, servir de refugio frente a las condiciones meteorológicas.

En la actualidad, su misión no ha cambiado, pero además de en su funcionalidad, se trabaja para que las marquesinas sean un elemento visual atractivo y estético.

Podemos encontrar diversos tipos de marquesinas, tal y como se muestra a continuación:

- Marquesinas dispuestas en fachada: se suelen instalar en puertas de hoteles, restaurantes o viviendas. En la figura 1 se muestra un ejemplo de este tipo de marquesina.



Figura 1: Marquesina dispuesta en fachada <sup>[1]</sup>

- Marquesina parada de autobús: es común encontrar estos tipos de estructuras en las paradas de autobús, instaladas con el fin de que las personas queden a resguardo mientras esperan la llegada del bus. La figura 2 muestra un ejemplo de este tipo de marquesina.





Figura 2: Marquesina parada de autobús [2]

- Marquesina peatonal: se instalan con la finalidad de proteger zonas peatonales y de paso. La figura 3 muestra un ejemplo de este tipo de estructura.



Figura 3: Marquesina peatonal [3]

- Marquesina grada: se instala, por ejemplo, en recintos deportivos para refugiar a los espectadores que acuden a ver un evento. A continuación, la figura 4 muestra un ejemplo de este tipo de marquesina.



Figura 4: Marquesina grada [4]

- Marquesina estación de servicio: se pueden encontrar en gasolineras y estaciones de servicio. La figura 5 muestra un ejemplo de este tipo de estructura.



Figura 5: Marquesina estación de servicio [5]

- Marquesina parking: se sitúan en algunos lugares de estacionamiento de vehículos para que estos queden protegidos bajo su cubierta. En la figura 6 puede verse un ejemplo de este tipo de marquesina.

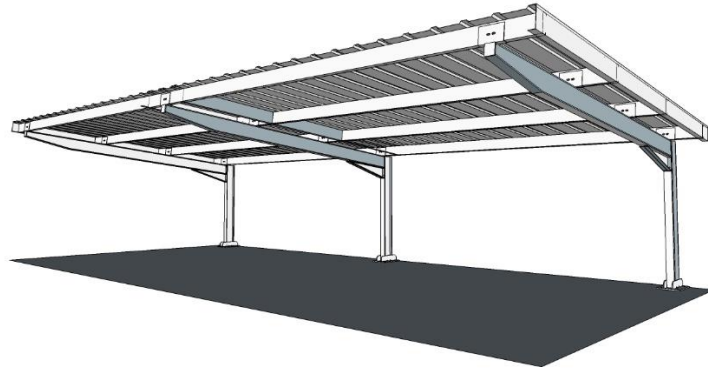


Figura 6: Marquesina parking [6]

El objeto de estudio de este trabajo es este último tipo de marquesina en el que además se instalarán paneles solares fotovoltaicos sobre su cubierta con el fin de producir energía eléctrica a partir de luz solar. A este tipo de marquesina se le conoce como marquesina fotovoltaica.

A continuación, la figura 7 muestra un ejemplo de marquesina fotovoltaica.



Figura 7: Marquesina fotovoltaica [7]

Además, es posible añadirle un punto de carga. Este tipo de estructura es cada vez más demandada debido al creciente número de usuarios que se deciden por el uso de vehículos eléctricos. Estos vehículos no disponen de tanta autonomía como un coche tradicional de combustión. Por este motivo es necesario disponer de suficientes puntos de carga para abastecer esta necesidad de recargar vehículos eléctricos, como en el ejemplo de la figura 8. Además, cuenta con la ventaja de

que estas recargas serán prácticamente gratuitas, por lo que supone una gran inversión.



Figura 8: Marquesina fotovoltaica con punto de carga <sup>[8]</sup>

Actualmente son muchas las empresas que ofrecen marquesinas fotovoltaicas. Una de esas empresas es Aplitech Energy, la cual servirá de guía para la realización del trabajo.

En segundo lugar, vamos a dar algunos detalles del proceso de fabricación con el que vamos a obtener algunos de los perfiles usados en nuestra estructura.

Dichos perfiles se fabricarán por calderería, por ser un proceso suficientemente preciso y barato para cubrir nuestras necesidades. Durante el proceso de fabricación se realizará el corte, punzonado, plegado lineal y soldadura.

El corte se realizará preferiblemente con CNC de plasma, pudiendo así realizar formas curvas y taladros. Otra forma de realizar el corte sería por cizalladura.

Se realizará un plegado a fondo, sin penetrar en la chapa (plegado en falso) para mantener el espesor inicial, deteniendo el punzón en el momento en el que la chapa toque las paredes de la matriz, tal y como se muestra en la figura 9.

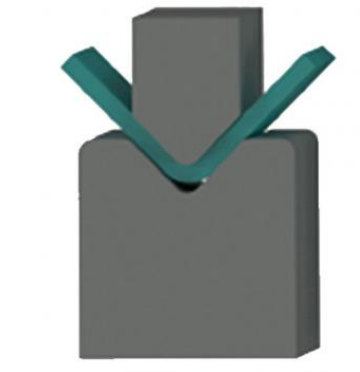


Figura 9: Plegado en falso a fondo <sup>[9]</sup>

## 1.2 Motivación.

En la actualidad, son cada vez más las personas concienciadas de la importancia de reducir la huella de carbono, que buscan una alternativa más verde para su movilidad. Como ingeniero, considero que es nuestro deber proteger el medio ambiente y sus recursos.

La motivación por realizar este trabajo radica en que me permite no sólo aumentar mi conocimiento en el ámbito de las estructuras y construcciones industriales sino ofrecer un producto que pueda ayudar a obtener energía limpia. El producto que ofrecemos es un pescante para instalar en marquesinas fotovoltaicas fabricado en acero.

Definimos estructura de acero como el elemento o conjunto de elementos de acero que forman la parte sustentante y resistente de la construcción, permitiendo la transmisión de esfuerzos generados por las cargas a los apoyos.

Una marquesina fotovoltaica tendrá, como se ha mencionado anteriormente, la capacidad de instalar sobre su cubierta paneles solares fotovoltaicos capaces de producir energía eléctrica a partir de luz solar. Gracias a ello, podrá servir a los usuarios tanto como zona de aparcamiento cubierta como de generador de energía a partir de una fuente renovable.

En este trabajo de fin de grado trataremos de diseñar un producto comercial que pueda instalarse en cualquier lugar siempre que no se supere un determinado estado de cargas. Con ello se busca aumentar el número de destinatarios a los que poder atender sin limitar los cálculos a las cargas de viento y nieves específicas de una determinada localización geográfica. Asimismo, se tratará de optimizar tanto el material utilizado como el proceso de fabricación de los perfiles.

## 1.3 Objetivos

- El alcance de este proyecto es el diseño de un pescante que sea un producto comercial barato, duradero, atractivo, compacto y fácilmente transportable, capaz de soportar una determinada presión sobre su cubierta y que además sea configurable, siendo capaz de adaptarse a las necesidades de cada usuario mediante la variación de su espesor.
- Establecer tanto las dimensiones que tendrá la marquesina a la que se destina el pescante, así como su geometría.

- Partiendo de una determinada presión, calcular los esfuerzos y tensiones a los que estarán sometidas las barras de nuestro pescante.
- Realizar un análisis de estabilidad de la estructura.
- Aumentar el conocimiento en el software SAP 2000 con la creación de estructuras tridimensionales (hasta ahora sólo había trabajado con pórticos planos) y la definición de barras de sección variable (hasta ahora sólo había trabajado con barras de sección constante).
- Realizar una estimación económica del proyecto.

Otros objetivos de este trabajo son la redacción de un documento técnico que sirva como memoria descriptiva del producto, la elaboración de documentación gráfica con su correcto uso de la expresión gráfica o el manejo de software propio de ingeniería como SAP2000 o Catia.

También lo es comprender el funcionamiento de una célula fotovoltaica, ya que gracias a ella podemos obtener energía limpia de nuestra marquesina. Este estudio se muestra en el anejo.

## 2. Dimensiones de la estructura.

Para el establecimiento de las dimensiones de la marquesina lo haremos basándonos en una de sus funciones principales: el estacionamiento de vehículos. Recurrimos a dos fuentes autonómicas en relación a su normativa. En primer lugar, consultamos la norma urbanística del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid emitido por el Ayuntamiento de Madrid, de donde obtenemos la tabla 1.

Tabla 1: Dimensiones mínimas de las plazas de aparcamiento.

Fuente: Plan General de Ordenación Urbana de Madrid. [11]

TIPO DE VEHÍCULO	LONGITUD (m)	ANCHURA (m)
Vehículos de dos ruedas	2,50	1,50
Automóvil pequeño	4,00	2,25
Automóvil medio	4,50	2,25
Automóvil grande	5,00	2,40
Automóvil discapacitados	5,00	3,60
Vehículo industrial ligero	5,70	2,50
Vehículo industrial pesado	9,00	3,00

Seguidamente, contrastamos estas medidas con la normativa autonómica de Castilla y León, que establece lo siguiente:

“Área de plaza: Es el espacio que requiere el vehículo al detenerse y tendrá unas dimensiones mínimas de 4,50 m de largo por 2,20 m de ancho.”<sup>1</sup>

Tendremos también en cuenta las dimensiones medias de un vehículo, considerando que son 1,80 m de ancho sin contar los retrovisores, y 4 m de largo.

Con estos datos, decidimos que el espacio que debe tener cada plaza disponible bajo nuestra marquesina será de 4,50 m de largo por 2,25 m de ancho, intentando ampliar dichas dimensiones para poder estacionar vehículos de tamaño grande.

<sup>1</sup> Decreto 217/2001, de 30 de agosto. Normativa de vivienda y suelo. Accesibilidad y supresión de barreras. Artículo 5º. Aparcamientos.

Además, el margen que hay en las anchuras de la tabla 1 entre automóviles pequeños y grandes aumenta las ventajas de tener un producto configurable ya que, cambiando la longitud de las correas, podríamos llegar a establecer tres estacionamientos de vehículos pequeños y medianos si la distancia entre crujiás fuera de 6,75 m (2,25 m cada vehículo).

Para el dimensionado de la marquesina tendremos en cuenta las medidas determinadas por normativa y las placas solares que queremos instalar. La obra se realizará para que la marquesina albergue cuatro vehículos. Las placas solares a instalar se considerarán de las siguientes dimensiones: 2,00 m de largo por 1,00 m de ancho. Se realizan los cálculos para estas dimensiones. Al tratarse de un producto configurable estas dimensiones podrían variar, pero el procedimiento de cálculo sería el mismo.

Teniendo en cuenta estas dos premisas, la cubierta formada por las placas solares tendrá una superficie de 10,00 m de largo por 5,00 m de ancho, siendo capaz de albergar veinticinco placas con la disposición de la figura 10.

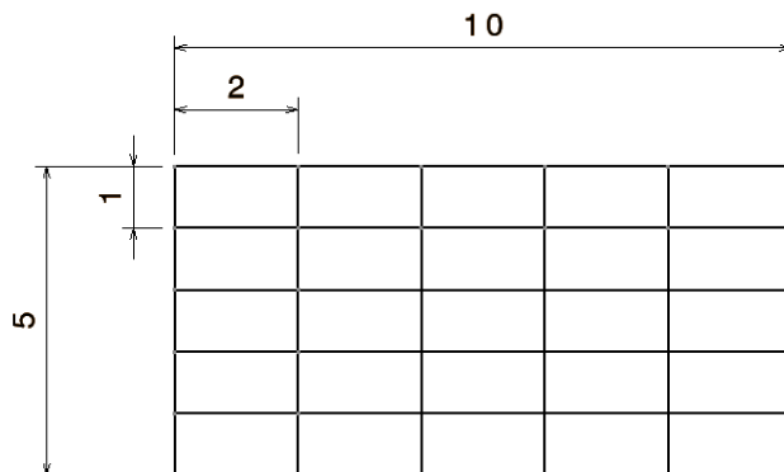


Figura 10: Disposición de las placas solares

Nuestra estructura estará formada por los siguientes elementos estructurales: zapatas, pórticos y correas. Cada pórtico estará formado por pilar y dintel, que es lo que denominamos pescante. El pilar no será central para permitir la apertura de las puertas de los vehículos que se estacionen, como se ve en la figura 11.



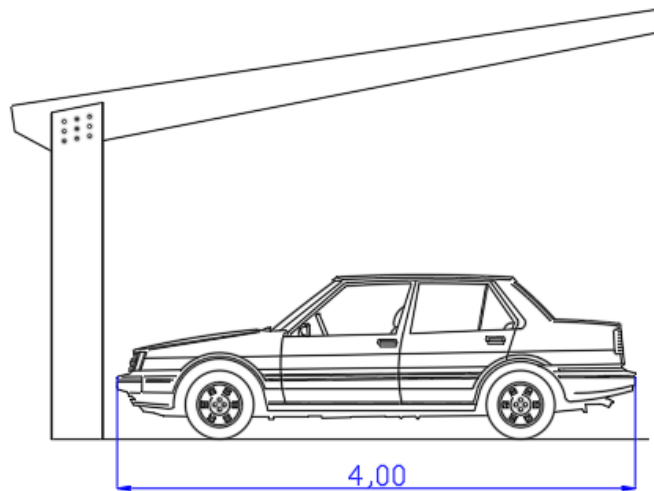


Figura 11: Posición del pilar y puertas del vehículo

Las placas no estarán interrumpidas por el pódico central ya que las correas se dispondrán de tal manera que queden enrasadas con los dinteles, quedando entonces en todo momento las placas por encima de los mismos.

La marquesina estará formada por tres pódicos, dos laterales y uno central. La distancia entre los ejes de los pilares será de 5 m, albergando de esta manera a dos vehículos en el espacio entre pódicos, tal y como se muestra en la figura 12.

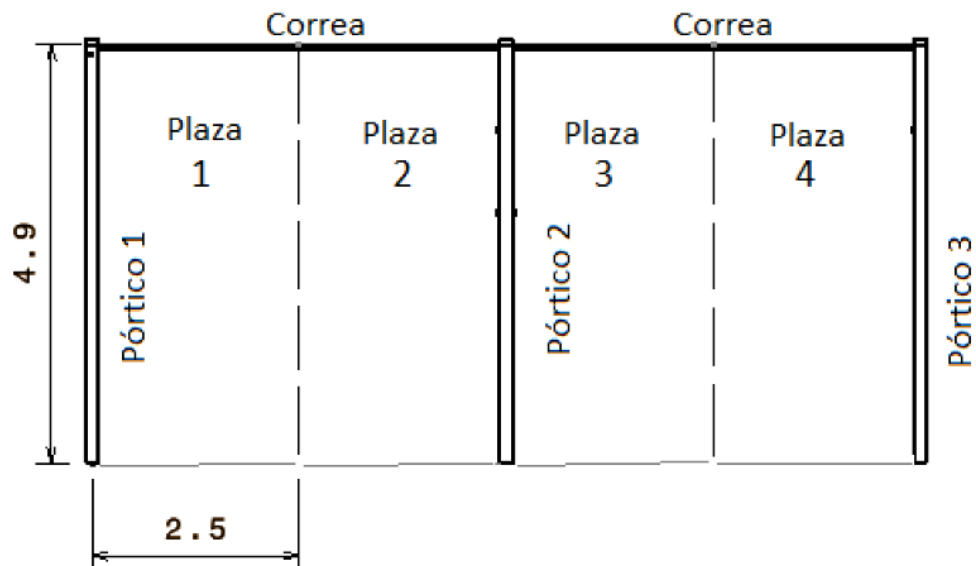


Figura 12: Espacio y disposición de plazas

De nuevo, al ser un producto configurable, las dimensiones de las plazas podrían cambiar. La suma de la anchura de las plazas será múltiplo de la longitud de los paneles. Si por ejemplo el número de crujías fuera 4 y las dimensiones se

consideran para automóvil pequeño o mediano, podríamos establecer un total de 8 plazas con un ancho total de 18,00 m (2,25 m por plaza), que sigue siendo múltiplo de la longitud de los paneles (2,00 m), sin tener que llegar a los 20,00 m necesarios si el ancho de la plaza se considera de 2,50 m.

La cubierta contará con una inclinación de  $11^\circ$ , tal y como se ve en la figura 13. Las razones son las siguientes:

1. Inclinación al sol para obtener una mayor captación energética. El objetivo sería conseguir la máxima perpendicularidad con respecto a la radiación solar recibida. En España, la mejor orientación es sur y la inclinación varía según la época del año, siendo de unos  $48^\circ$  en invierno y  $18^\circ$  en verano. Sin embargo, nos decidimos por esta inclinación por razones estéticas, a pesar de no aprovechar al máximo la energía disponible.
2. Para facilitar el drenaje de aguas pluviales y evitar que queden estancadas, así como evitar la acumulación de nieve.

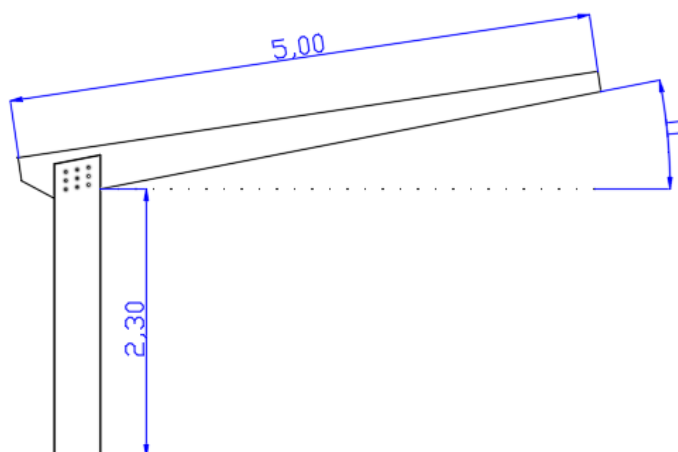


Figura 13: Dimensiones del pörtico e inclinación

Además, cuenta con un pequeño vuelo con el fin de aprovechar al máximo el espacio disponible para la colocación de placas solares, haciendo posible utilizar la superficie que queda tras el pilar.

La altura a la que se unen pilar y dintel será de 2,30 m. Esta altura será suficiente para que entre cualquier automóvil y persona sin golpearse la cabeza con la parte inferior del dintel. La altura máxima que alcance la marquesina será de 3,30 m. Ambas pueden apreciarse en la figura 14, en la que se han añadido un vehículo y una persona a escala.

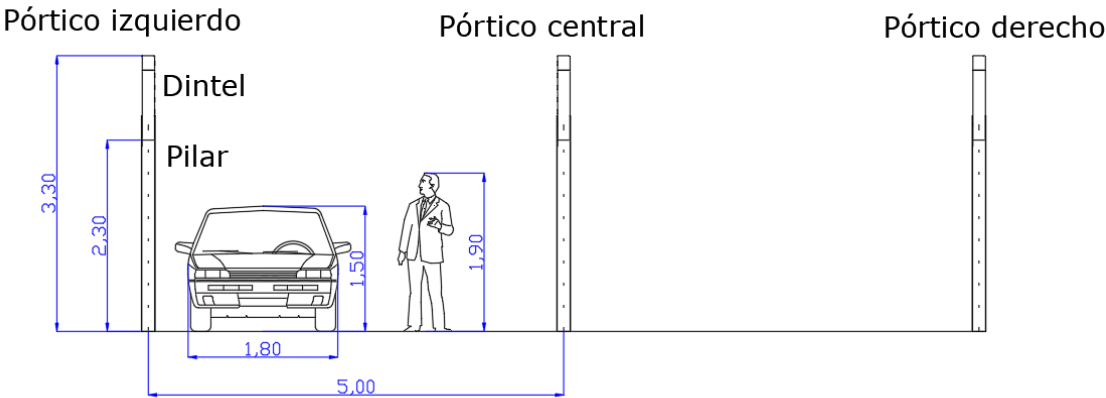


Figura 14: Disposición y altura de los pórticos

### 3. Definición de cargas.

Con el fin de poder atender a un mayor número de usuarios sin limitarnos por su ubicación, no se calculará el estado de cargas según CTE y zona geográfica, sino que se calculará para una determinada presión sobre la cubierta y será el usuario quien establezca si el producto es conforme a su caso.

Se calcula la estructura para que soporte una presión de 2.000 Pa en su cubierta. Para la obtención de este valor nos hemos basado en el DB SE-AE.

#### Acción del viento.

La acción del viento puede expresarse según la siguiente fórmula 1:

$$q_e = q_b c_e c_p$$

Fórmula 1: Acción del viento

Donde:

$q_b$  es la presión dinámica del viento. Como valor general dentro del territorio español se puede tomar como 0,5 kN/m<sup>2</sup>.

$c_e$  es el coeficiente de exposición.

$c_p$  coeficiente eólico o de presión.

El valor de  $c_e$  lo obtenemos de la tabla 2, obtenida del DB SE-AE. Tomamos el valor de 1,3 para  $c_e$ .

Tabla 2: Valores de coeficientes de exposición

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

El valor de  $c_p$  se obtiene de la tabla 3. Nuestro factor de obstrucción es 0. Las zonas separan la cubierta en distintas superficies según su ubicación dentro de la propia cubierta. Cogemos el valor de la zona A por ser la de mayor superficie sobre la cubierta. Tomamos el valor 1,2 para  $c_p$ .

Tabla 3: Coeficientes de presión exterior

Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\varphi$	Coeficientes de presión exterior		
			$C_{p,10}$		
			Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

La presión ejercida por el viento sobre nuestra cubierta es de

$$q_e = 500 \text{ N/m}^2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 780 \text{ N/m}^2 = 780 \text{ Pa.}$$

#### Acción de la nieve

En localidades inferiores a los 1.000 m de altitud se puede considerar una carga de nieve de 1 kN/m<sup>2</sup>, según el DB SE-AE. Tomaremos ese valor como referencia.

#### Acción del peso de los paneles

Cada panel tiene una masa de 22,2 Kg, es decir, un peso de 217,5 N.

Cada panel ocupa una superficie de 2 m<sup>2</sup>.

La presión ejercida por el panel sobre la cubierta es de:

$$217,5 \text{ N} / 2 \text{ m}^2 = 108 \text{ N/m}^2 = 108 \text{ Pa.}$$

La suma de las tres acciones nos da una presión sobre la cubierta de 1.888 Pa, que aproximamos a 2.000 Pa por haber cogido valores promedio en los casos del coeficiente de presión exterior y la carga de nieve.

Por lo tanto, en esos 2.000 Pa se incluye la composición del viento, nieve y peso de los propios paneles.

Los cálculos para otras presiones se harían de manera similar.

### 3.1 Área tributaria y carga distribuida para cada correa.

Entendemos por área tributaria como la sección de una estructura que contribuye a cargar un elemento estructural. En nuestro caso, será la cubierta la que reciba la presión y las correas las encargadas de soportar a la cubierta. A su vez, las correas cargan sobre el dintel del pescante.

No todas las correas van a recibir las mismas solicitaciones, ya que no todas soportan la misma parte proporcional de cubierta.

Se procede entonces a calcular la carga distribuida que deben soportar las correas dispuestas en el inicio y final del dintel, marcadas en la figura 15 como correas 1,2,3 y 4. Esta figura muestra una vista de la cubierta panelada.

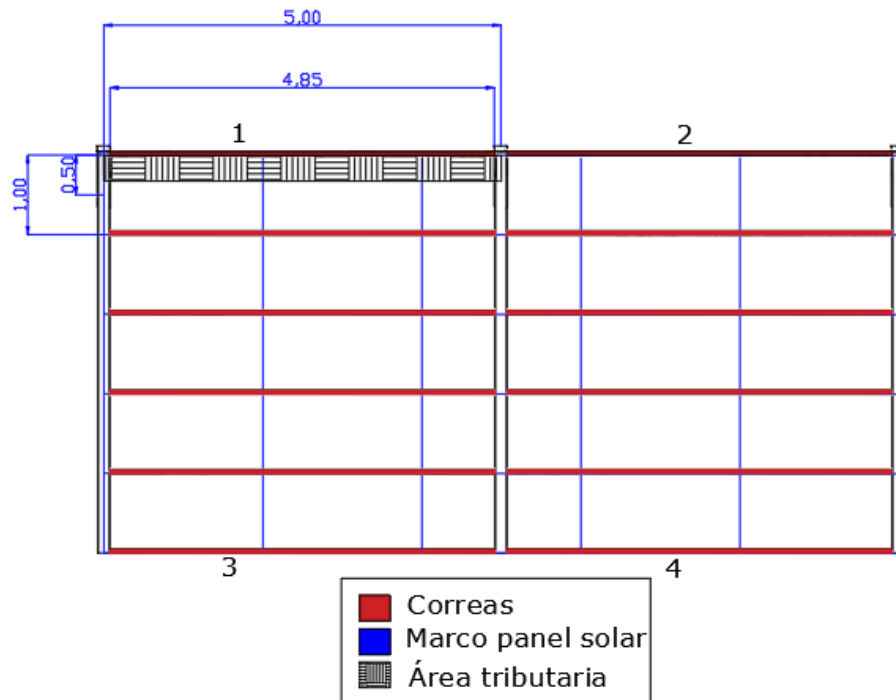


Figura 15: Área tributaria zona exterior

Para las cuatro correas (dos al inicio y dos al final) el área tributaria es la misma.

Para cada una de esas correas la zona tributaria será de 2,50 m<sup>2</sup>. Fijándonos en la figura 15, esa área se obtiene de un rectángulo de dimensiones 0,50 metros (medio panel solar) por 5,00 m (la mitad de la longitud de la cubierta).

Al ejercer una presión de 2.000 Pa sobre una superficie de 2,50 m<sup>2</sup> obtenemos una fuerza resultante de 5.000 N. Dicha fuerza es la correspondiente al área tributaria de cada una de las cuatro correas mencionadas anteriormente.

Cada correa tiene una longitud de 4,85 m. Esta dimensión se obtiene de restar el ancho del dintel (0,15 m) a la distancia entre pórticos (5,00 m).

Por lo tanto, cada una de estas correas tendrá que soportar una carga distribuida de:

$$5.000 \text{ N} / 4,85 \text{ m} = 1.031 \text{ N/m.}$$

Se procede de igual manera para calcular la carga distribuida que deberán soportar el resto de las correas que se encuentran en zonas intermedias de los dinteles, marcadas en la figura 16 como correas 5,6,7,8,9,10,11 y 12.

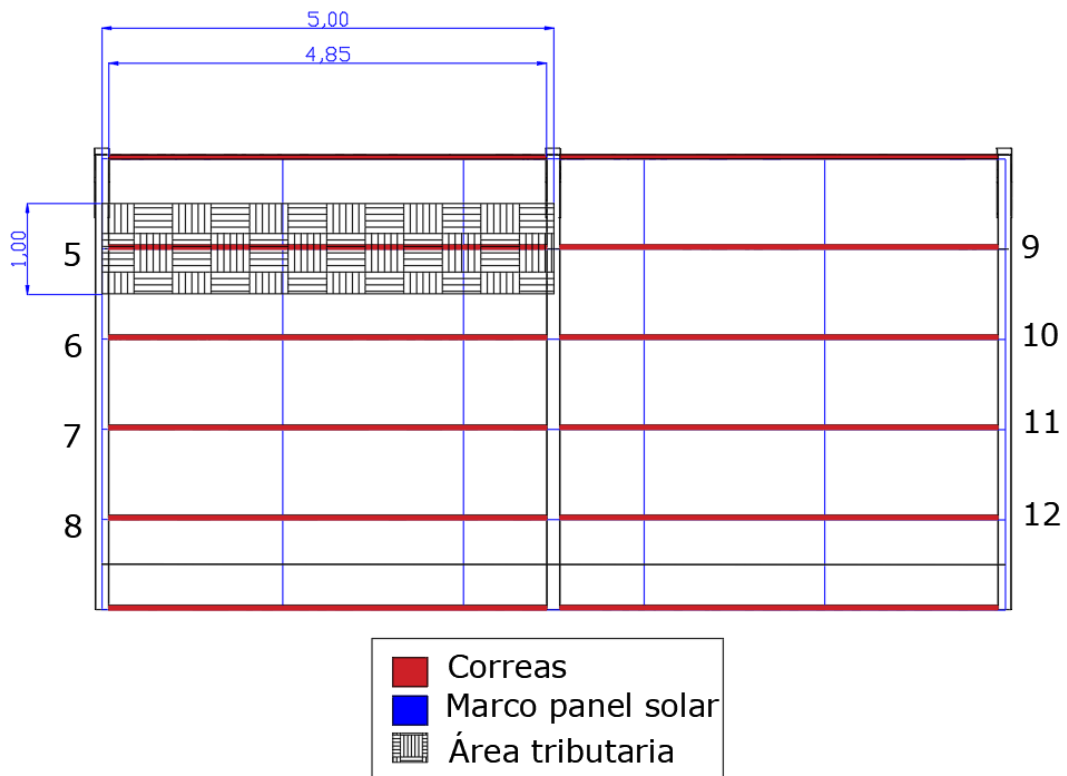


Figura 16: Área tributaria zona interior

En este caso, el área tributaria para cada correa será de 5,00 m<sup>2</sup>. Dicho área se obtiene de un rectángulo de dimensiones 1,00 m (dos mitades de cada panel en contacto con la correa) por 5,00 m (de nuevo la mitad de la longitud de la cubierta).

Al ejercer una presión de 2.000 Pa sobre una superficie de 5,00 m<sup>2</sup> obtenemos una fuerza resultante de 10.000 N. Dicha fuerza es la correspondiente al área tributaria de cada una de las correas situadas en las zonas intermedias de los dinteles.

Estas correas tienen la misma longitud que las anteriores de 4,85 m. Por lo tanto, cada una de estas correas tendrá que soportar una carga distribuida de:

$$10.000 \text{ N} / 4,85 \text{ m} = 2.062 \text{ N/m}.$$

Vemos que el área tributaria es exactamente el doble que en el caso anterior. Mientras que las correas del primer caso sólo soportan la mitad del ancho de cada panel solar, las del segundo soportan el ancho entero (mitad de un panel y mitad del anexo). Consecuentemente, es lógico que las correas del segundo caso tengan una carga de valor el doble que las primeras.

Las correas irán enrasadas con el dintel, llevando entonces también una inclinación de 11°.

Se muestra a continuación el estado de cargas al que se somete la estructura. La figura 17 muestra la fuerza distribuida para las correas laterales.

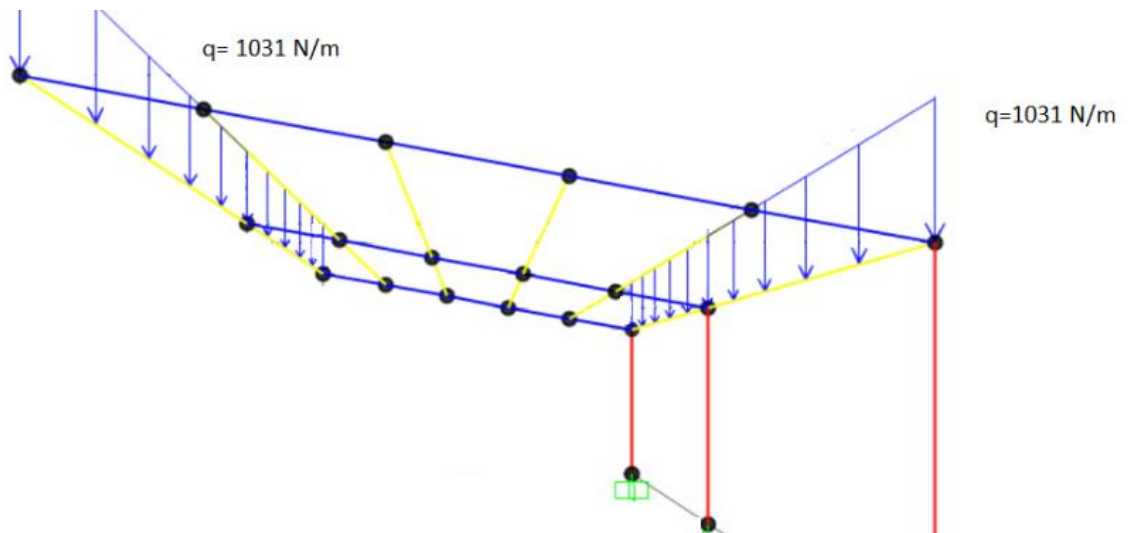


Figura 17: Fuerza distribuida correas laterales



La figura 18 muestra la fuerza distribuida para las correas centrales.

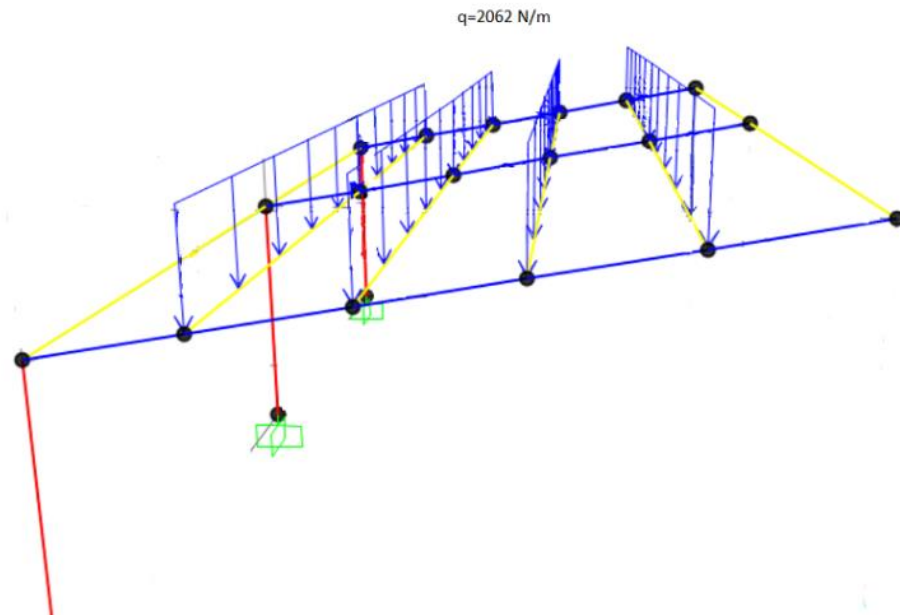


Figura 18: Fuerza distribuida correas centrales

## 4. Secciones y geometría.

### 4.1 Pilares.

#### 4.1.1 Secciones.

El pilar se compone de un perfil tubular rectangular de dimensiones 162 mm por 400 mm de acero S275. La elección de este perfil se basa en su funcionalidad y facilidad de fabricación por plegado y soldadura. Se llegan a estas medidas tras la realización de un predimensionamiento, que luego ha sido comprobado con el software SAP2000. Inicialmente el espesor es de 6 mm. Podemos ver esta sección en la figura 19.

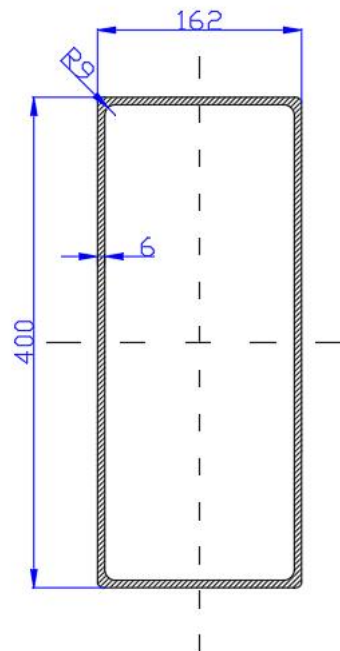


Figura 19: Sección de los pilares

#### 4.1.2 Geometría.

Aunque se detallará en la documentación gráfica, explicaremos la geometría del pilar de forma breve. Como se ha comentado con anterioridad, será fabricado por plegado por calderería.

En primer lugar, se obtiene el pilar por doblado y soldadura. Partiendo de una chapa de 6 mm y realizando dos pliegues a 90°, se obtiene cada una de las dos mitades que, uniéndose por soldadura, forman el pilar.

Antes de realizar el plegado se habrán realizado diversos cortes por plasma, así como los taladros necesarios para sus uniones con el resto de la estructura. Los dos primeros cortes son los que permiten que el dintel se asiente sobre el pilar. A destacar que dichos cortes están realizados para que el dintel presente una inclinación de  $11^\circ$ . La figura 20 muestra el efecto de los cortes realizados sobre el pilar.

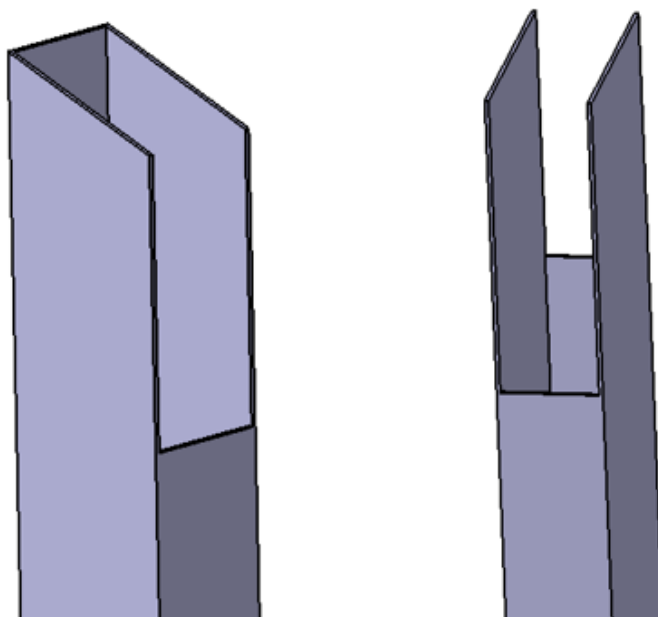


Figura 20: Cortes realizados sobre el pilar

Se dejarán unos huecos para facilitar el paso de cableado y la instalación de enchufes en el pilar. Puede verse en la figura 21, donde se muestra el pilar completo, con los huecos y taladros realizados.

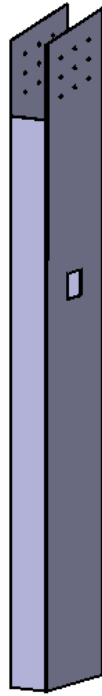


Figura 21: Pilar completo

## 4.2 Dinteles.

### 4.2.1 Secciones.

Para definir de forma correcta la sección de los dinteles en primer lugar vamos a anticipar el estudio la estructura en su conjunto. La figura 22 muestra la tensión de Von Mises que se desarrolla a lo largo de los pórticos.

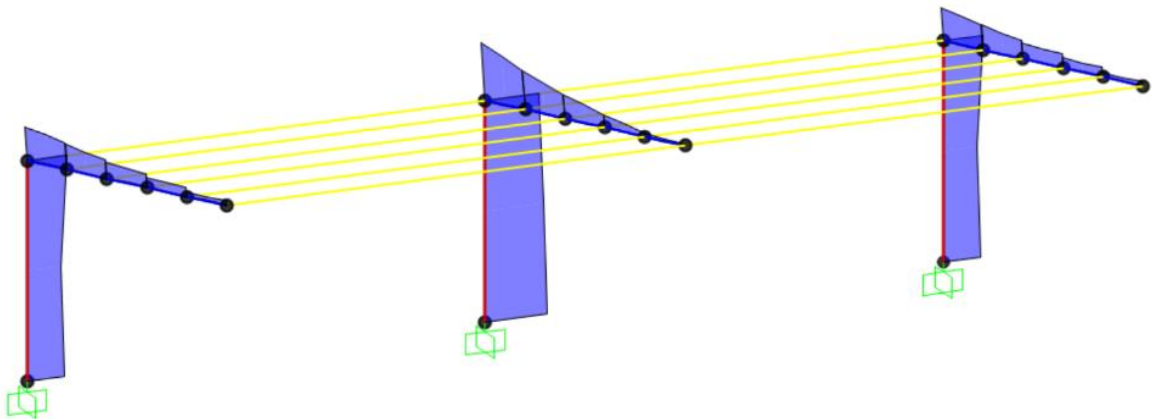


Figura 22: Tensión de Von Mises en los pórticos

Como se puede observar, en los tres pórticos hay un punto en que la solicitación es mayor. Dicho punto se encuentra en la unión entre pilar y dintel. También se puede ver que la tensión disminuye a medida que nos alejamos de la unión recorriendo el dintel. Esto nos lleva a pensar que será interesante aumentar la resistencia en ese punto.

Una de las opciones más comunes es recurrir a una semi-viga soldada en la unión en forma de cartela, consistente en reforzar sólo la unión y permitiendo así el uso de un perfil con menor sección que aguante en la mayoría de los puntos, y aumentar la resistencia sólo en el punto que lo necesita.

Sin embargo, nosotros nos decantamos por recurrir a la utilización de un dintel de sección variable. Con ello conseguimos obtener una mayor resistencia a plastificación en un lugar concreto de la estructura, optimizando así el material utilizado reduciendo la sección en aquellos puntos en los que el nivel de solicitación sea menor. En nuestro caso, la sección será mayor en el punto de unión del pilar y el dintel, e irá disminuyendo a medida que nos alejemos, siendo la sección más pequeña la que se encuentre más alejada del pilar.

De aquí en adelante, nos referiremos como “sección inicial” a aquella que se encuentra más próxima al pilar (y que por tanto es la de mayor sección) y como “sección final” a aquella que se encuentra en el extremo opuesto del dintel (y que es la de menor sección).

El dintel se asienta en el pilar, y su sección será de nuevo rectangular hueca. Su sección inicial se calcula a partir de la del pilar, teniendo en cuenta su espesor. Partiendo de los 162 mm de ancho que tiene la sección del pilar y restando dos veces su espesor de 6 mm, se obtiene una longitud de 150 mm (ver figura 23). El hecho de restar el espesor del ancho y no del canto de la sección es debido a la orientación que llevará el dintel. Por otro lado, el canto de la sección se mantiene con respecto al pilar, es decir, 400 mm.

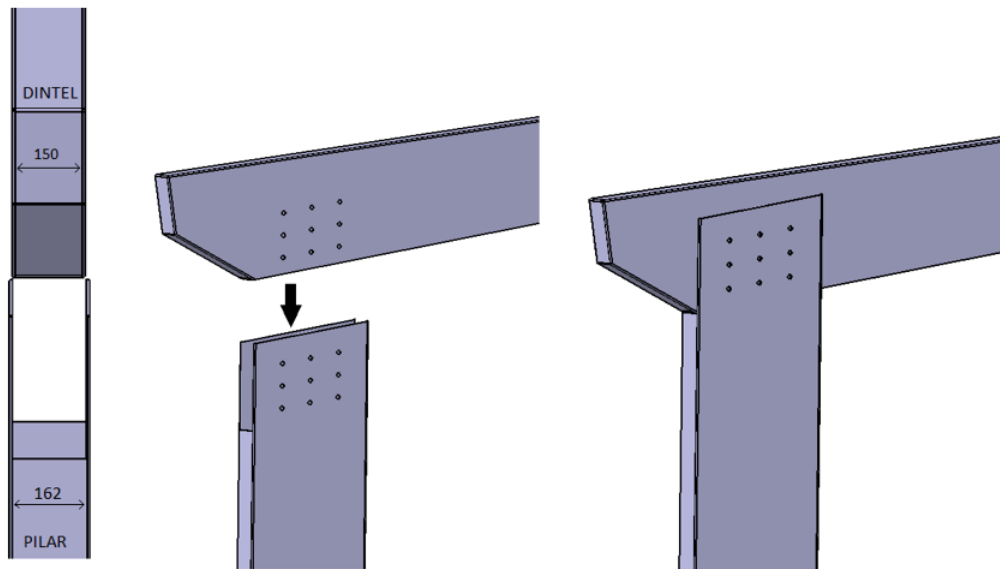


Figura 23: Encaje del dintel en el pilar

En resumen, la sección inicial de nuestro dintel variable será rectangular de dimensiones 400 mm por 150 mm. El espesor también se mantiene con respecto al pilar, es decir, 6 mm.

Para la sección final, partimos de la premisa de que el ancho del dintel se mantenga constante. El canto se reduce, pasando de 400 mm a 175 mm. El espesor también se mantiene constante. Por lo tanto, la sección final será de 175 mm por 150 mm, con un espesor de 6 mm.

Podemos ver ambas secciones en la figura 24.

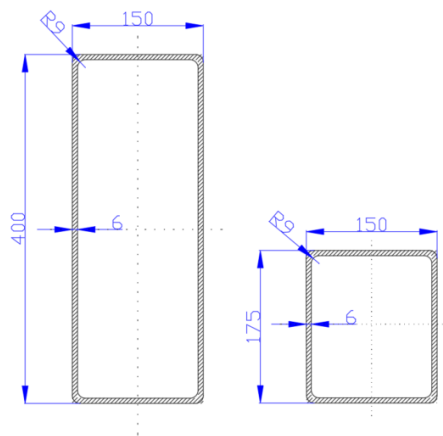


Figura 24: Secciones inicial y final de los dinteles

#### 4.2.2 Geometría.

Al igual que el pilar, el dintel se obtiene por plegado de chapa por calderería. El dintel es de sección variable por lo que la chapa a plegar ya deberá tener una forma trapezoidal determinada, la cual se muestra en la documentación gráfica del trabajo. Los taladros también se realizan antes del doblado por plasma. También se realizan unos pequeños agujeros para facilitar el paso de cableado. Por último, cerraremos ambas secciones, inicial y final. El resultado es el que se muestra en la figura 25.

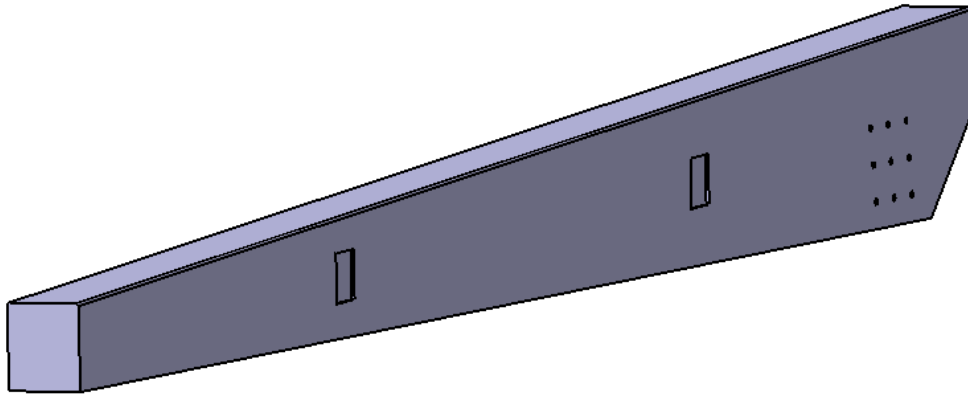


Figura 25: Geometría del dintel

El dintel tiene un vuelo que se muestra en la figura 26. El vuelo mejora tanto la estética como la funcionalidad de la marquesina, permitiendo colocar placas solares más allá de los pilares.

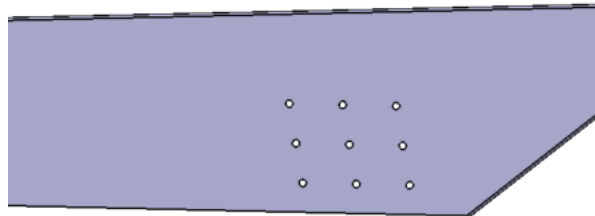


Figura 26: Vuelo del dintel

### 4.3 Correas.

Las correas no son objeto de estudio del presente trabajo, ya que nos centramos en el pescante. En este apartado tratamos de explicar cómo un cliente puede seleccionar la correa que más se ajuste a sus necesidades de entre las ofertadas por diversos fabricantes. Para nuestro ejemplo, el fabricante seleccionado es Kingspan.

Esta empresa nos ofrece correas conformadas de hasta 18 metros de largo, de acero galvanizado y de espesores hasta 3 mm.

Para seleccionar nuestras correas, en primer lugar, necesitamos seleccionar el perfil que queremos. Los dos perfiles más comunes para correas son tipo C y tipo Z. La selección de uno u otro se debe a la inclinación de la cubierta donde se vaya a instalar. Para inclinaciones inferiores a 20°, la correa recomendada es la tipo C. Por su parte, para inclinaciones mayores a 20°, la correa recomendada es la tipo Z.

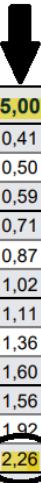
En nuestro caso, la inclinación de la cubierta es de 11° y por lo tanto optamos por el uso de un perfil en C. La tabla 2 nos indica las correas ofrecidas por el fabricante, de entre las cuales tendremos que seleccionar la que se ajuste a nuestras necesidades.

Tabla 4: Correas. Selección según distancia y carga.

LOAD TABLE (kN/m)

TZ-EC PURLINS

DISTANCE BETWEEN SUPPORTS (m)



	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00
C 20/50/100/50/20 x 2	0,83	0,58	0,41	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/100/50/20 x 2,5	1,01	0,70	0,50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/100/50/20 x 3	1,19	0,82	0,59	0,43	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/125/50/20 x 2	1,42	0,99	0,71	0,53	0,40	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/125/50/20 x 2,5	1,74	1,21	0,87	0,64	0,49	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/125/50/20 x 3	2,05	1,42	1,02	0,76	0,57	0,44	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/150/50/20 x 2	1,98	1,54	1,11	0,83	0,63	0,49	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/150/50/20 x 2,5	2,43	1,89	1,36	1,01	0,77	0,59	0,47	---	---	---	---	---	---
C 20/50/150/50/20 x 3	2,86	2,22	1,60	1,19	0,90	0,70	0,55	0,43	---	---	---	---	---
C 20/50/175/50/20 x 2	2,46	1,94	1,56	1,21	0,92	0,71	0,56	0,45	---	---	---	---	---
C 20/50/175/50/20 x 2,5	3,02	2,38	1,92	1,48	1,13	0,88	0,69	0,55	0,45	---	---	---	---
<b>C 20/50/175/50/20 x 3</b>	3,65	2,87	<b>2,26</b>	1,75	1,33	1,03	0,81	0,65	0,52	0,43	---	---	---
C 23/75/200/75/23 x 2	3,65	2,87	2,32	1,91	1,60	1,27	1,01	0,81	0,66	0,54	0,45	---	---
C 23/75/200/75/23 x 2,5	4,61	3,63	2,93	2,41	2,02	1,58	1,25	1,00	0,82	0,67	0,55	0,46	---
C 23/75/200/75/23 x 3	5,56	4,38	3,53	2,91	2,41	1,88	1,49	1,19	0,97	0,79	0,66	0,55	0,46
C 23/75/225/75/23 x 2	4,24	3,34	2,70	2,22	1,86	1,57	1,33	1,08	0,88	0,72	0,60	0,50	0,42
C 23/75/225/75/23 x 2,5	5,40	4,25	3,43	2,82	2,36	2,00	1,66	1,34	1,09	0,90	0,75	0,62	0,52
C 23/75/225/75/23 x 3	6,51	5,13	4,14	3,40	2,85	2,42	1,98	1,60	1,30	1,07	0,89	0,74	0,62
C 23/75/250/75/23 x 2	4,70	3,70	2,99	2,46	2,06	1,75	1,50	1,30	1,12	0,93	0,77	0,65	0,55



Los valores que se muestran en la tabla son cargas distribuidas uniformemente en la correa.

Para la selección de nuestra correa:

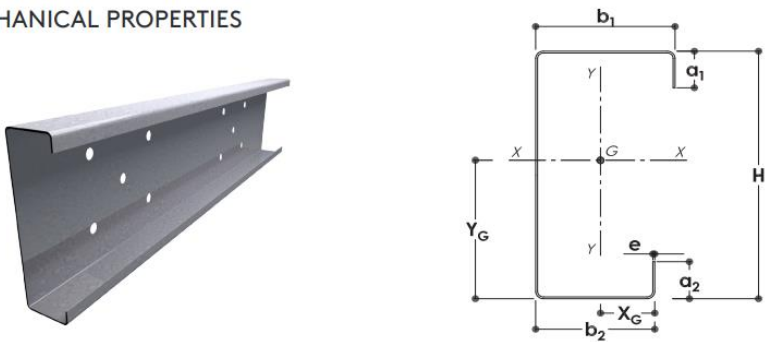
1. Distancia entre soportes: esta es nuestra entrada a la tabla. La distancia entre nuestros pórticos es de 5 m. Entramos por lo tanto por la columna marcada en la imagen.
2. Carga (en kN/m): nuestras correas más solicitadas están cargadas con una fuerza distribuida de 2,062 kN/m. La primera carga de la tabla que supera ese valor es la de 2,26 kN/m. Este dato nos indica la fila en la que debemos parar.

Por lo tanto, la correa que podemos seleccionar para nuestra marquesina es la C 20/50/175/50/20 x 3.

Sin embargo, es posible que sea mejor opción la que queda inmediatamente después de la indicada ya que, nos ofrece un mayor aguante y el peso propio se reduce, pasando de 6,91 Kg/ml a 5,96 Kg/ml tal y como se muestra en la tabla 3, que muestra las características y dimensiones de las correas. Se marca en amarillo la primera y en azul la segunda de las opciones mencionadas.

Tabla 5: Propiedades de la correa seleccionada.

TABLE OF GROSS MECHANICAL PROPERTIES  
TZ-EC PURLINS



	h	b1	b2	a1	a2	e	Area	Self Weight	Around x-x axis			Around y-y axis			CG Position	
									Ix	Wx	ix	Iy	Wy	iy	Yg	Xg
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/ml	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm
C 20/50/100/50/20 x 2	100	50	50	20	20	2,0	4,47	3,51	69,70	13,93	3,95	16,50	5,24	1,92	5,00	3,14
C 20/50/100/50/20 x 2,5						2,5	5,52	4,34	85,10	17,02	3,92	19,90	6,33	1,90	5,00	3,14
C 20/50/100/50/20 x 3						3,0	6,56	5,15	99,80	19,96	3,90	23,10	7,33	1,88	5,00	3,15
C 20/50/125/50/20 x 2	125	50	50	20	20	2,0	4,97	3,90	117,80	18,85	4,87	17,90	5,38	1,90	6,25	3,32
C 20/50/125/50/20 x 2,5						2,5	6,15	4,83	144,30	23,09	4,84	21,60	6,50	1,87	6,25	3,32
C 20/50/125/50/20 x 3						3,0	7,31	5,74	169,70	27,15	4,82	25,00	7,54	1,85	6,25	3,32
C 20/50/150/50/20 x 2	150	50	50	20	20	2,0	5,47	4,29	181,50	24,19	5,76	19,00	5,48	1,86	7,50	3,47
C 20/50/150/50/20 x 2,5						2,5	6,77	5,32	222,70	29,70	5,73	23,00	6,63	1,84	7,50	3,46
C 20/50/150/50/20 x 3						3,0	8,06	6,32	262,40	34,98	5,71	26,60	7,69	1,82	7,50	3,46
C 20/50/175/50/20 x 2	175	50	50	20	20	2,0	5,97	4,69	262,20	29,97	6,63	19,90	5,56	1,83	8,75	3,59
C 20/50/175/50/20 x 2,5						2,5	7,40	5,81	322,30	36,84	6,60	24,10	6,72	1,80	8,75	3,58
C 20/50/175/50/20 x 3						3,0	8,81	6,91	380,30	43,46	6,57	27,90	7,81	1,78	8,75	3,58
C 23/75/200/75/23 x 2	200	75	75	23	23	2,0	7,59	5,96	467,00	46,70	7,85	58,40	11,17	2,78	10,00	3,23
C 23/75/200/75/23 x 2,5						2,5	9,42	7,40	576,20	57,62	7,82	71,40	13,64	2,75	10,00	3,23
C 23/75/200/75/23 x 3						3,0	11,24	8,82	682,30	68,23	7,79	83,60	15,99	2,73	10,00	3,23

Seleccionaremos la primera de las opciones para toda la estructura.

Contamos con unas correas que el fabricante nos asegura un aguante a 2.260 N/m cuando la distancia entre los soportes es de 5 metros.

Se muestran a continuación algunas de las principales ventajas del uso de correas en estructuras de acero:

- Adaptabilidad: como hemos visto, es posible seleccionar una correa a medida en función de las necesidades que se tengan en cada caso.
- Rendimiento: ofrecen una gran resistencia mecánica con un bajo peso propio.
- Ligereza: en la misma línea que lo anterior, se reduce el peso de la estructura.
- Protección frente a la corrosión. Posibilidad de utilizar acero galvanizado.
- Mecanizado: se puede solicitar el suministro de la correa con las perforaciones necesarias para realizar un atornillado sencillo. En nuestro caso será útil para la unión con los ejiones.
- Montaje sencillo en la estructura.

## 5. Esfuerzos y tensiones.

### 5.1 Pilares.

#### 5.1.1 Esfuerzos.

A continuación, se muestran las sollicitaciones de los pilares para el estado de cargas mencionado en el capítulo 3. Dichas sollicitaciones han sido calculadas en SAP 2000, considerando uniones rígidas entre pilar y dintel, pilar empotrado en zapata y uniones articuladas en las correas.

#### Axil:

Como se aprecia en la figura 27, el pilar central es el más sollicitado con una fuerza constante de 50.848 N de compresión. Por su parte, los pilares laterales transmiten una fuerza constante de compresión de 25.176 N.

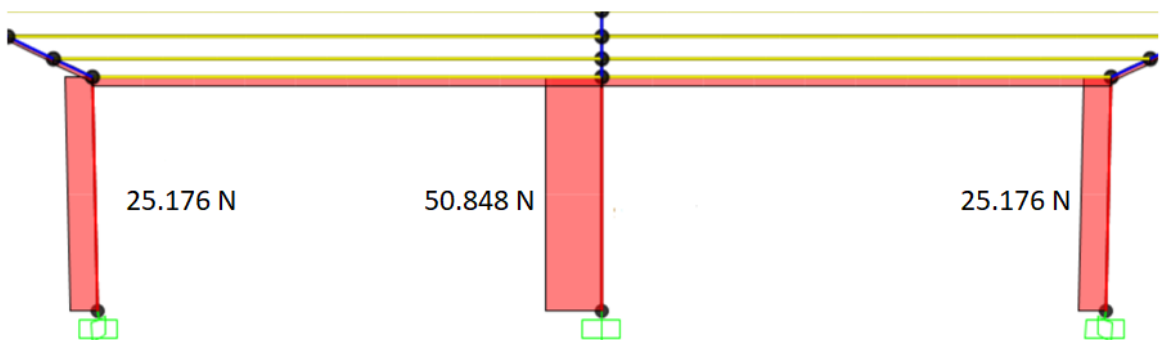


Figura 27: Esfuerzo axial de los pilares

#### Cortante V2:

La figura 28 muestra el esfuerzo cortante V2 de los pilares. Como era de esperar debido a la simetría del problema, y que no hay ninguna carga puntual sobre el pilar central, este no posee esfuerzo cortante. A su vez, también debido a la simetría, los cortantes de los pilares laterales son del mismo valor absoluto pero distinto signo. Ambos pilares transmiten una fuerza de valor constante igual de 10.117 N.

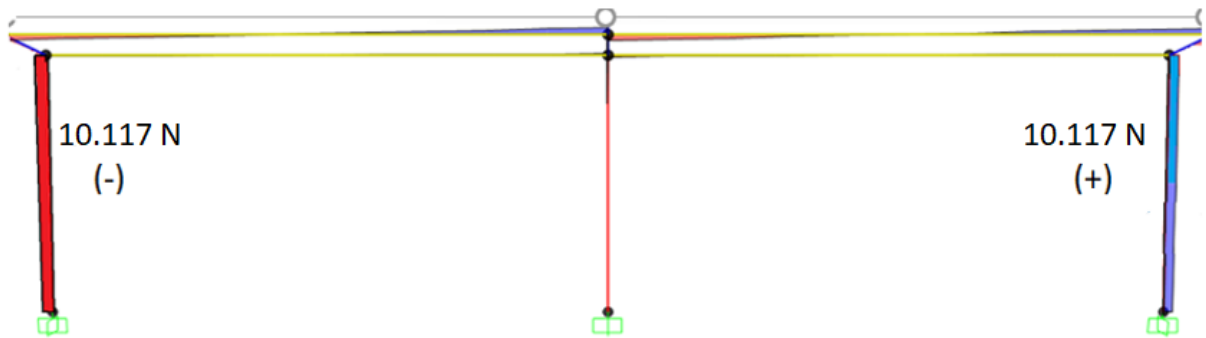


Figura 28: Esfuerzo cortante V2 de los pilares

Cortante V3:

Una vez más, el pilar central es el más solicitado, como se puede ver en la figura 29. En este caso alcanza un valor constante de 9.672 N. Por otro lado, los pilares laterales están cargados con 5.014 N cada uno.

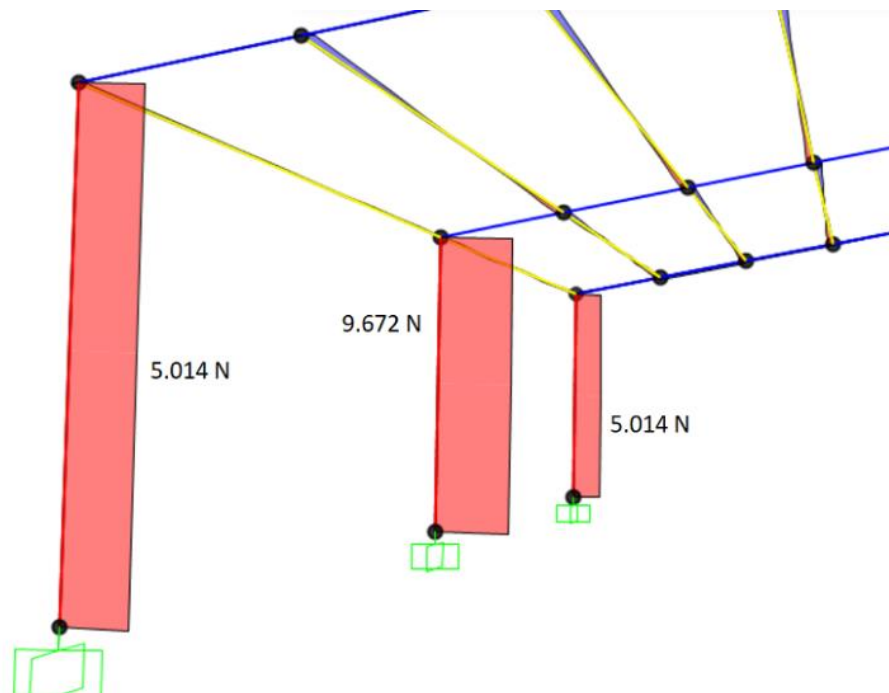


Figura 29: Esfuerzo cortante V3 de los pilares

Torsión:

En la figura 30 podemos ver el diagrama de torsión de los pilares. El pilar central no soporta ningún momento Torsor, mientras que los laterales transmiten un torsor constante de 2.482 Nm.

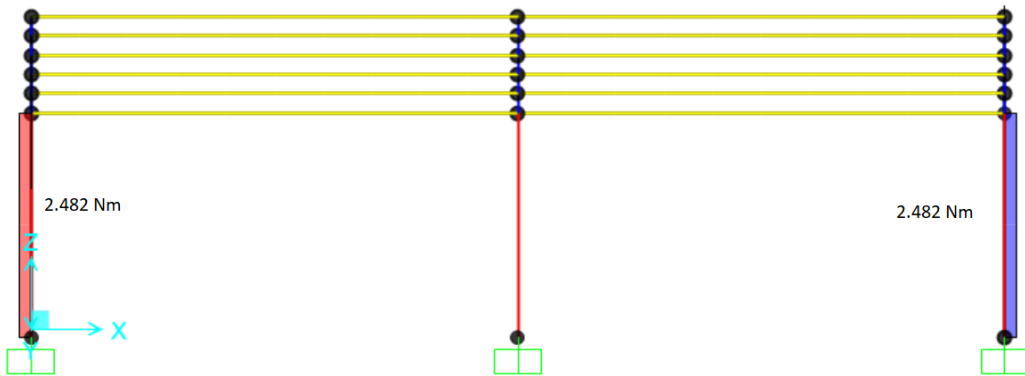


Figura 30: Momento torsor de los pilares

Momento flector 2:

De nuevo, en la figura 31 se observa que el pilar más solicitado es el central. En este caso alcanza un valor de 147.288 Nm en su base, mientras que en la unión con el dintel el momento resultante es de 125.042 Nm. Por su parte, los pilares laterales alcanzan un momento flector de 77.414 Nm en su base, llegando a los 65.881 Nm en su unión con el dintel.

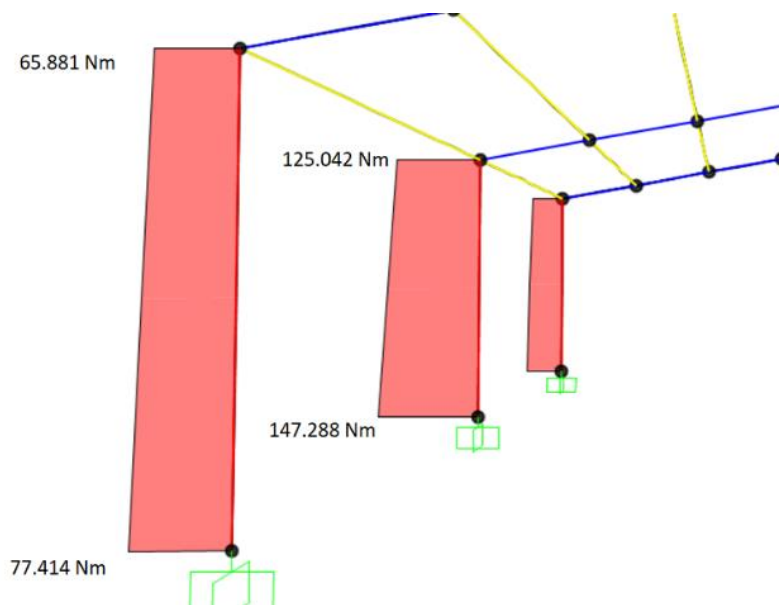


Figura 31: Momento flector de los pilares respecto al eje x

### Momento flector 3:

En este caso tan sólo están cargados los pilares de los pórticos laterales, tal y como se ve en la figura 32. En su base alcanzan un valor de 6.016 Nm mientras que en la unión con el dintel llegan a los 17.254 Nm. Los sentidos de los momentos son opuestos entre los dos pilares.

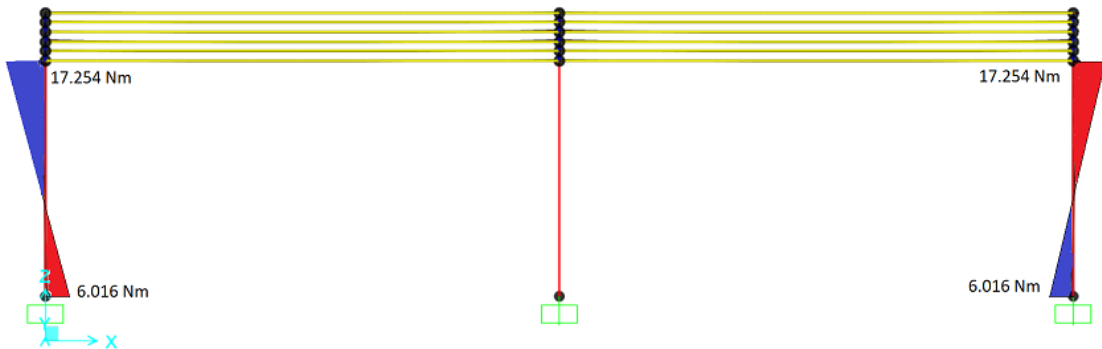


Figura 32: Momento flector de los pilares respecto al eje y

### 5.1.2 Tensión de Von Mises.

La figura 33 muestra la tensión de Von Mises alcanzada en los distintos puntos de los pilares. La tensión máxima alcanzada en el pilar central es de 227,77 MPa en su base, resultado lógico teniendo en cuenta que es el punto con mayor flector mientras que el resto de los esfuerzos son constantes a lo largo del pilar. En su unión con el dintel se alcanza una tensión de 194,53 MPa.

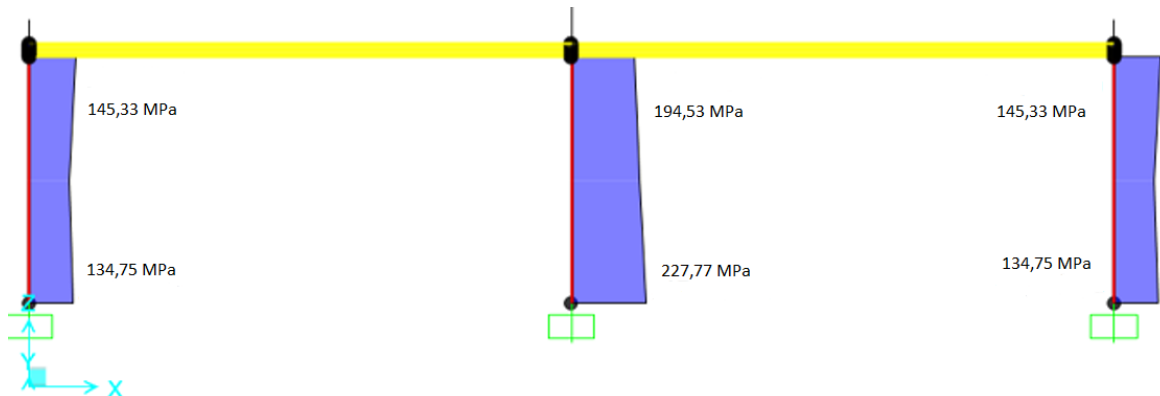


Figura 33: Tensión de Von Mises en los pilares

Por otro lado, la tensión máxima que se alcanza en los pilares laterales es de 145,33 MPa, en sus uniones con los dinteles. En su base, alcanzan una tensión de 134,75 MPa.

Podemos comprobar que en todos casos el valor es menor que el límite elástico del material.

A pesar de que el pilar central tenga una mayor sollicitación que los laterales, todos se fabricarán de las mismas dimensiones.

## 5.2 Dinteles.

### 5.2.1 Esfuerzos.

A continuación, se muestran las sollicitaciones de los dinteles para nuestro estado de cargas.

#### Axil:

Como se puede observar en la figura 34, el esfuerzo axial de los dinteles es muy reducido. En el tramo más cercano a la unión del pilar central encontramos un valor máximo de 356 N de tracción. Para sus homólogos en los pórticos laterales, el valor que alcanza es de 314 N.

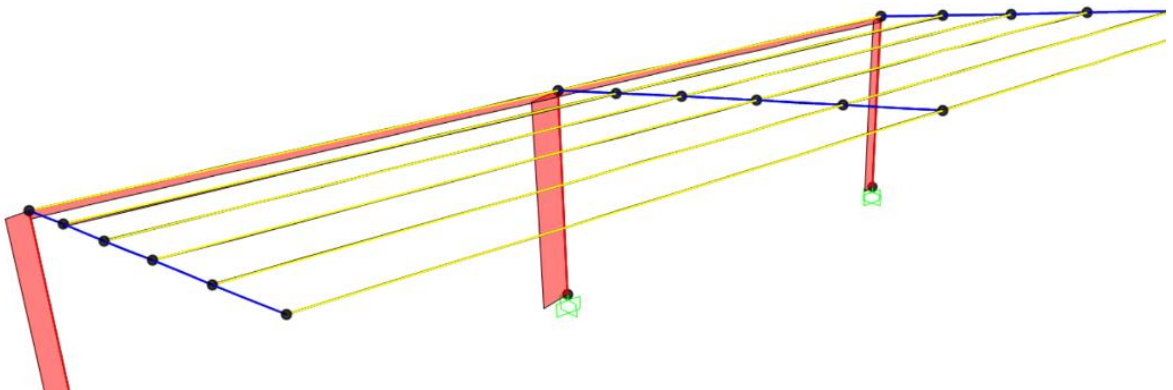


Figura 34: Esfuerzo axial de los dinteles

Cortante V2:

En la figura 35 se observa como en ambos casos el valor aumenta de manera escalonada cada vez que nos encontramos con una correa. Para los dinteles de los pórticos laterales, el valor máximo que se alcanza es de 23.262 N. Por su parte, el valor máximo alcanzado en el dintel del pórtico central es de 46.262 N.

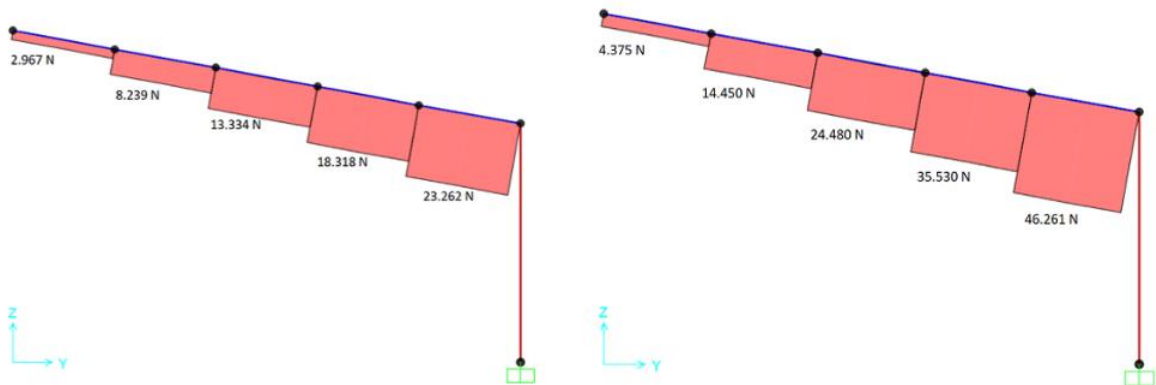


Figura 35: Esfuerzos cortantes V2 de los dinteles lateral y central respectivamente

Torsión:

En la figura 36 se muestra el diagrama de torsión de los dinteles. La zona más cargada de los dinteles laterales es el tramo de unión con el pilar, donde se alcanza un valor de 15.847 Nm. Este valor disminuye a medida que nos alejamos de este punto. El dintel central no soporta ningún momento torsor.

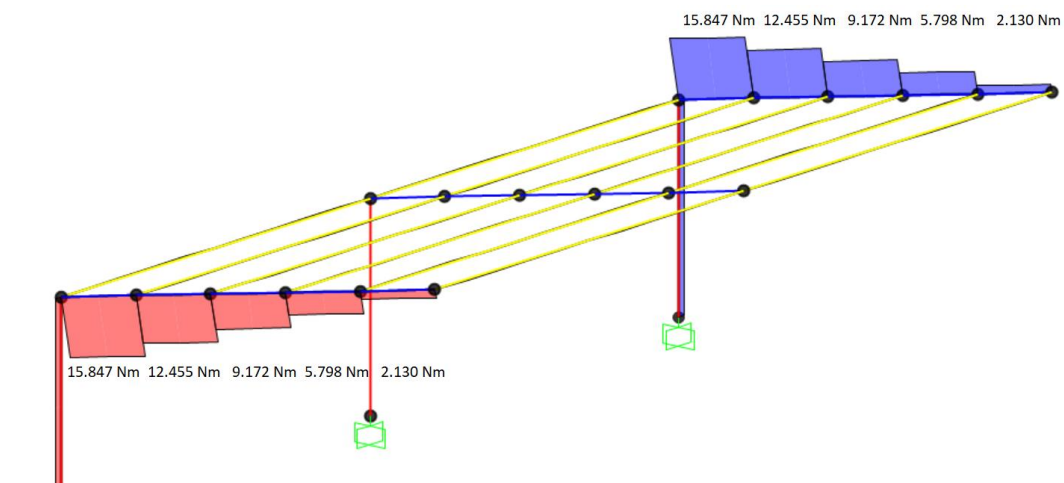


Figura 36: Momento torsor de los dinteles



Momento flector 3:

Como se aprecia en la figura 37, el momento flector aumenta a medida que nos acercamos a la unión. Para el caso de los dinteles de los pórticos laterales alcanza un valor máximo de 65.881 Nm. Por su parte, en el dintel del pórtico central el valor máximo es de 125.042 Nm.

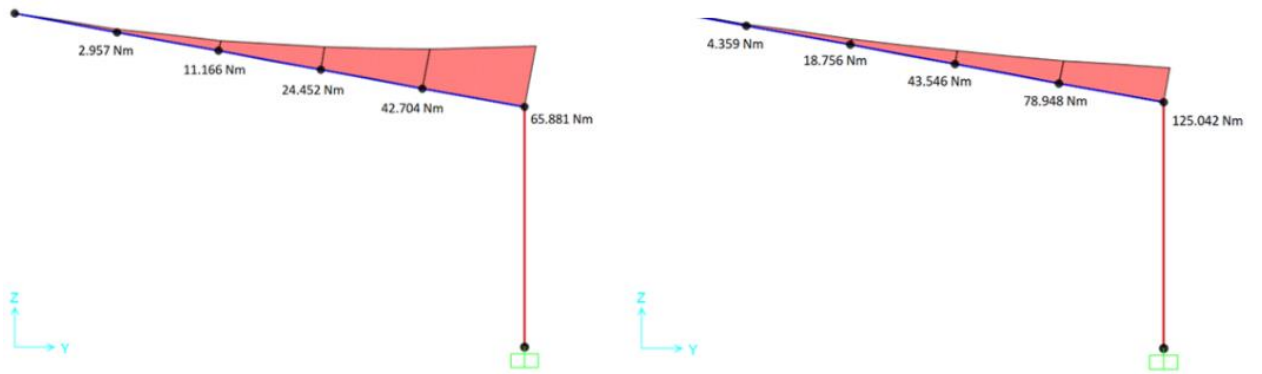


Figura 37: Momento flector 3 de los dinteles lateral y central respectivamente

### 5.2.2 Tensión de Von Mises.

#### Tensión de Von Mises:

La figura 38 muestra como en ambos casos la tensión máxima que se alcanza se produce en la unión con el pilar, resultado lógico visto el momento flector que se encuentra en ese punto.

Se aprecia una diferencia entre la tensión en el pilar y el dintel en la unión. Esa diferencia es fruto del cambio de sección. Recordamos que la sección del pilar es algo para albergar al dintel y, por lo tanto, al tener más sección la tensión es menor.

Para el caso del dintel central, alcanzamos una tensión máxima de 195,12 MPa. Por su parte, para los dinteles laterales la tensión máxima es de 108,76 MPa.

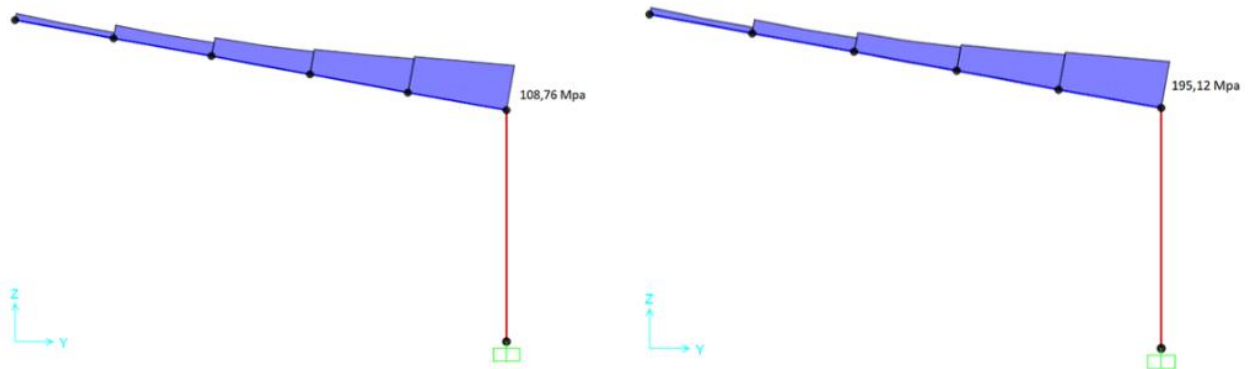


Figura 38: Tensión de Von Mises máxima en los dinteles laterales y central respectivamente

## 6. Comprobación ante cargas longitudinales

Tras la finalización del dimensionamiento, nos disponemos a realizar una comprobación con una fuerza longitudinal para ver si es necesario recurrir a algún tipo de arriostramiento, como cruces de San Andrés.

Para ello, volvemos a basar nuestro cálculo en los 2.000 Pa del primer caso de carga, pero en esta ocasión la presión se ejerce lateralmente en el pescante izquierdo.

El área del pilar sobre el que se ejerce la presión es de 0,92 m<sup>2</sup>. Se obtiene de multiplicar los 0,4 m de canto de la sección del pilar por sus 2,3 m de altura.

Al ejercer una presión de 2.000 Pa sobre una superficie de 0,92 m<sup>2</sup> obtenemos una fuerza resultante de 1.840 N.

El pilar tiene una altura de 2,30 m.

Por lo tanto, el pilar tendrá que soportar una carga distribuida de:

$$1.840 \text{ N} / 2,30 \text{ m} = 800 \text{ N/m.}$$

Aplicamos la misma carga para el dintel. La figura 39 muestra el estado de cargas para este caso.

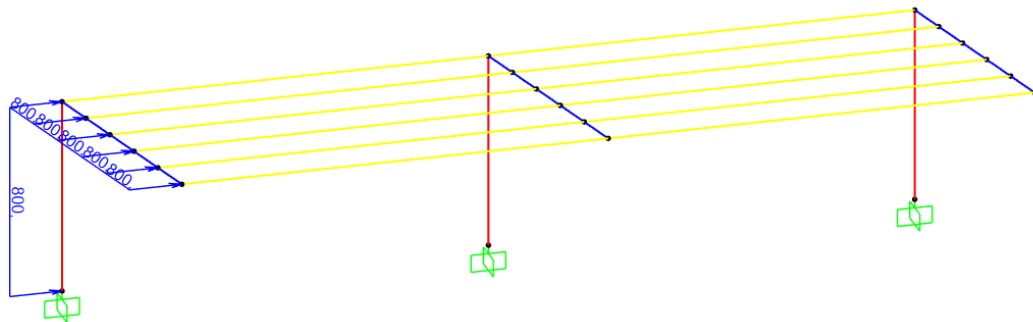


Figura 39: Estado de cargas con presión lateral sobre el pescante izquierdo

A continuación, se muestran las sollicitaciones a las que está sometida nuestra estructura.

Axil:

Tal y como muestra la figura 40, la correa más solicitada es la más cercana al pilar sobre el que hemos aplicado la fuerza distribuida. El valor de su axil es de 715 N, y trabaja a compresión. En cuanto al estudio del pescante, el pilar del pescante izquierdo trabaja a tracción, y transmite una fuerza constante de 310 N. El pilar central no transmite ninguna fuerza. Por su parte, el pilar derecho transmite una fuerza igual que la del izquierdo, pero de compresión. Los dinteles tienen una sollicitación menor, siendo la fuerza máxima de 150 N.

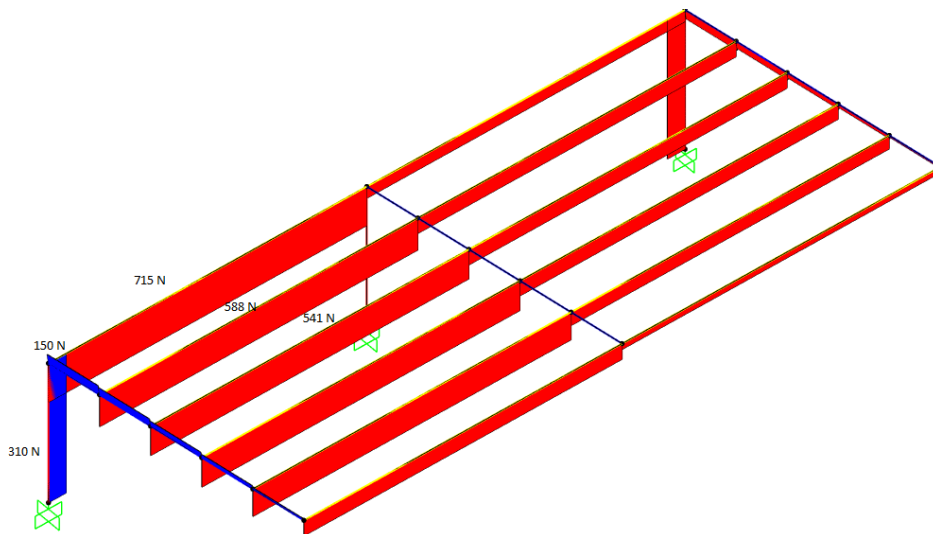


Figura 40: Esfuerzo axil para el segundo caso de cargas

Cortante V2:

Para el caso de cortante, los elementos más solicitados son los pilares. En la figura 41 se puede ver como el más solicitado es el del pescante izquierdo, con un valor máximo de 2.637 N en su base. Los pilares central y derecho tienen un axil constante de tracción de 1.776 N y 1.415 N, respectivamente. Los dinteles tienen valores muy inferiores, siendo el más solicitado el izquierdo con un valor máximo de 204 N.

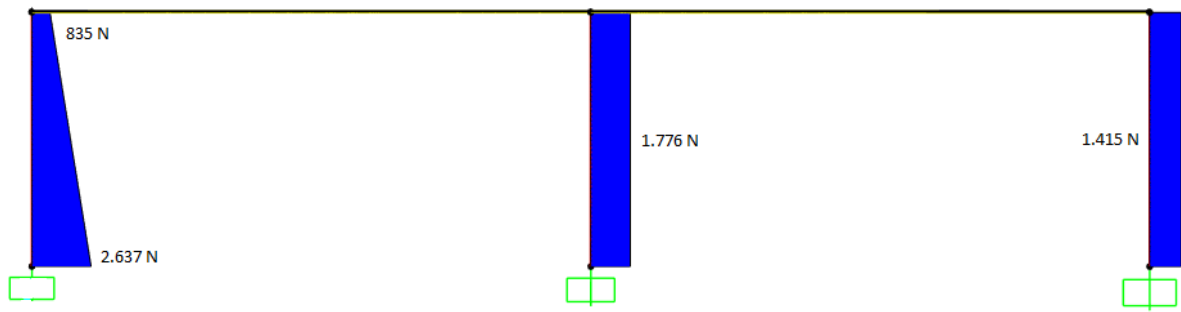


Figura 41: Esfuerzo cortante V2 para el segundo caso de cargas

### Cortante V3:

Para el caso de cortante V3, los elementos estructurales más solicitados son los dinteles. De nuevo la sollicitación es mayor en el correspondiente al pescante izquierdo. En la figura 42 podemos ver como el valor disminuye desde la sección inicial del dintel hasta la final. El valor máximo que se alcanza es de 1.520 N. Para los dinteles central y derecho, los valores son constantes en cada tramo, siendo el máximo de 1.266 N para el central y 1.200 N para el derecho.

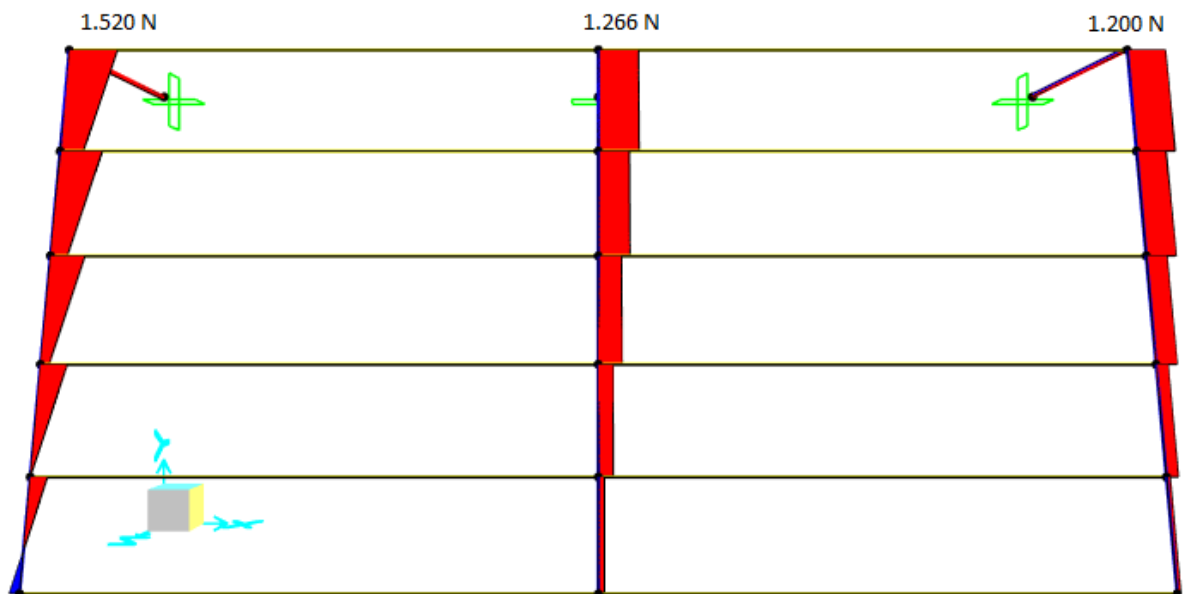


Figura 42: Cortante V3 para el segundo caso de cargas

Torsión:

Tanto los pilares como los dinteles de nuestros pescantes trabajan a torsión. En la figura 43 se muestran los valores para los dinteles, siendo el más solicitado el central, que llega a alcanzar los 898 Nm. Por su parte, el dintel del pescante izquierdo llega a los 569 Nm, y el del derecho alcanza los 568 Nm. De los tres dinteles se ha suprimido la parte con menor sollicitación.

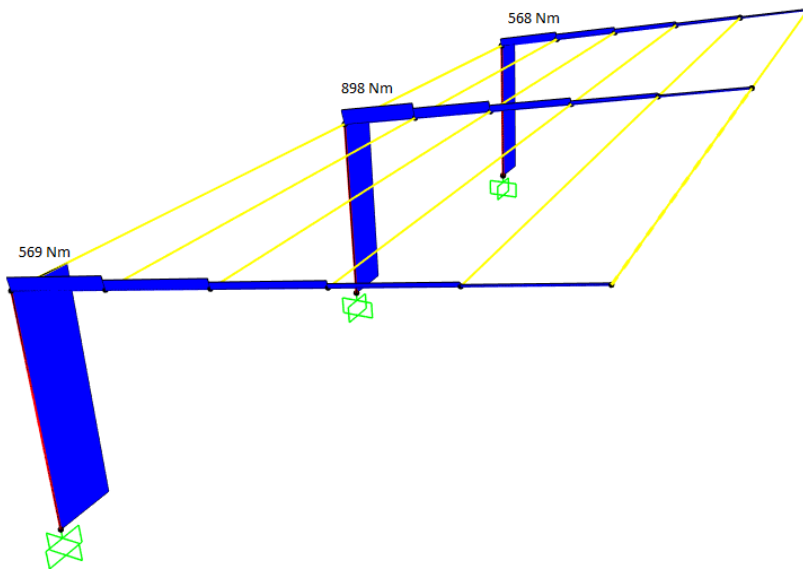


Figura 43:Torsión de los dinteles izquierdo, central y derecho respectivamente para el segundo caso de cargas

Por otro lado, en la figura 44 se muestran los valores alcanzados por los pilares, siendo el del pescante central el más solicitado con un valor constante de 2.870 Nm. Los pilares izquierdo y derecho transmiten 2.836 Nm y 2.835 Nm respectivamente.

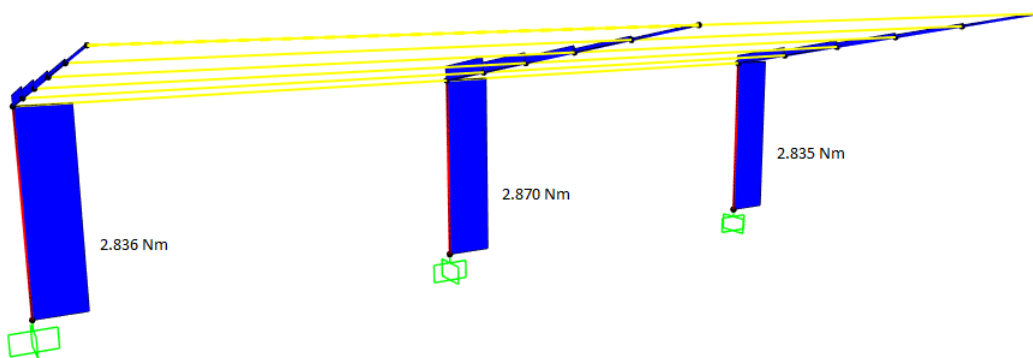


Figura 44:torsión de los pilares para el segundo caso de cargas

Momento M2:

De nuevo, tanto pilar como dintel tienen momento M2. En la figura 45 se muestran los valores de los dinteles. El máximo momento flector se produce en el dintel del pescante izquierdo. Alcanza un valor de 2.811 Nm. El dintel del pescante derecho es el siguiente más solicitado, alcanzando los 2.809 Nm. Por último, en el dintel central el máximo flector es de 1.266 Nm.

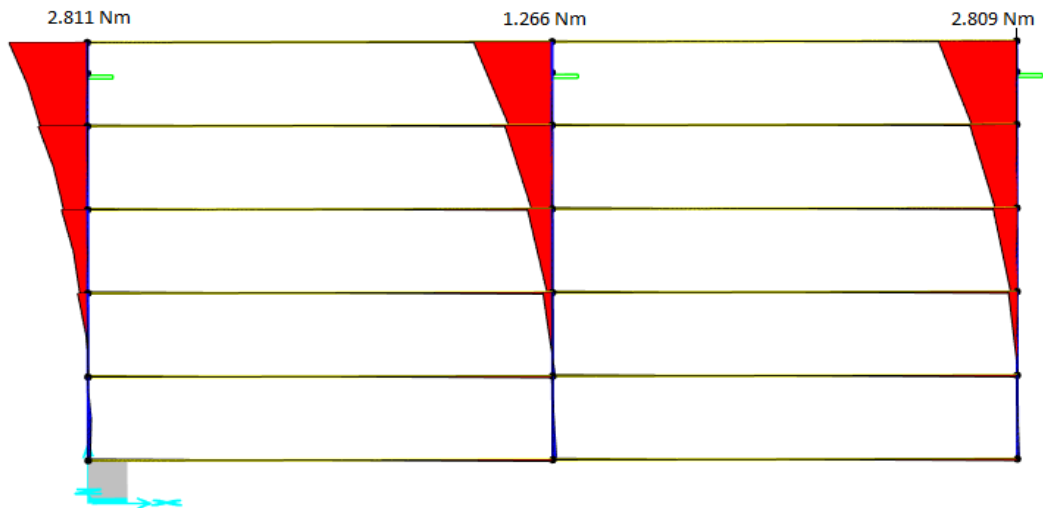


Figura 45: Momento M2 en los dinteles para el segundo caso de carga

Por otro lado, en la figura 46 se muestra el valor que alcanza el momento flector M2 en los pilares. En este caso, los pilares más solicitados son los laterales. Ambos alcanzan un valor máximo de 493 Nm en su unión con el dintel. En su base, alcanzan un valor de 212 Nm. El pilar central prácticamente no está solicitado.

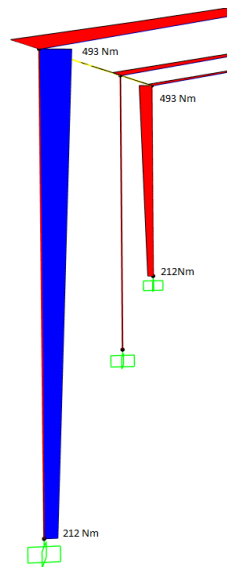


Figura 46: Momento M2 en los pilares para el segundo caso de carga

### Momento M3:

Los elementos más solicitados son los pilares. El más solicitado es el correspondiente al pescante izquierdo. Se alcanza un valor de 3.705 Nm. El siguiente es el central, con un valor máximo de 3.280 Nm. Por último, el pilar derecho llega a los 2.993 Nm en su base. Podemos verlo en la figura 47.

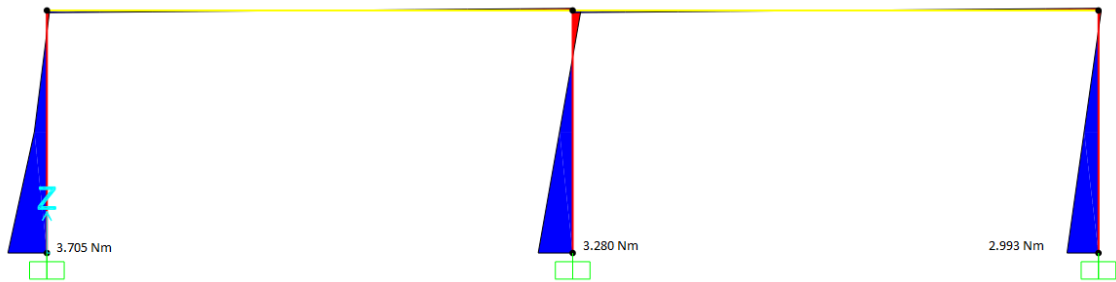


Figura 47: Momento M3 en los pilares para el segundo caso de carga

### Tensión de Von Mises:

Para este segundo estado de cargas, la máxima tensión de Von Mises se alcanza en la base del pilar del pórtico izquierdo, llegando a los 1276 MPa. Los siguientes puntos más solicitados son las bases de los otros pilares, siendo las tensiones de 11,32 MPa para el central y 10,84 MPa para el derecho. Se muestra en la figura 48 los diagramas de tensiones para el segundo estado de cargas. Se observe nueva variación en la unión del pilar con el dintel. La tensión es mayor en el dintel en ese punto por tener menor sección.

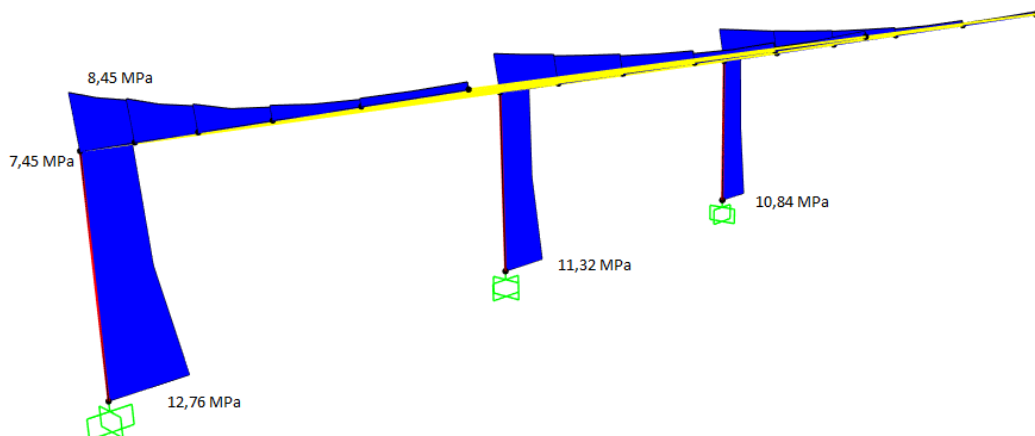


Figura 48: Tensión de Von Mises en la estructura para el segundo caso de carga



## 7. Análisis de estabilidad

Uno de los pasos fundamentales durante el desarrollo del diseño de un sistema estructural es el análisis de estabilidad. Se realiza el estudio de estabilidad para los dos casos de cargas mediante el software SAP 2000.

Para ello, es necesario crear un caso de cargas de tipo Buckling. Hasta el momento, el análisis que se ha realizado es del tipo estático lineal.

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad que aparece en elementos esbeltos que trabajan a compresión (pandeo con deformación de flexión y pandeo con deformación de torsión y flexión) y en elementos que trabajan a flexión (pandeo por vuelco). Nosotros estudiaremos el primero de estos casos.

Para un valor crítico de carga, este fenómeno produce grandes desplazamientos transversales para pequeños aumentos de carga. Nuestro estudio se centra en obtener ese valor crítico.

### 7.1 Primer caso de carga

Para el primer caso de carga, el resultado obtenido es el que se muestra en la figura 49, en el que también se ve la deformada de la estructura.

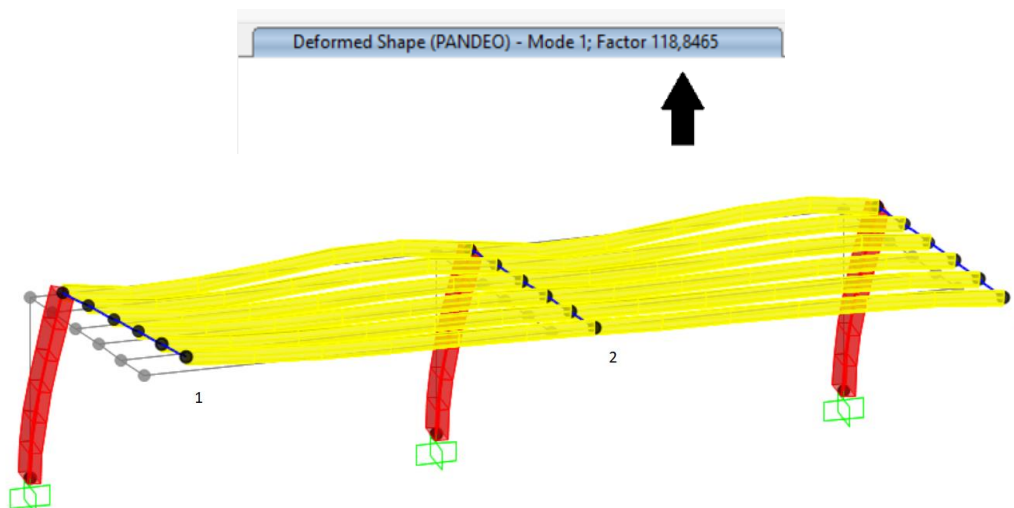


Figura 49: Factor de carga crítico a pandeo para el primer caso de cargas

Obtenemos un factor de carga crítico de 118,85. Se trata de un problema de autovalores aplicado a la matriz de rigidez de la estructura, por lo que de los distintos casos de pandeo que nos indica el programa nos hemos quedado con aquel valor menor positivo. Esto nos indica que es necesario aplicar una carga casi 119 veces mayor para que llegue a producirse el fenómeno de pandeo.

## 7.2 Segundo caso de carga

Para el segundo caso de carga, el resultado obtenido es el que se muestra en la figura 50, en el que también se ve la deformada de la estructura.

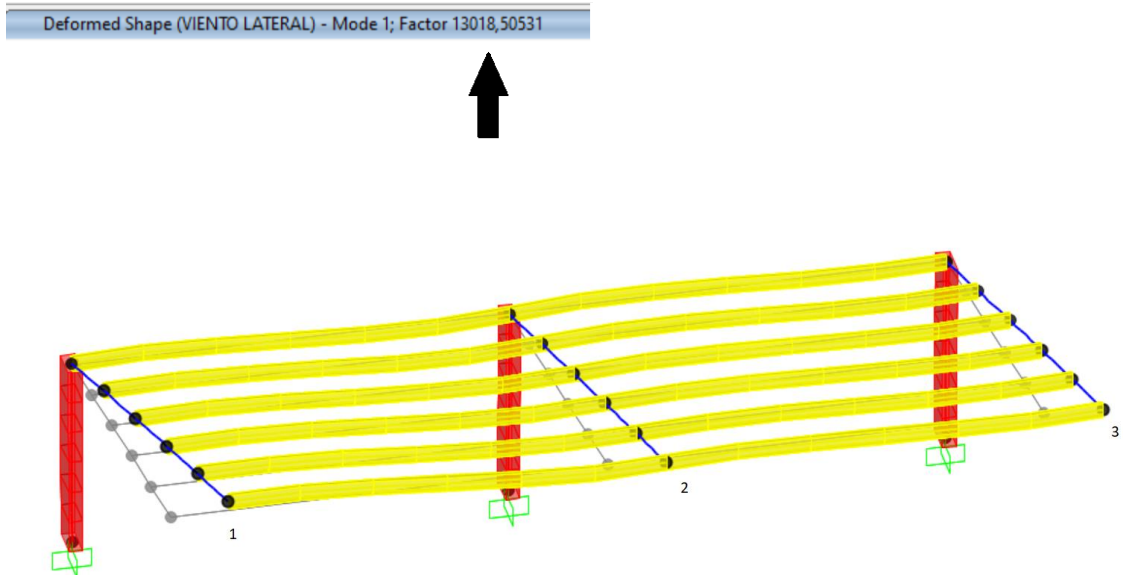


Figura 50: Factor de carga crítico a pandeo para el segundo caso de cargas

Obtenemos un factor de carga crítico de 13.018,50. Al igual que en el caso anterior, se trata de un problema de autovalores aplicado a la matriz de rigidez de la estructura, por lo que de los distintos casos de pandeo que nos indica el programa nos quedamos con aquel valor menor positivo. Esto nos indica que es necesario aplicar una carga 13.018 veces mayor para que llegue a producirse el fenómeno de pandeo.

Podemos afirmar que no es necesario ningún tipo de arriostamiento ya los factores críticos de carga son elevados.

## 8. Montaje de la marquesina

En este apartado vamos a dar unas indicaciones sobre los pasos que hay que seguir para realizar el montaje de la marquesina.

El primer paso es el preparado de la cimentación. Se realizará con zapatas aisladas de hormigón armado. Nos basamos en unas zapatas predimensionadas de un proyecto similar de la empresa Aplitech-Energy. Nos ofrece las plantillas de armadura mostradas en la figura 51 en la que solo tenemos que llenar la zapata, como se muestra en la figura 52.

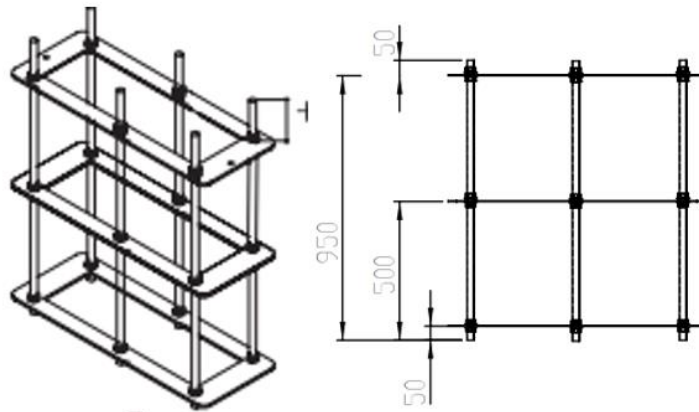


Figura 51: Plantilla predimensionada ofrecida por Aplitech-Energy <sup>[15]</sup>

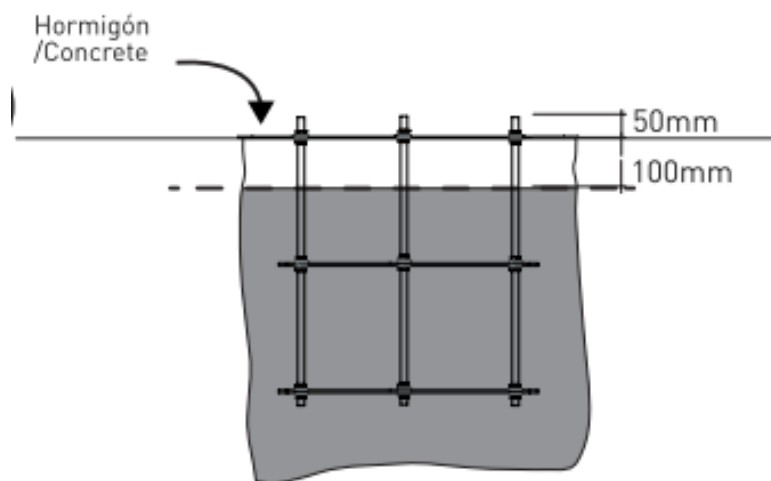


Ilustración 52: Llenado de la zapata con hormigón <sup>[15]</sup>

Sobre las zapatas se dispondrá una placa de reparto que permita transmitir de manera correcta la carga del pilar a la zapata.

A continuación, nos dispondremos a unir pilar y dintel. La unión entre ambos será atornillada. La figura 53 muestra el montaje del dintel sobre el pilar.

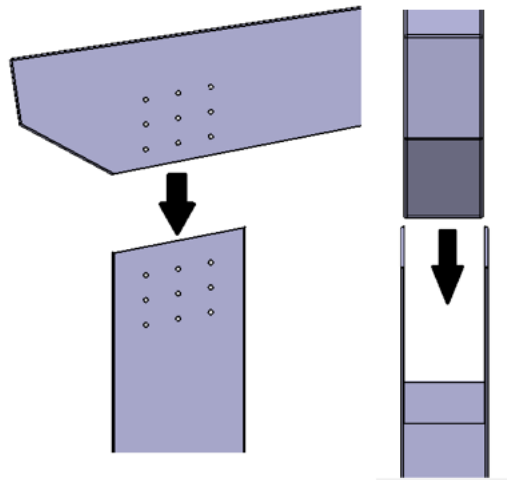


Figura 53: Montaje dintel sobre pilar

Previamente se habrán soldado los ejiones al dintel, con el fin de facilitar el montaje. Estos ya incorporan los agujeros roscados que se alinearán con los agujeros de las correas para su unión, como se muestra en la figura 54.

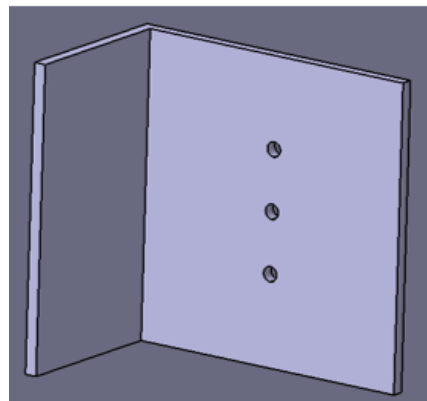


Figura 54: Ejiones

La figura 55 muestra imágenes del pórtico en su conjunto.

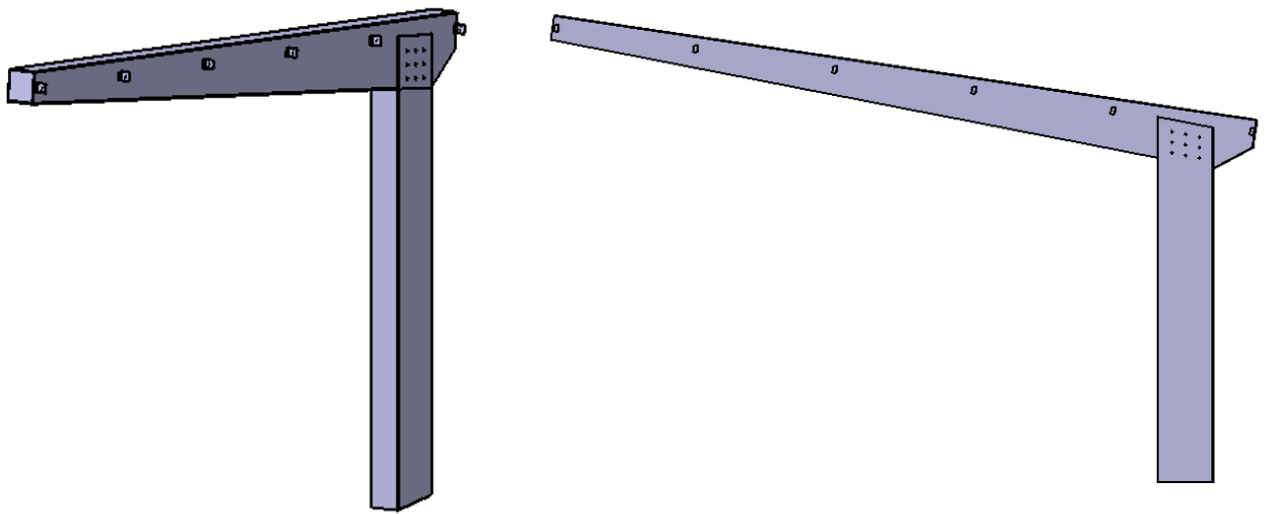


Figura 55: Pórtico

Es recomendable tumbar ambos en el suelo para su unión y levantar luego el conjunto para unir pilar y zapata, como se muestra en la figura 56.

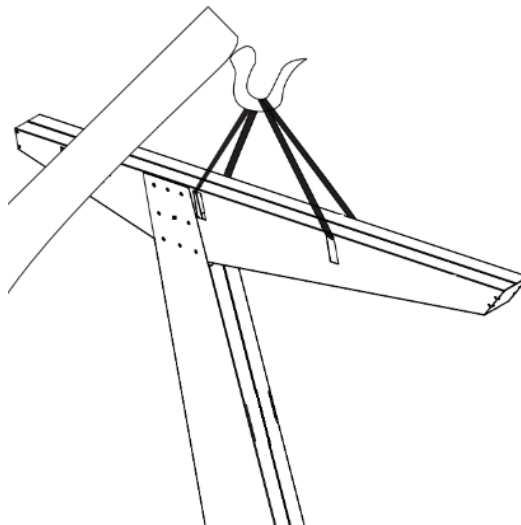


Figura 56: Levantamiento del pórtico <sup>[15]</sup>

Una vez se hayan colocado los pórticos, tendremos que comprobar que la alineación es correcta. Para ello, comprobamos que las diagonales que unen los vértices de los dinteles tienen la misma longitud, como se muestra en la figura 57.

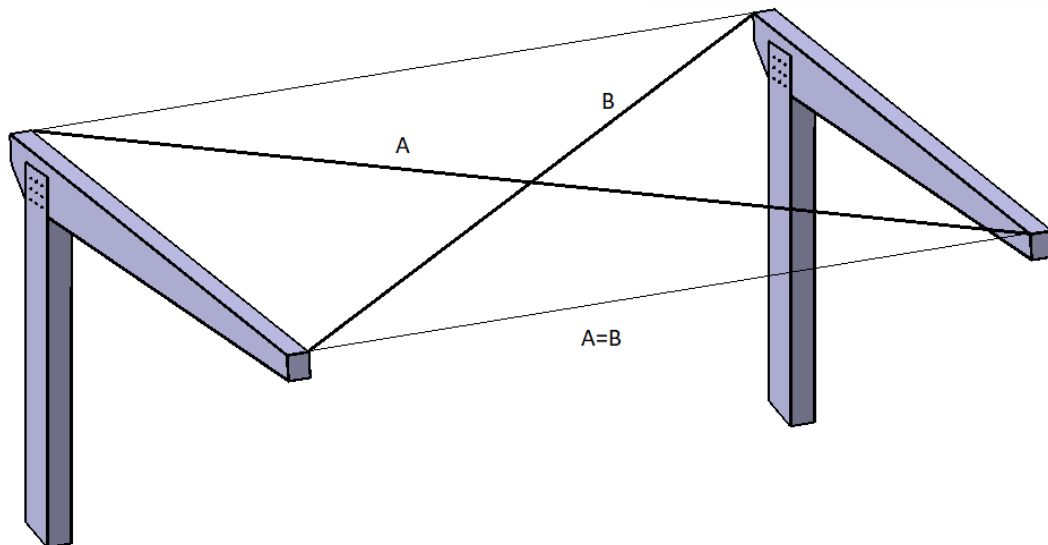


Figura 57: Comprobación de la alineación de los pilares

A continuación, se procede a la colocación de las correas. Como se aprecia, los ejiones ya cuentan con cierta inclinación con el fin de que las correas queden enrasadas con la zona superior de los dinteles. Las figuras 58, 59 y 60 ayudan a la comprensión de la colocación de las correas, su posición y su alineación con los ejiones.

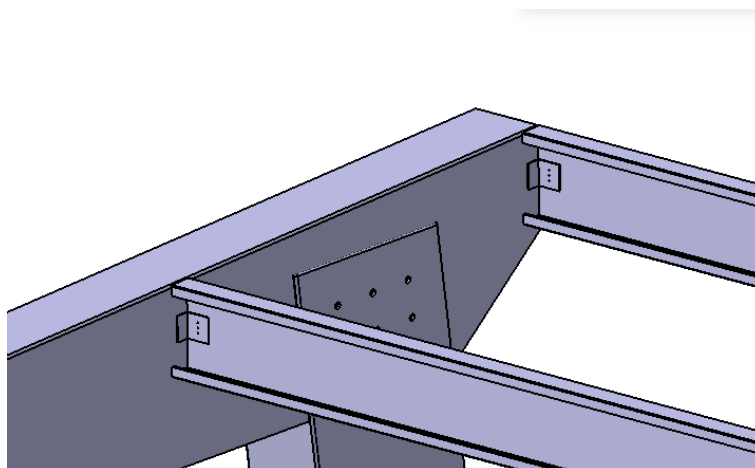


Figura 58: Colocación de las correas

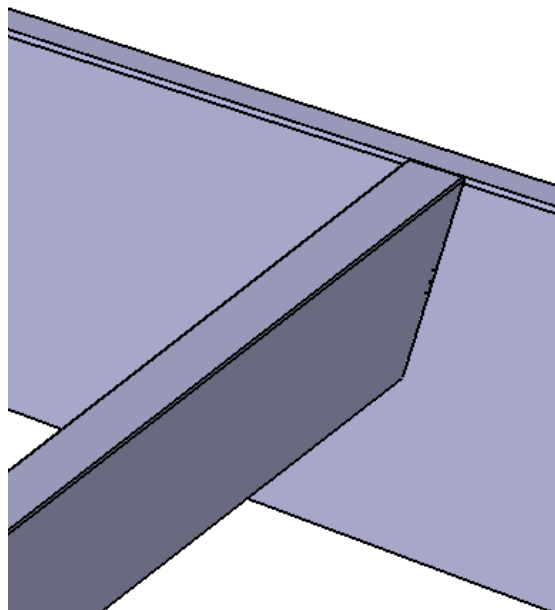


Figura 59: Correa enrasada con el dintel

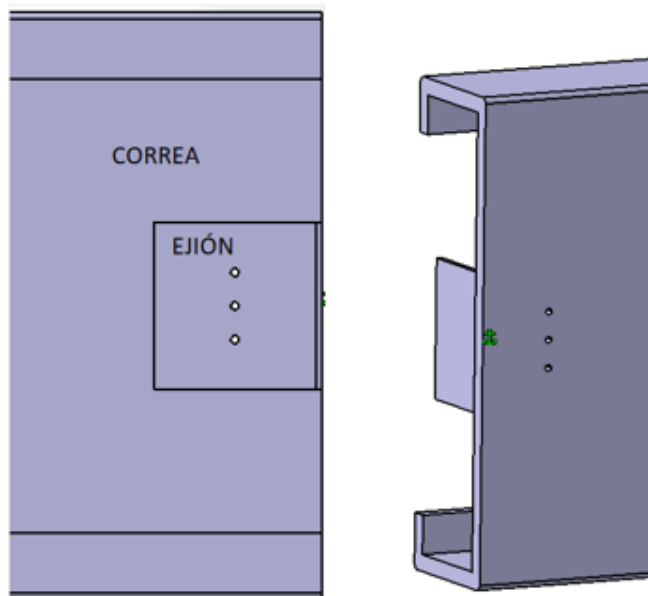


Figura 60: Alineación de eje y correa. Coincidencia de ejes de los taladros

La figura 61 muestra la estructura completa. Las placas solares irán atornilladas a las correas según la disposición mostrada en la figura 10 (disposición de las placas solares). Al estar las correas enrasadas con los dinteles, las placas estarán inmediatamente a continuación de ambos.

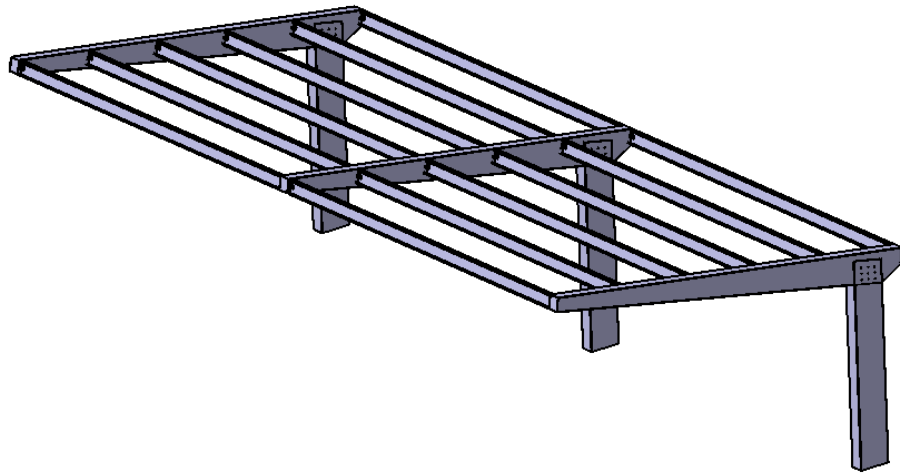


Figura 61: Marquesina completa



## 9. Normativa

En este capítulo realizamos un rápido paso por la normativa CTE comentando aquellos aspectos en los que tendremos especial atención para nuestra estructura. Todos estos aspectos se han obtenido del CTE DB SE y CTE DB SE A.

### Verificaciones necesarias:

- Estabilidad y resistencia: estados límite últimos.
- Aptitud para el servicio: estados límite de servicio.

El estado límite último es aquel que de ser rebasado toda la estructura o parte de esta podría llegar a colapsar, constituyendo un riesgo para las personas. Deberán tenerse en cuenta los producidos por:

- La pérdida del equilibrio de la estructura, considerada como sólido rígido.
- El fallo por deformación excesiva, transformación de estructura a mecanismo, rotura de elementos estructurales o inestabilidad.

En cuanto a los coeficientes de seguridad que aseguramos en nuestro caso se encuentran:

- Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\varphi = 1,05.$$

En nuestra estructura, la máxima tensión alcanzada es de 227,77 MPa. La utilización de acero S275 implica que estamos trabajando con un coeficiente de seguridad de:

$$275 / 227,77 = 1,2$$

Cumplimos por lo tanto con el requerimiento de CTE para plastificación del material.

- Coeficiente de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad.

$$\varphi = 1,05.$$

En nuestro caso, tenemos un factor de carga crítico a pandeo de 188,85. El margen en este caso es muy superior a lo que exige CTE para las estructuras de acero.

Por otro lado, el estado límite de servicio es aquel que de ser rebasado produciría un descenso de la funcionalidad. Supone pérdida de confort y mal funcionamiento, así como daño a la apariencia de la construcción.

Estos daños pueden ser reversibles o irreversibles, dependiendo de si las consecuencias son admisibles una vez cesa la acción que lo produce. En todo caso, no supone un peligro inminente. Por ello, los coeficientes de seguridad son menores en este caso.

Se tendrán en cuenta las deformaciones, vibraciones y daños o deterioro.

#### Durabilidad.

1. Prevenir la corrosión del acero según la situación, uso o exposición de la estructura. Para nuestro caso tendremos en cuenta especialmente el contacto con el marco de aluminio de las placas solares fotovoltaicas.
2. Proteger adecuadamente la estructura para evitar su corrosión. En nuestro caso se opta por el método de recubrimiento galvanizado.

#### Materiales.

Se indica en la tabla 6 las características del acero utilizado en nuestro caso para la construcción de la estructura de la marquesina.

Tabla 6:Características mecánicas de los aceros. Tabla 4.1 del DB SE A

**Tabla 4.1 Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025**

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )			Tensión de rotura $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 <sup>(1)</sup>
S450J0	450	430	410	550	0

<sup>(1)</sup> Se le exige una energía mínima de 40J.

3

Las siguientes son características comunes a todos los aceros:	
- módulo de Elasticidad: E	210.000 N/mm <sup>2</sup>
- módulo de Rigidez: G	81.000 N/mm <sup>2</sup>
- coeficiente de Poisson: $\nu$	0,3
- coeficiente de dilatación térmica: $\alpha$	$1,2 \cdot 10^{-5}$ (°C) <sup>-1</sup>
- densidad: $\rho$	7.850 kg/m <sup>3</sup>

### Análisis estructural y estados límite últimos.

En nuestro caso se ha comprobado mediante la determinación de los efectos de las acciones y análisis de los esfuerzos de la estructura y su posterior comparación con la correspondiente limitación. En nuestro caso la limitación es el límite elástico del material. Dicha comprobación se ha llevado a cabo bajo el uso de un modelo elástico y lineal.

Para el estado límite último, se considera admisible el uso de métodos de comprobación basados en distribuciones elásticas de tensiones siempre que en ningún punto de las secciones las tensiones de cálculo, combinadas conforme al criterio de plastificación de Von Mises, supere la resistencia de cálculo.

El valor del límite elástico es el expuesto en la tabla 4. No se consideran endurecimientos a consecuencia de operaciones realizadas sobre el material.

Ejecución.

Materiales: en nuestro caso esta sección es de nuestra incumbencia por el uso de acero en chapa y perfiles de calidad S235 a S450. El material tiene que ser almacenado según las indicaciones del fabricante, de forma segura y reduciendo al máximo las posibilidades de que se produzcan daños en el material.

Operaciones en taller:

- Corte: debe ser realizado por sierra, cizalla u oxicorte automático. En nuestro caso se realizará corte tanto en pilar como en dintel, así como en diversas chapas para cerrar los extremos del dintel, evitando que se vea el hueco que lo atraviesa.
- Conformado: está permitido que el acero se doble hasta adoptar la forma que necesitamos, pero nos debemos asegurar de que las características del material no disminuyan por debajo de los valores especificados. Se puede conformar en frío siempre que no sea a martillazos. Se indica además el radio de acuerdo interior que debe tener la pieza en función de su espesor, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7:Radio de acuerdo mínimo al conformar en frío. DB SE A

Espesor de la chapa (mm)	Radio (interior) del acuerdo
$t \leq 4$	$t$
$4 < t \leq 8$	$1,5 t$
$8 < t \leq 12$	$2 t$
$12 < t \leq 24$	$3 t$

El espesor de nuestra chapa es de 6 mm. Por lo tanto, el radio mínimo que debe tener nuestras piezas es de 9 mm.

- Perforación: los agujeros deben hacerse por taladro u otro proceso que proporcione un acabado equivalente.
- Soldeo: es necesario contratar a soldadores que cuenten con certificación de un organismo acreditado. Las superficies deben estar correctamente preparadas, estando exentas de fisuras, entalladuras, etc. Además, los componentes a soldar deberán estar correctamente posicionados.
- Uniones atornilladas: el diámetro nominal mínimo tiene que ser superior a 12 mm.

Control de calidad.

Se deberá tener registro del control de calidad de los materiales, de la fabricación y del montaje.

Inspección y mantenimiento.

Será recomendable realizar inspecciones al menos cada 10 años, prestando especial atención a la identificación de síntomas de daños estructurales que por lo general serán de tipo dúctil. En cuanto al mantenimiento, se hará en los plazos marcados por el fabricante (pinturas, tratamientos, etc.)

## 10. Estimación económica.

Se calcula en primer lugar el precio de los pilares y dinteles. Para ello, nos basamos en el precio unitario del Kg de acero. Obtenemos los Kg de acero utilizado gracias al volumen y su densidad.

La densidad del acero según CTE es de 7.850 Kg/m<sup>3</sup>. Se puede ver en la tabla 6.

El precio unitario del Kg de acero generado por Cype generador de precios es de 2,28 euros, como se muestra en la figura 62. Las características especificadas son:

- Tipo de pieza: Simple.
- Tipo de perfil: Conformado en frío.
- Tipo de acero: S275J0H.
- Colocación en obra: Con uniones atornilladas en obra.
- Altura de colocación: Hasta 3,5m.

EAS010 kg Acero en pilares.			2,28€		
Acero UNE-EN 10219-1 S275J0H, en pilares formados por piezas simples de perfiles huecos conformados en frío de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones atornilladas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye los tornillos, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1 Materiales</b>					
mt07ali024f	kg	Acero UNE-EN 10219-1 S275J0H, en perfiles huecos conformados en frío, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones atornilladas en obra.	1,000	1,75	1,75
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>1,75</b>
<b>2 Mano de obra</b>					
mo047	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,012	20,74	0,25
mo094	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,012	19,68	0,24
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>0,49</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	2,24	0,04
Coste de mantenimiento decenal: 0,07€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>2,28</b>

Figura 62: Precio generado por Cype generador de precios. Precio del Kg de acero.

### Pilares:

Como se ve en la figura 63, el volumen de cada pilar calculado por Catia es de 0,016 m<sup>3</sup>.

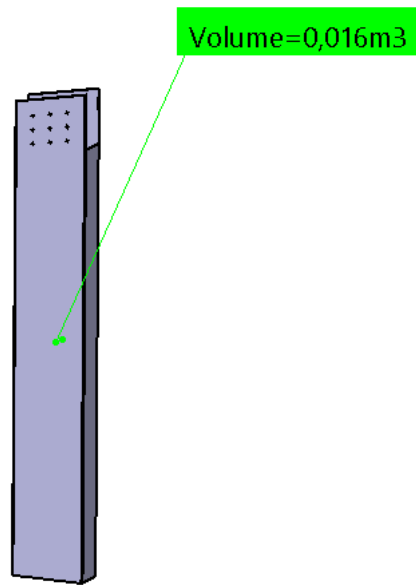


Figura 63: Volumen de cada pilar

El peso de cada pilar es:  $0,016 \text{ m}^3 \times 7.850 \text{ Kg/m}^3 = 125,6 \text{ Kg}$ .

El precio del pilar es:  $2,28 \text{ €/kg} \times 126,6 \text{ Kg} = 286,4 \text{ €}$ .

Contamos con un total de 3 pilares, por lo que el gasto es de **859,2 €**

Dinteles:

El volumen de cada dintel calculado por Catia es de  $0,025 \text{ m}^3$ , como se ve en la figura 70.

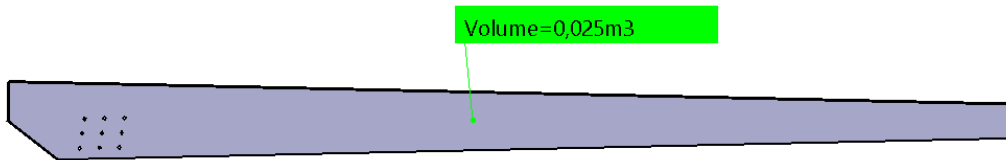


Figura 64: Volumen de cada dintel

El peso de cada dintel es:  $0,025 \text{ m}^3 \times 7.850 \text{ Kg/m}^3 = 196,3 \text{ Kg}$ .

El precio del dintel es:  $2,28 \text{ €/kg} \times 196,3 \text{ Kg} = 447,6 \text{ €}$ .

Contamos con un total de 3 dinteles, por lo que el gasto es de **1.342,8 €**

Se realiza a continuación una estimación de otras inversiones necesarias.

Correas:

Suministro de correa TECZONE - KINGSPAN Z 20/50/175/50/20 x 3 con sección en C de acero conformado en frío de calidad S280GD, galvanizado Z275, con una altura de alma de 175 mm, y espesor de chapa 3 mm. Marcado CE.

Precio:  $7,38 \text{ €/m}$ .

La longitud de cada correa es de  $4,85 \text{ m}$ .

El precio de cada correa es de  $7,38 \text{ €/m} \times 4,85 \text{ m} = 35,8 \text{ €}$ .



Contamos con un total de 12 correas, por lo que el gasto es de **429,6 €**

Zapatatas:

Supondremos unas zapatas predimensionadas de 1,4 m<sup>3</sup>.

El precio del metro cúbico de hormigón calculado por Cype generador de precios es de 73,2 €, como se ve en la figura 65.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1</b>					
<b>Materiales</b>					
mt10hmf010IMc	m <sup>3</sup>	Hormigón HM-20/P/40/X0, fabricado en central.	0,660	68,07	44,93
mt01arg100b	m <sup>3</sup>	Bolos de piedra de 15 a 30 cm de diámetro.	0,400	19,50	7,80
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>52,73</b>
<b>2</b>					
<b>Mano de obra</b>					
mo045	h	Oficial 1º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,100	20,74	2,07
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,100	19,68	1,97
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,800	18,69	14,95
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>18,99</b>
<b>3</b>					
<b>Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	71,72	1,43
Coste de mantenimiento decenal: 2,19€ en los primeros 10 años.			<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>73,15</b>

Figura 65: Precio generado por Cype generador de precios. Precio del m<sup>3</sup> de hormigón.

El precio de cada zapata es de:  $73,2 \text{ €} / m^3 \times 1,4 m^3 = 102,5 \text{ €}$ .

Contamos con un total de 3 zapatas, por lo que el gasto es de **307,5 €**.

Excavación del terreno para zapatas:

En total, tenemos 3 zapatas de 1,4 m<sup>3</sup>. Tenemos que excavar 4,2 m<sup>3</sup>.

El precio del m<sup>3</sup> de excavación es de 23,7 €, como se muestra en la figura 66.

ADE001 m<sup>3</sup> Excavación a cielo abierto, con medios manuales.

23,69€

Excavación a cielo abierto, en suelo de arcilla semidura, con martillo neumático, y carga manual a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>1</b>					
<b>Equipo y maquinaria</b>					
mq05pdm010b	h	Compresor portátil eléctrico 5 m <sup>3</sup> /min de caudal.	0,319	7,73	2,47
mq05mai030	h	Martillo neumático.	0,637	4,57	2,91
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>					<b>5,38</b>
<b>2</b>					
<b>Mano de obra</b>					
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,955	18,69	17,85
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>17,85</b>
<b>3</b>					
<b>Costes directos complementarios</b>					
	%	Costes directos complementarios	2,000	23,23	0,46
<b>Costes directos (1+2+3):</b>					<b>23,69</b>

Figura 66: Precio generado por Cype generador de precios. Precio del m<sup>3</sup> de excavación del terreno.

El precio de la excavación es de  $4,2 \text{ m}^3 \times 23,7 \text{ €} / \text{m}^3 = 99,5 \text{ €}$ .

### Solera de hormigón:

Se prepara una solera de 50 m<sup>2</sup>.

El precio del metro cuadrado es de 13,8 €, como se muestra en la figura 67.

ANS010 m<sup>2</sup> Solera de hormigón.

13,81€

Solera de hormigón en masa de 10 cm de espesor, realizada con hormigón HM-20/B/20/X0 fabricado en central y vertido desde camión, extendido y vibrado manual mediante regla vibrante, sin tratamiento de su superficie; con juntas de retracción de 5 mm de espesor, mediante corte con disco de diamante. Incluso panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, para la ejecución de juntas de dilatación. El precio no incluye la base de la solera.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe	
<b>1</b>						
<b>Materiales</b>						
mt10hmf010Lb	m <sup>3</sup>	Hormigón HM-20/B/20/X0, fabricado en central.	0,105	73,13	7,68	
mt16pea020c	m <sup>2</sup>	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, mecanizado lateral recto, de 30 mm de espesor, resistencia térmica 0,8 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), para junta de dilatación.	0,050	2,01	0,10	
<b>Subtotal materiales:</b>					<b>7,78</b>	
<b>2</b>						
<b>Equipo y maquinaria</b>						
mq06vib020	h	Regla vibrante de 3 m.	0,084	5,23	0,44	
mq06cor020	h	Equipo para corte de juntas en soleras de hormigón.	0,082	10,64	0,87	
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>					<b>1,31</b>	
<b>3</b>						
<b>Mano de obra</b>						
mo112	h	Peón especializado construcción.	0,082	19,00	1,56	
mo020	h	Oficial 1ª construcción.	0,060	19,93	1,20	
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,060	18,69	1,12	
mo077	h	Ayudante construcción.	0,030	18,92	0,57	
<b>Subtotal mano de obra:</b>					<b>4,45</b>	
<b>4</b>						
<b>Costes directos complementarios</b>						
	%	Costes directos complementarios	2,000	13,54	0,27	
<b>Coste de mantenimiento decenal: 0,97€ en los primeros 10 años.</b>					<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>	<b>13,81</b>

Figura 67: Precio generado por Cype generador de precios. Precio del m<sup>2</sup> de nivelación del terreno. Soleras.

El precio de la nivelación del terreno es de  $13,8 \text{ €} / \text{m}^2 \times 50 \text{ m}^2 = 690 \text{ €}$ .

Paneles solares:

En nuestra marquesina se instalarán un total de 25 paneles solares.

El precio de nuestras placas solares es de 225 € cada unidad.

El precio del conjunto de placas solares asciende a **5.625 €**.

TOTAL

Pilares:	859,2 €.
Dinteles:	1.342,8 €.
Correas:	429,6 €.
Zapatas:	307,5 €.
Excavación:	99,5 €.
Nivelación:	690,0 €.
Paneles solares:	5.625,0 €.
Total:	<b>9.253,6 €</b>

## 11. Producto configurable

Con la finalidad de poder llegar a un mayor número de usuarios y no utilizar más del material necesario hacemos de nuestro producto una marquesina configurable que se adapte a las necesidades en cada caso. La configurabilidad de nuestro producto proviene de la posibilidad de modificar los espesores del pilar sin necesidad de realizar más cambios al resto del diseño de la estructura. Tan sólo será necesario añadir una placa con los taladros necesarios que irá instalada entre el dintel y el pilar en el hueco producido por esa modificación del espesor en el pilar.

A continuación, la figura 74 muestra una situación en la que se ha reducido el espesor del pilar. Se puede apreciar la nueva holgura y se indica el lugar donde iría instalada la placa.

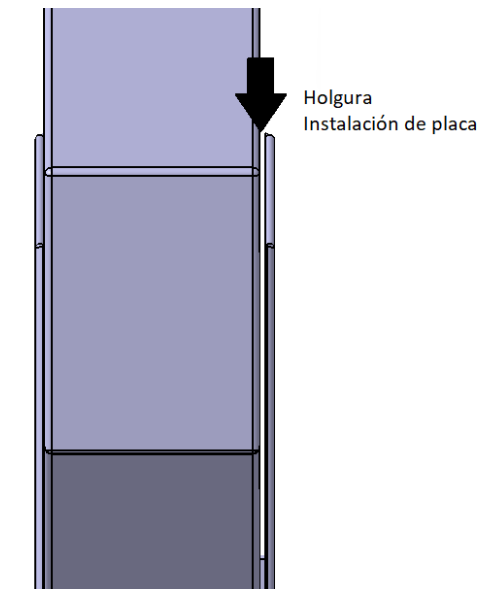
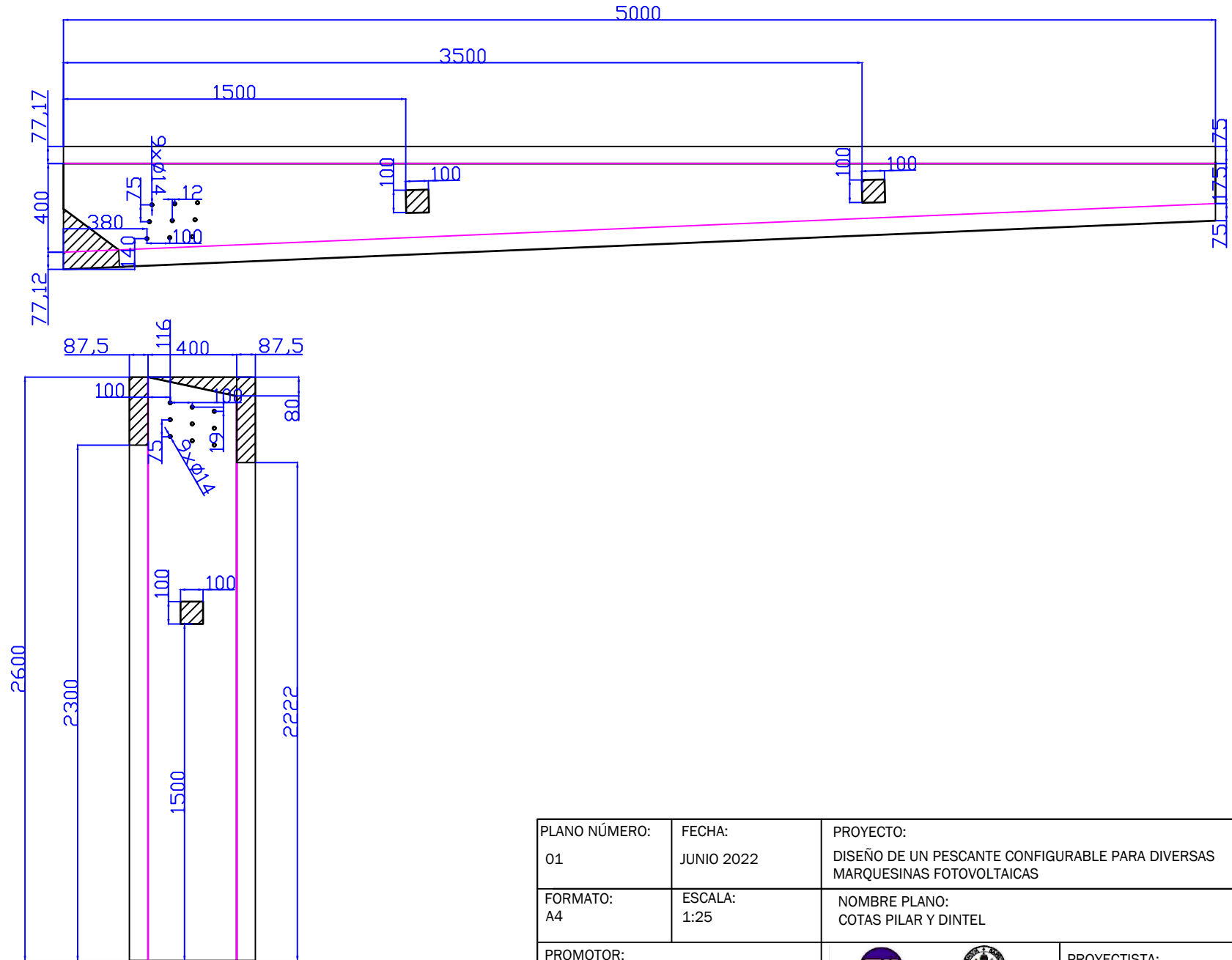



Figura 68: Holgura producto configurable

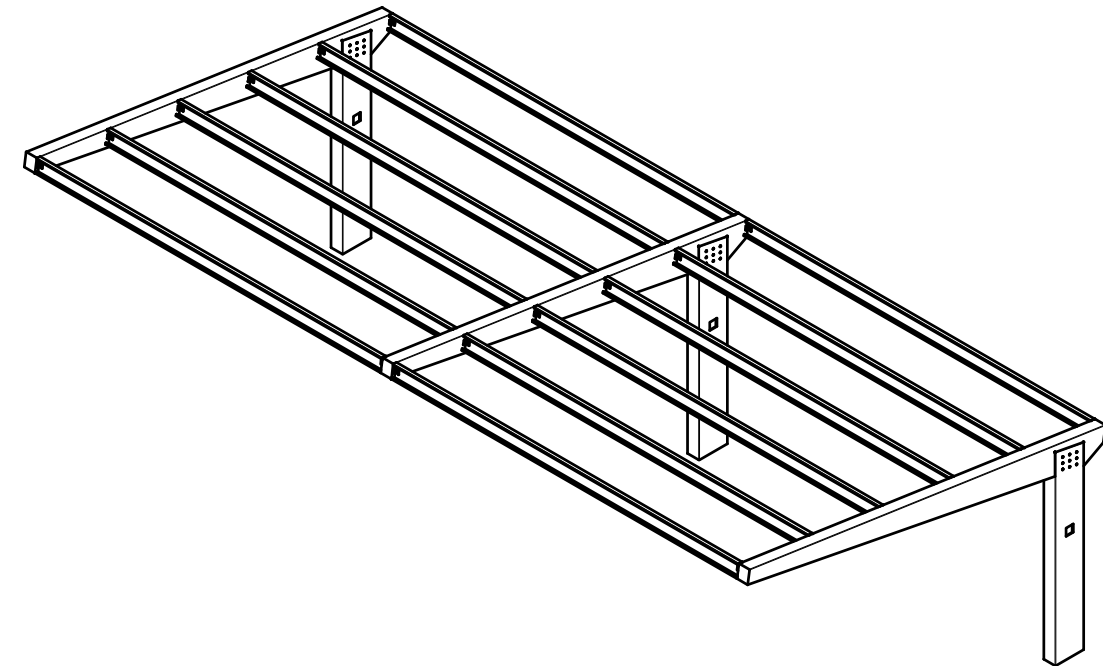
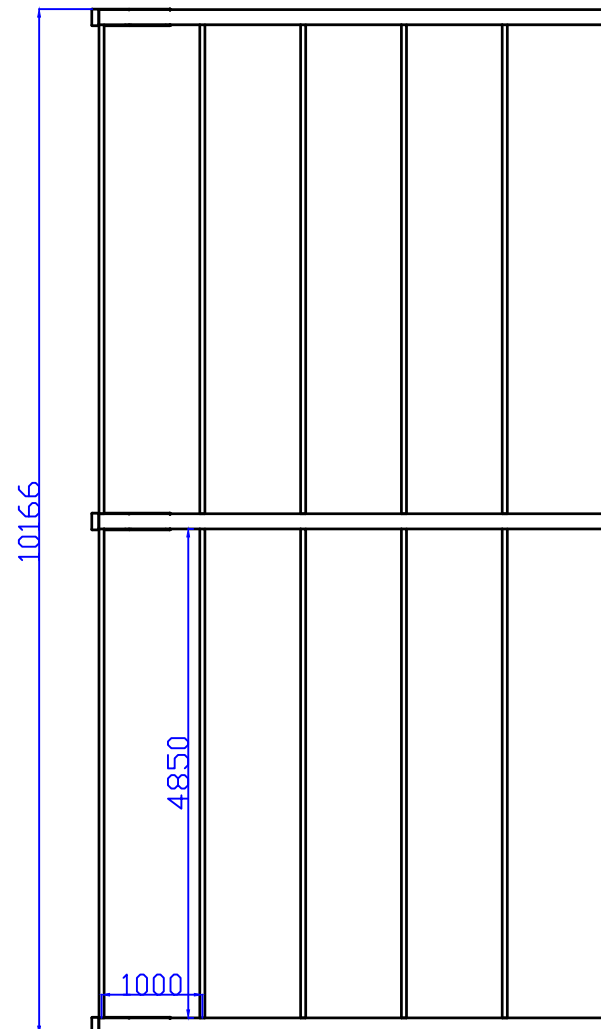
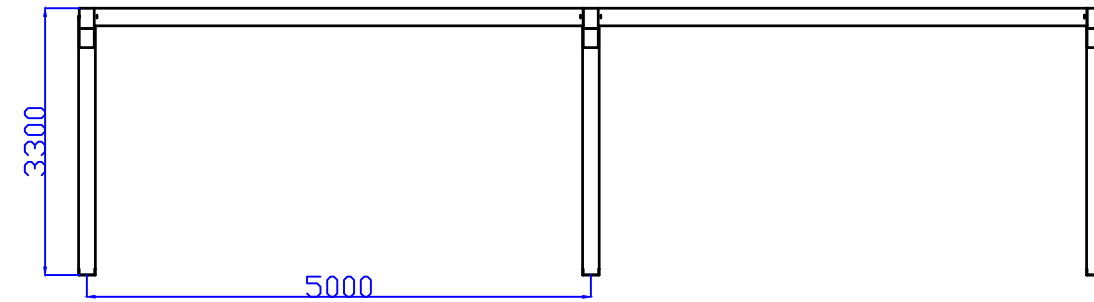
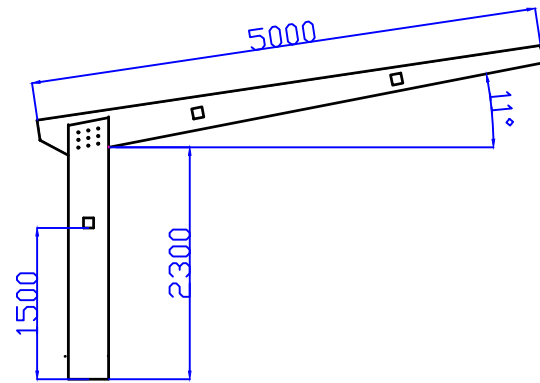
## 12. Documentación gráfica.



Se presenta a continuación la documentación gráfica del presente proyecto.

- Plano 01: Cotas pilar y dintel.
- Plano 02: Vistas diédricas de la estructura.



PLANO NÚMERO: 01	FECHA: JUNIO 2022	PROYECTO: DISEÑO DE UN PESCANTE CONFIGURABLE PARA DIVERSAS MARQUESINAS FOTOVOLTAICAS
FORMATO: A4	ESCALA: 1:25	NOMBRE PLANO: COTAS PILAR Y DINTEL
PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID		  PROYECTISTA: FERNANDO OLEA CARDO



PLANO NÚMERO: 02	FECHA: JUNIO 2022	PROYECTO: DISEÑO DE UN PESCANTE CONFIGURABLE PARA DIVERSAS MARQUESINAS FOTOVOLTAICAS
FORMATO: A3	ESCALA: 1:75	NOMBRE PLANO: VISTAS DIÉDRICAS DE LA ESTRUCTURA
PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID	  ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES    Universidad de Valladolid	PROYECTISTA: FERNANDO OLEA CARDO

## 13. Conclusiones y trabajos futuros.

### 13.1 Conclusiones

En este trabajo se propuso el diseño de un producto comercial con capacidad de configurarse, tratando de reducir su peso y trabajando en su estética.

En primer lugar, se han establecido las dimensiones de la marquesina y las secciones de los pilares y dinteles que forman el pescante. A continuación, se ha seleccionado la correa oportuna ofrecida por un fabricante. Se ha estudiado la estructura para dos casos de cargas y se ha realizado un análisis de estabilidad, todo ello con el software SAP2000. También se ha proyectado en Catia V5, permitiendo analizar la estructura y comprobar dimensiones y posición de las distintas partes que la forman, así como prevenir fallos antes de la ejecución.

Finalmente se ha realizado una estimación económica del proyecto, tanto de las partes que forman el pescante como otras inversiones necesarias para la instalación de una marquesina completa.

Durante el desarrollo del trabajo se ha buscado la funcionalidad y estética de la marquesina (secciones, vuelo del dintel, inclinación de la cubierta, pilar no central) y facilidad de transporte y montaje (uniones atornilladas, ejiones previamente soldados al dintel). Se ha tratado de reducir el peso, y por tanto el precio de la estructura mediante el estudio de las secciones y para el caso del dintel con la elección de realizarse con sección variable, optimizando el material empleado ya que aumentamos la sección a medida que aumentan las solicitaciones. Se han obtenido nuevas habilidades en los softwares en que nos hemos apoyado para realizar el trabajo.

Se puede concluir que se han cumplido con los objetivos propuestos en el presente trabajo.

### 13.2 Consideraciones adicionales

La totalidad de este trabajo se ha realizado empleando software. No se han requerido ningún tipo de material para la realización de ensayos o experimentos. Consecuentemente, el impacto medioambiental ha sido nulo en todo momento.

Por otro lado, se han empleado softwares técnicos ( SAP 2000, Catia V5-6 ) con las licencias de estudiante proporcionadas por la Universidad de Valladolid para sus estudiantes. Es por ello que el coste económico ha sido inexistente.



En cuanto a las horas dedicadas al presente TFG en la realización de cálculos, desarrollo de competencias en los softwares empleados y desarrollo de la documentación, han sido alrededor de 300 horas. El sueldo medio de un ingeniero en formación se puede considerar de 11 €/h. El coste de este tiempo se estima en 3.300 €.

### 13.3 Líneas futuras

Como posibles líneas futuras quedarán las siguientes:

1. Estudio de abolladura de la estructura.
2. Estudio del comportamiento de la estructura en caso de que un coche choque con uno de sus pilares.
3. Cálculo de la cimentación y correas.
4. Estudio de la instalación de paneles fotovoltaicos. Separación en strings, cableado, inversor, punto de recarga, etc.

## 14. Bibliografía.

[1] Imagen obtenida de <https://www.bauhaus.es/marquesinas-para-puertas/smartsun-marquesina-para-puerta-easy-black/p/27779248>

Fecha de consulta: 03/02/2022

[2] Imagen obtenida de <https://www.yter.es/mobiliario-urbano/marquesinas-autobus>

Fecha de consulta: 03/02/2022

[3] Imagen obtenida de

<https://www.archiexpo.es/prod/brasco-international-inc/product-141198-2287913.html>

Fecha de consulta: 03/02/2022

[4] Imagen obtenida de <https://www.europa-prefabri.com/nuevas-marquesinas-metalicas-para-el-ayuntamiento-de-huesca/>

Fecha de consulta: 03/02/2022

[5] Imagen obtenida de <https://blog.ledbox.es/informacion-led/casos-practicos-led/amortizacion-led-en-estaciones-de-servicio-caso-practico>

Fecha de consulta: 07/02/2022

[6] Imagen obtenida de <https://www.incafe2000.com/Esp/p/marquesina-parking-simple-10m>

Fecha de consulta: 07/02/2022

[7] Imagen obtenida de <https://jupeca.es/eurovig-solar/>

Fecha de consulta: 03/03/2022

[8] Imagen obtenida de <https://www.cargadorcocheelectrico.net/marquesina-solar-autoconsumo-coche-electrico/>

Fecha de consulta: 04/03/2022

[9] Imagen obtenida de <https://www.interempresas.net/Deformacion-y-chapa/Articulos/232340-Conceptos-basicos-del-plegado-de-chapa.html>

Fecha de consulta: 21/03/2022

[10] Decreto 217/2001, de 30 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de Accesibilidad y Supresión de Barreras. Artículo 5º Aparcamientos. BOCYL DE 4 DE SEPTIEMBRE.

[11] Plan General de Ordenación Urbana de Madrid. Instrucción de vía pública. Ficha 7 punto 4. Dimensiones y disposición de las plazas y viales de acceso. Tabla 4.1 Dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento.

[12] CTE-DB-SE Seguridad Estructural. Código Técnico de la Edificación. Diciembre de 2019.

[13] CTE-DB-SE-AE Seguridad Estructural Acciones en la edificación. Abril 2009.

[14] CTE-DB-SE-A. Seguridad Estructural Aceros. Octubre 2007.

[15] Manual de montaje para marquesinas Aplitech Energy PMV2.

[16] Imagen obtenida de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-143-Red-de-un-semiconductor-de-Silicio-dopado-con-fosforo-tipo-N-y-con-boro\\_fig4\\_319620965](https://www.researchgate.net/figure/Figura-143-Red-de-un-semiconductor-de-Silicio-dopado-con-fosforo-tipo-N-y-con-boro_fig4_319620965)

Fecha de consulta: 21/04/2022

[17] Imagen modificada de <https://www.areatecnologia.com/electronica/union-pn.html>

Fecha de consulta: 12/05/2022

[18] Imagen obtenida de [http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home\\_main\\_frame/03\\_celula/01\\_basico/3\\_celula\\_04.htm](http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/03_celula/01_basico/3_celula_04.htm)

Fecha de consulta: 12/05/2022

[19] Imagen obtenida de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>

Fecha de consulta: 12/05/2022



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## **ANEJOS**

### **Anejo 1. Ficha técnica paneles fotovoltaicos.**

Se va a exponer la ficha técnica de los paneles fotovoltaicos utilizados en esta estructura.

### **Anejo 2. Propiedades de las correas.**

Se van a exponer las tablas facilitadas por el fabricante para la selección de las correas.


### **Anejo 3. Paneles fotovoltaicos. Funcionamiento y composición.**

Anejo 1. Ficha técnica paneles fotovoltaicos.















ND-AH330H

# ND-AH Series







330 W  
The Project Solution




**Powerful product features**

-  Guaranteed positive power tolerance (0/+5%)
-  Polycrystalline silicon photovoltaic modules
-  1,500 system voltage
-  Tested and certified TÜV, IEC/EN61215, IEC/EN61730
-  Safety class II / CE
-  Application class A
-  Fire rating class C
-  17% Module efficiency
-  17% Module efficiency
-  Robust product design
-  5 busbar technology
-  Improved reliability
-  Higher efficiency
-  Reduced series resistance

**Your solar partner for life**

-  60 years of solar expertise
-  10 YEARS Product guarantee
-  25 YEARS Linear power output guarantee
-  50 million PV modules installed
-  Local support team in Europe
-  Top PV brand award



**Energy Solutions**

**SHARP**  
Be Original.

# Diseño de un pescante configurable para diversas marquesinas fotovoltaicas

## Electrical data (STC)

ND-AH330H			
Maximum power	$P_{max}$	330	$W_p$
Open-circuit voltage	$V_{oc}$	46.2	V
Short-circuit current	$I_{sc}$	9.33	A
Voltage at point of maximum power	$V_{mpp}$	37.8	V
Current at point of maximum power	$I_{mpp}$	8.73	A
Module efficiency	$\eta_m$	17.0	%

STC = Standard Test Conditions: irradiance 1,000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, cell temperature 25 °C.  
 Rated electrical characteristics are within ±10 % of the indicated values of  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$  and 0 to +5 % of  $P_{max}$  (power measurement tolerance ±3 %).  
 Reduction of efficiency from an irradiance of 1,000 W/m<sup>2</sup> to 200 W/m<sup>2</sup> ( $T_{module} = 25 °C$ ) is less than 3%.

## Electrical data (NOCT)

ND-AH330H			
Maximum power	$P_{max}$	245.0	$W_p$
Open-circuit voltage	$V_{oc}$	42.9	V
Short-circuit current	$I_{sc}$	7.53	A
Voltage at point of maximum power	$V_{mpp}$	34.9	V
Current at point of maximum power	$I_{mpp}$	7.02	A

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) = 45 °C.  
 Irradiance = 800 W/m<sup>2</sup>, air temperature = 20 °C, wind speed = 1 m/s.

## Mechanical data

Length	1,956 mm
Width	992 mm
Depth	35 mm
Weight	22.2 kg

## Temperature coefficient

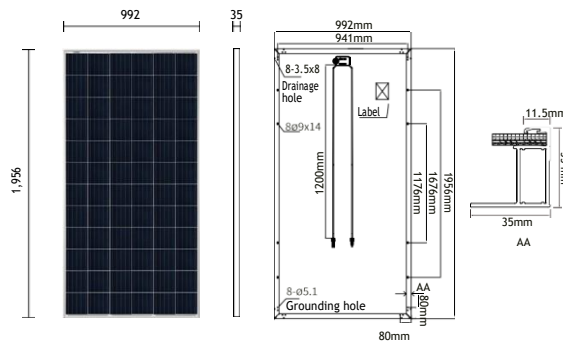
$P_{max}$	-0.39%/°C
$V_{oc}$	-0.30%/°C
$I_{sc}$	0.05%/°C

## Limit values

Maximum system voltage	1,500 VDC
Over-current protection	15 A
Temperature range	-40 to +85 °C
Max. mechanical load (snow / wind)	2,400 Pa

Tested snow load (IEC61215 test pass\*) 5,400 Pa

## Dimensions (mm)



\*Please refer to Sharp's installation manual for details.

## Packaging data

Modules per pallet	30 pcs
Pallet size (L x W x H)	1,995 m x 1,150 m x 1,123 m
Pallet weight	740 kg

## General data

Cells	polycrystalline 156.75 mm x 156.75 mm, /2 cells in series
Front glass	low iron tempered glass, 3.2 mm
Frame	anodized aluminium alloy, silver
Connection box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm <sup>2</sup> , length 1,200 mm
Connector	PV-XT101.1, SUZHOU XTONG PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY Co. Ltd

Note: Technical data is subject to change without prior notice. Before using Sharp products, please request the latest data sheet from Sharp. Sharp accepts no responsibility for damage to devices which have been equipped with Sharp products on the basis of unverified information. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed. Installation and operating instructions are to be found in the corresponding handbooks, or can be downloaded from www.sharp.eu/solar. This module should not be directly connected to a load.

NDAM33EN0119

Contact Sharp  
 SHARP Electronics GmbH  
 Energy Solutions  
 Nagelsweg 33 - 35  
 20097 Hamburg, Germany  
 T: +49 (0) 40 / 2376-2436  
 E: SolarInfo.Europe@sharp.eu

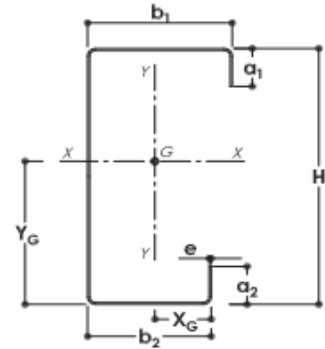
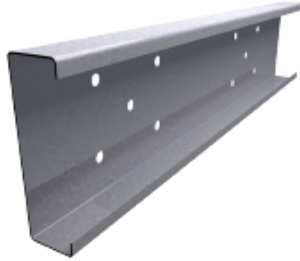
Sharp.co.uk/energysolutions | #SharpBeOriginal

**SHARP**  
 Be Original.

Anejo 2. Propiedades de las correas.

TABLE OF GROSS MECHANICAL PROPERTIES

TZ-EC PURLINS



	h	b1	b2	a1	a2	e	Area	Self Weight	Around x-x axis		Around y-y axis		CG Position			
									Ix	Wx	Iy	Wy	Yg	Xg		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm2	kg/ml	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm	
C 20/50/100/50/20 x 2	100	50	50	20	20	2,0	4,47	3,51	69,70	13,93	3,95	16,50	5,24	1,92	5,00	3,14
C 20/50/100/50/20 x 2,5						2,5	5,52	4,34	85,10	17,02	3,92	19,90	6,33	1,90	5,00	3,14
C 20/50/100/50/20 x 3						3,0	6,56	5,15	99,80	19,96	3,90	23,10	7,33	1,88	5,00	3,15
C 20/50/125/50/20 x 2	125	50	50	20	20	2,0	4,97	3,90	117,80	18,85	4,87	17,90	5,38	1,90	6,25	3,32
C 20/50/125/50/20 x 2,5						2,5	6,15	4,83	144,30	23,09	4,84	21,60	6,50	1,87	6,25	3,32
C 20/50/125/50/20 x 3						3,0	7,31	5,74	169,70	27,15	4,82	25,00	7,54	1,85	6,25	3,32
C 20/50/150/50/20 x 2	150	50	50	20	20	2,0	5,47	4,29	181,50	24,19	5,76	19,00	5,48	1,86	7,50	3,47
C 20/50/150/50/20 x 2,5						2,5	6,77	5,32	222,70	29,70	5,73	23,00	6,63	1,84	7,50	3,46
C 20/50/150/50/20 x 3						3,0	8,06	6,32	262,40	34,98	5,71	26,60	7,69	1,82	7,50	3,46
C 20/50/175/50/20 x 2	175	50	50	20	20	2,0	5,97	4,69	262,20	29,97	6,63	19,90	5,56	1,83	8,75	3,59
C 20/50/175/50/20 x 2,5						2,5	7,40	5,81	322,30	36,84	6,60	24,10	6,72	1,80	8,75	3,58
C 20/50/175/50/20 x 3						3,0	8,81	6,91	380,30	43,46	6,57	27,90	7,81	1,78	8,75	3,58
C 23/75/200/75/23 x 2	200	75	75	23	23	2,0	7,59	5,96	467,00	46,70	7,85	58,40	11,17	2,78	10,00	3,23
C 23/75/200/75/23 x 2,5						2,5	9,42	7,40	576,20	57,62	7,82	71,40	13,64	2,75	10,00	3,23
C 23/75/200/75/23 x 3						3,0	11,24	8,82	682,30	68,23	7,79	83,60	15,99	2,73	10,00	3,23
C 23/75/225/75/23 x 2	225	75	75	23	23	2,0	8,09	6,35	615,50	54,71	8,72	60,70	11,30	2,74	11,25	5,37
C 23/75/225/75/23 x 2,5						2,5	10,05	7,89	760,00	67,55	8,70	74,10	13,81	2,71	11,25	5,36
C 23/75/225/75/23 x 3						3,0	11,99	9,41	900,70	80,06	8,67	86,80	16,19	2,69	11,25	5,36
C 23/75/250/75/23 x 2	250	75	75	23	23	2,0	8,59	6,74	789,30	63,14	9,59	62,60	11,42	2,70	12,50	5,48
C 23/75/250/75/23 x 2,5						2,5	10,67	8,38	975,10	78,01	9,56	76,40	13,94	2,68	12,50	5,48
C 23/75/250/75/23 x 3						3,0	12,74	10,00	1156,50	92,52	9,53	89,60	16,35	2,65	12,50	5,48
C 23/75/275/75/23 x 2	275	75	75	23	23	2,0	9,09	7,13	989,80	71,99	10,44	64,30	11,51	2,66	13,75	5,59
C 23/75/275/75/23 x 2,5						2,5	11,30	8,87	1223,70	89,00	10,41	78,60	14,06	2,64	13,75	5,59
C 23/75/275/75/23 x 3						3,0	13,49	10,59	1452,20	105,61	10,38	92,10	16,49	2,61	13,75	5,58
C 23/75/300/75/23 x 2	300	75	75	23	23	2,0	9,59	7,53	1218,80	81,26	11,27	65,90	11,59	2,62	15,00	5,68
C 23/75/300/75/23 x 2,5						2,5	11,92	9,36	1507,50	100,50	11,24	80,50	14,16	2,60	15,00	5,68
C 23/75/300/75/23 x 3						3,0	14,24	11,18	1790,00	119,33	11,21	94,30	16,61	2,57	15,00	5,68
C 23/75/325/75/23 x 2	325	75	75	23	23	2,0	10,09	7,92	1477,80	90,94	12,10	67,30	11,67	2,58	16,25	5,77
C 23/75/325/75/23 x 2,5						2,5	12,55	9,85	1828,70	112,53	12,07	82,20	14,25	2,56	16,25	5,76
C 23/75/325/75/23 x 3						3,0	14,99	11,76	2172,20	133,68	12,04	96,30	16,72	2,53	16,25	5,76
C 23/75/350/75/23 x 2	350	75	75	23	23	2,0	10,59	8,31	1768,30	101,04	12,92	68,60	11,73	2,54	17,50	5,85
C 23/75/350/75/23 x 2,5						2,5	13,17	10,34	2189,00	125,09	12,89	83,70	14,33	2,52	17,50	5,84
C 23/75/350/75/23 x 3						3,0	15,74	12,35	2601,30	148,65	12,86	98,10	16,81	2,50	17,50	5,84

LOAD TABLE (kN/m)

TZ-EC PURLINS

DISTANCE BETWEEN SUPPORTS (m)

	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00
C 20/50/100/50/20 x 2	0,83	0,58	0,41	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/100/50/20 x 2,5	1,01	0,70	0,50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/100/50/20 x 3	1,19	0,82	0,59	0,43	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/125/50/20 x 2	1,42	0,99	0,71	0,53	0,40	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/125/50/20 x 2,5	1,74	1,21	0,87	0,64	0,49	---	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/125/50/20 x 3	2,05	1,42	1,02	0,76	0,57	0,44	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/150/50/20 x 2	1,98	1,54	1,11	0,83	0,63	0,49	---	---	---	---	---	---	---
C 20/50/150/50/20 x 2,5	2,43	1,89	1,36	1,01	0,77	0,59	0,47	---	---	---	---	---	---
C 20/50/150/50/20 x 3	2,86	2,22	1,60	1,19	0,90	0,70	0,55	0,43	---	---	---	---	---
C 20/50/175/50/20 x 2	2,46	1,94	1,56	1,21	0,92	0,71	0,56	0,45	---	---	---	---	---
C 20/50/175/50/20 x 2,5	3,02	2,38	1,92	1,48	1,13	0,88	0,69	0,55	0,45	---	---	---	---
C 20/50/175/50/20 x 3	3,56	2,80	2,26	1,75	1,33	1,03	0,81	0,65	0,52	0,43	---	---	---
C 23/75/200/75/23 x 2	3,65	2,87	2,32	1,91	1,60	1,27	1,01	0,81	0,66	0,54	0,45	---	---
C 23/75/200/75/23 x 2,5	4,61	3,63	2,93	2,41	2,02	1,58	1,25	1,00	0,82	0,67	0,55	0,46	---
C 23/75/200/75/23 x 3	5,56	4,38	3,53	2,91	2,41	1,88	1,49	1,19	0,97	0,79	0,66	0,55	0,46
C 23/75/225/75/23 x 2	4,24	3,34	2,70	2,22	1,86	1,57	1,33	1,08	0,88	0,72	0,60	0,50	0,42
C 23/75/225/75/23 x 2,5	5,40	4,25	3,43	2,82	2,36	2,00	1,66	1,34	1,09	0,90	0,75	0,62	0,52
C 23/75/225/75/23 x 3	6,51	5,13	4,14	3,40	2,85	2,42	1,98	1,60	1,30	1,07	0,89	0,74	0,62
C 23/75/250/75/23 x 2	4,70	3,70	2,99	2,46	2,06	1,75	1,50	1,30	1,12	0,93	0,77	0,65	0,55
C 23/75/250/75/23 x 2,5	6,22	4,90	3,96	3,26	2,73	2,31	1,98	1,72	1,41	1,17	0,97	0,81	0,69
C 23/75/250/75/23 x 3	7,50	5,91	4,77	3,93	3,29	2,79	2,39	2,06	1,68	1,39	1,16	0,97	0,82
C 23/75/275/75/23 x 2	5,16	4,06	3,28	2,70	2,26	1,92	1,64	1,42	1,25	1,10	0,97	0,81	0,69
C 23/75/275/75/23 x 2,5	7,08	5,58	4,51	3,71	3,11	2,64	2,26	1,96	1,72	1,48	1,23	1,03	0,88
C 23/75/275/75/23 x 3	8,55	6,74	5,44	4,48	3,75	3,18	2,73	2,37	2,07	1,76	1,47	1,23	1,04
C 23/75/300/75/23 x 2	5,61	4,42	3,57	2,94	2,46	2,09	1,79	1,55	1,36	1,19	1,06	0,94	0,85
C 23/75/300/75/23 x 2,5	7,75	6,11	4,93	4,06	3,40	2,89	2,48	2,15	1,88	1,65	1,47	1,27	1,08
C 23/75/300/75/23 x 3	9,64	7,60	6,14	5,06	4,23	3,59	3,08	2,67	2,34	2,06	1,82	1,53	1,30
C 23/75/325/75/23 x 2	6,07	4,78	3,86	3,18	2,66	2,26	1,94	1,68	1,47	1,29	1,15	1,02	0,92
C 23/75/325/75/23 x 2,5	8,37	6,60	5,33	4,39	3,68	3,12	2,68	2,32	2,03	1,79	1,59	1,42	1,27
C 23/75/325/75/23 x 3	10,79	8,50	6,87	5,66	4,74	4,02	3,45	3,00	2,62	2,31	2,05	1,83	1,59
C 23/75/350/75/23 x 2	6,52	5,14	4,15	3,42	2,86	2,43	2,08	1,80	1,58	1,39	1,23	1,10	0,98
C 23/75/350/75/23 x 2,5	9,00	7,09	5,73	4,72	3,95	3,35	2,88	2,50	2,18	1,92	1,71	1,52	1,37
C 23/75/350/75/23 x 3	11,76	9,27	7,49	6,17	5,17	4,39	3,77	3,27	2,86	2,52	2,24	2,00	1,79

NOTES:

- Conditions of the calculation: Steel S280 GD, 7% roof slope, without deflection rods. Max. deflection: L/200. Simply supported.
- Tables valid for pre-design only. The project manager must make the structural calculation according to the applicable standard in each country. Kingspan expressly declines any responsibility arising from the use of these tables.
- The values shown in the table are allowable characteristic loads, unfactored (kN/m), uniformly distributed on the purlin. Therefore, they must be compared with the addition of the characteristic linear loads (unfactored) for each particular project.
- These load tables correspond to the service stage, when the sheeting is effectively attached to the purlin and acts as a lateral restraint.
- It is considered that purlins are working only in bending and they are not part of the x-bracing system of the roof.
- It is assumed that the purlins are suspended on cleats in order to prevent web crippling of the purlins at the support.



### Anejo 3. Paneles fotovoltaicos. Funcionamiento y composición.

En primer lugar, pasaremos a explicar el funcionamiento en el que se basa una placa solar. Su finalidad es generar electricidad a partir de la energía recibida por el Sol.

Los paneles solares están formados por celdas o células solares. Dichas celdas son placas de silicio que transforman la luz solar en electricidad gracias al efecto fotoeléctrico. El silicio, al ser un metal fotoeléctrico y semiconductor, libera un electrón al incidir luz sobre él.

El silicio puro posee 4 electrones de valencia que comparte con átomos adyacentes formando enlaces covalentes. Al añadir impurezas se dopa el material, dando lugar a:

- Semiconductor extrínseco tipo N: al inyectar en la estructura átomos de fósforo (5 electrones de valencia), 4 de ellos formarán enlace con los 4 electrones del silicio y 1 electrón quedará libre. La carga añadida es por lo tanto negativa, de ahí su nombre "N".
- Semiconductor extrínseco tipo P: ahora se inyecta en la estructura átomos de boro (3 electrones de valencia). Estos 3 electrones formarán enlace con 3 del silicio. Al boro le falta un electrón para poder formar enlace con el electrón restante del silicio, que se queda sin enlazar. Aparecerá entonces un hueco que ejerce como carga positiva, de ahí su nombre "P".

La figura 69 muestra el principio explicado para los semiconductores dopados.

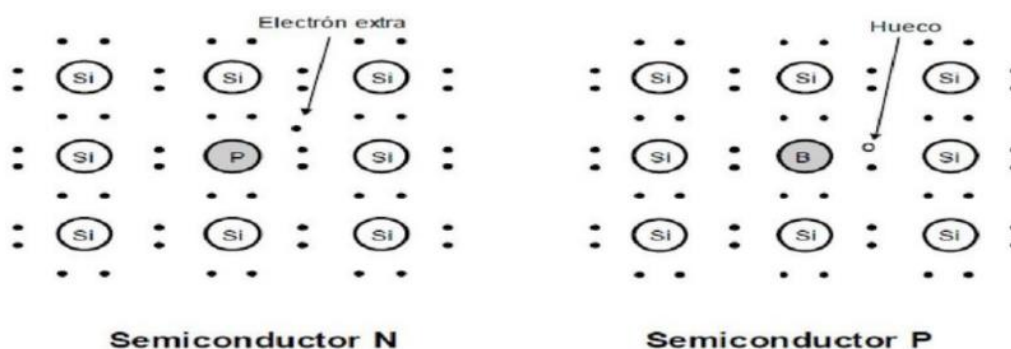


Figura 69: Silicio dopado con fósforo y boro<sup>[16]</sup>

Al unir un semiconductor tipo N con uno tipo P, se produce un paso de electrones de la zona N (con electrones sobrantes) a la zona P (con huecos para acoger dichos electrones). De igual manera los huecos se desplazan de la zona P a la zona N. Se produce en la zona intermedia una barrera de potencial debido a la mezcla de

electrones y huecos. Esta barrera impide que se mantenga el movimiento de cargas. Las cargas positivas de la zona N repelen a los huecos provenientes de P, y las cargas negativas de P repelen a los electrones que se acercan desde N. La figura 70 muestra la formación de la barrera de potencial en la zona que une P y N.

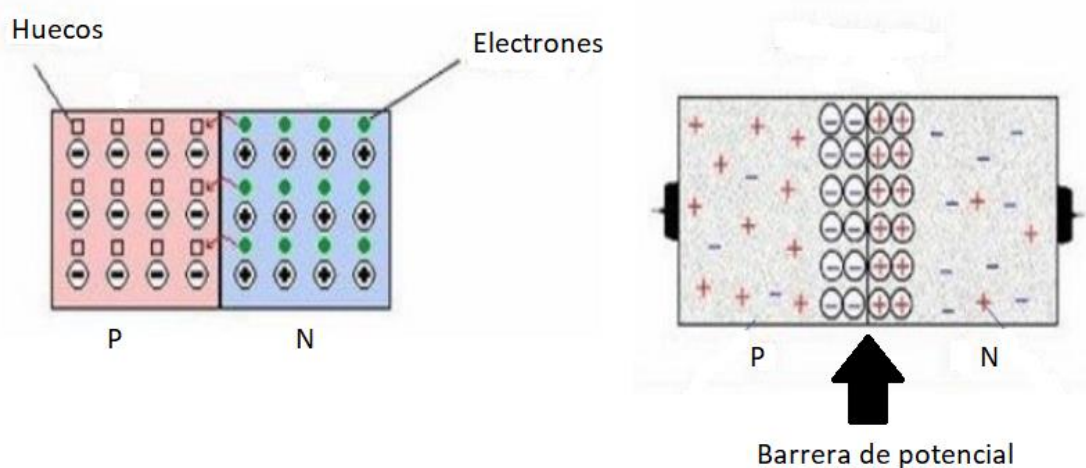


Figura 70: Formación barrera de potencial [17]

A continuación, se expone el semiconductor N a radiación solar. La llegada de fotones dará energía suficiente para que los electrones puedan superar la barrera de potencial y pasar finalmente a la zona P. La llegada de nuevos electrones provoca que esta zona P se cargue negativamente, mientras que la zona N se carga positivamente por la salida de electrones.

Los electrones que han llegado (por medio de un conductor) a P, ahora repelen a aquellos que se encuentran en la zona de la barrera de potencial, haciendo que estos pasen a la zona N. Estos electrones que pasan a la zona N se escapan por el exterior, generando así una corriente eléctrica. Uniendo la parte N y P con un receptor, la corriente eléctrica atraviesa al receptor (que puede ser una batería, como es nuestro caso).

Se muestra a continuación una secuencia de figuras (71,72 y 73) para ayudar a la comprensión de la explicación anterior. Dicha secuencia comienza con la barrera de potencial ya formada.

1. Los fotones dan energía a los electrones de la zona N para que superen la barrera de potencial y finalmente puedan llegar a P.

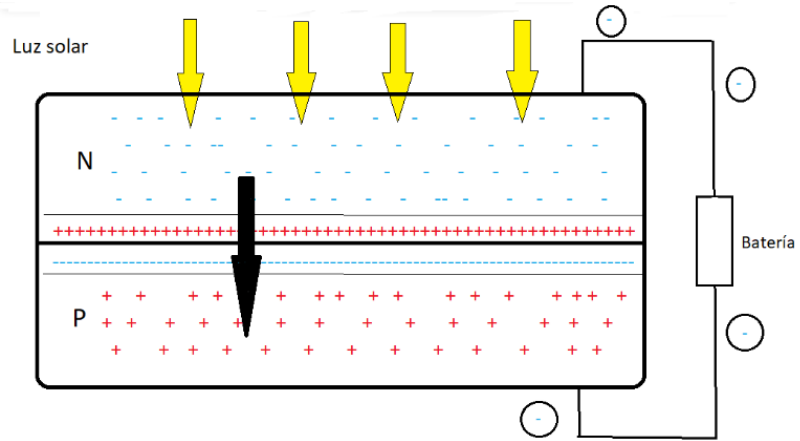


Figura 71: Paso de electrones de N a P

2. La llegada de electrones a P hace que esta zona se cargue negativamente. Los electrones que se encuentran en P repelen a los electrones de la barrera de potencial, haciendo que regresen a N.

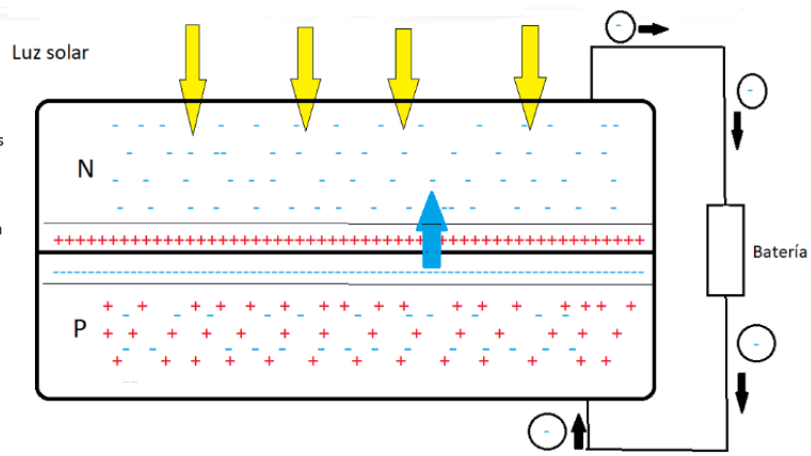


Figura 72: Electrones de la barrera pasan a P

3. Estos electrones que pasan de nuevo a la zona N, escapan por el exterior generando una corriente eléctrica.

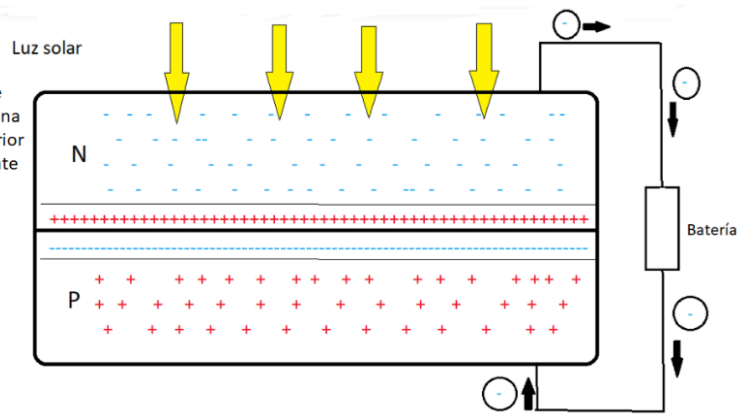


Figura 73: Los electrones generan corriente eléctrica

La capa N es muy delgada y dopada mientras que la capa P es más gruesa y está ligeramente dopada para aumentar el rendimiento de la celda. Esto se debe a que de esta manera la zona de barrera de potencial es más amplia, lo que produce una

mayor generación de corriente por la celda fotovoltaica. La figura 74 muestra la estructura de una célula fotovoltaica.

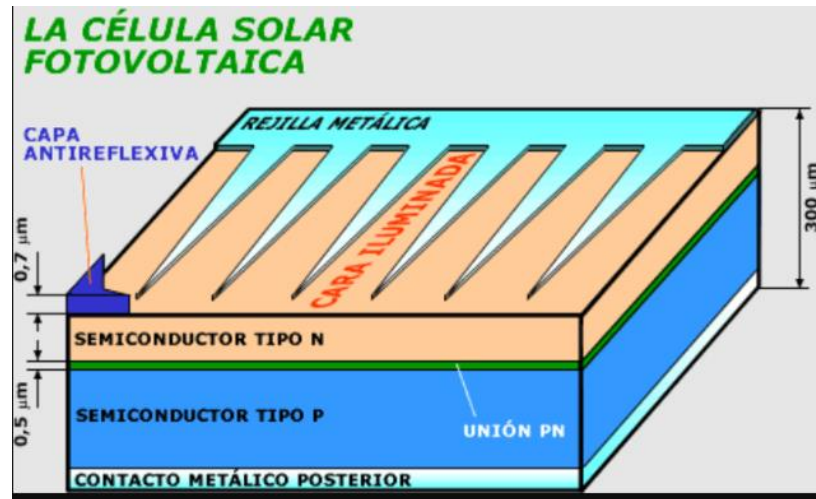


Figura 74: Estructura celda fotovoltaica [18]

Se muestra, en la figura 75, la composición de un panel solar.

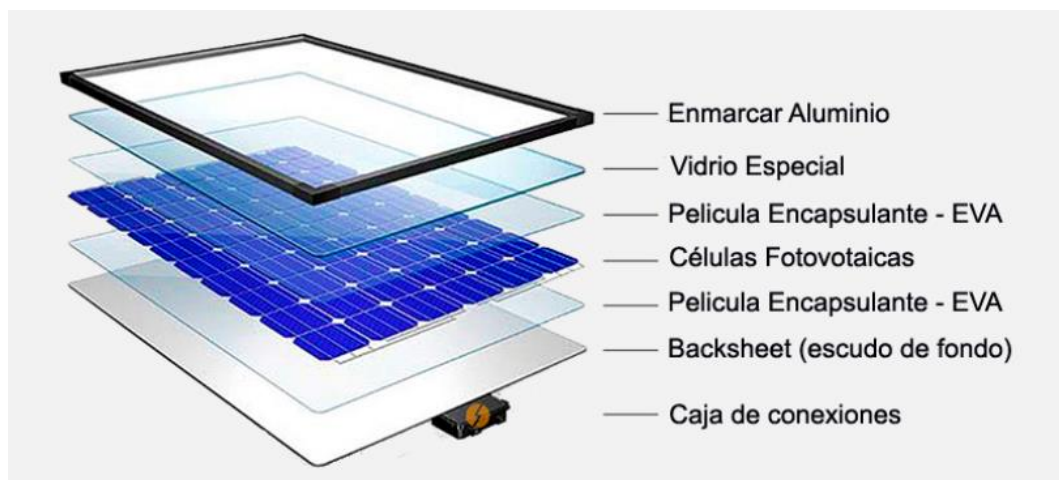


Figura 75: Composición de un panel solar [19]

Panel solar a instalar.

El panel solar seleccionado para nuestra marquesina es de la marca Sharp Electronics. Se trata del modelo ND-AH330H. Este panel está formado por 72 células en serie capaces de generar 330 W de potencia. Cuenta con unas dimensiones de 1.956 mm por 992 mm (las cuales hemos aproximado por 2.000 mm por 1.000 mm). El espesor del panel es de 35 mm. Requiere de 8 puntos de

anclaje, 4 en cada uno de los dos lados de mayor longitud. El peso de cada panel solar es de 22,2 Kg.

Desglosando la composición de la imagen anterior:

- Marco de aluminio: “anodized aluminium alloy, silver” ó aleación anodizada de aluminio, plata.
- Vidrio especial: “low iron tempered glass 3.2 mm” ó vidrio templado con bajo contenido en hierro.
- Células fotovoltaicas: “polycrystalline 156,75 mm × 156,75 mm. 72 cells in series” ó policristalinas 156,75 mm x 156,75 mm. 72 células en serie.
- Caja de conexiones: “IP68, 3 bypass diodes”.

Tal y como se dijo en el capítulo 2, seremos capaces de albergar 25 de estas placas solares en nuestra marquesina.