

**ANEJO Nº 1**  
**ESTUDIO DE SOLUCIONES**

## ÍNDICE

1.-INTRODUCCIÓN

2.-TIPOLOGÍA DE PÓRTICOS

2.1. PÓRTICO A DOS AGUAS CON TRIANGULACIÓN TIPO PRATT

2.1.1. CARACTERÍSTICAS

2.1.2. RESULTADOS

2.1.3. PUNTUACIÓN

2.2. PÓRTICO A DOS AGUAS CON TRIANGULACIÓN TIPO WARREN

2.2.1. CARACTERÍSTICAS

2.2.2. RESULTADOS

2.2.3. PUNTUACIÓN

2.3. ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ÓPTIMA

3.- SEPARACIÓN ENTRE CORREAS

4.-FORJADO

5.-CIMENTACIÓN

6.-PLACA DE ANCLAJE

## **1.- INTRODUCCIÓN**

El estudio de soluciones se plantea desde distintos puntos de vista para encontrar la tipología más adecuada para el pabellón polideportivo de este proyecto, teniendo en cuenta que se ubicará en una zona urbana.

Cabe destacar que para la realización de este proyecto nos vienen impuestas una serie de condiciones que son:

- La estructura debe ser metálica.
- Cubierta a dos aguas.
- Las dimensiones exteriores en planta de la estructura no deberán 35 m de ancho y 50 m de largo.
- La fachada se solucionará de la siguiente manera:

Las fachadas de la zona de pista están formadas por una doble fábrica de ladrillo cerámico perforado, vista al exterior y al interior. Por el interior llega hasta 3 metros, y desde esa altura una hoja de ladrillo perforado de 9 cm. de grueso, colocado a panderete y con los agujeros vistos (por acústica). Al exterior, a partir de 4 m., se soluciona con paneles de doble chapa metálica galvanizada y prelacada con poliuretano como aislamiento térmico, de 35 mm de espesor, anclados a los soportes de la estructura con una estructura auxiliar metálica.

Por lo que el estudio se centrará en:

- Tipología general de los pórticos: cuya finalidad es encontrar la tipología más óptima para el pabellón polideportivo, para lo que se tendrá en cuenta una serie de factores.
- Separación entre correas: dependerá de la luz y las cargas que sea capaz de soportar la chapa que haya que poner en la cubierta.

Los condicionantes que se tendrán en cuenta para el criterio de selección son fundamentalmente:

- Funcionales
- Técnicos
- Estéticos
- Económicos

Se elegirá la estructura que mejor cumpla los condicionantes anteriores.

Para ello se compararán los siguientes tipos estructurales:

- Estructura metálica de pórticos triangulados tipo Pratt.

-Estructura metálica de pórticos triangulados tipo Warren.

## **2.- TIPOLOGÍA DE PÓRTICOS**

Como viene impuesto indirectamente debido a las dimensiones de la parcela, el pabellón tendrá una luz de 24,79 m. y una altura libre de al menos 7 m. Para ello se utilizará una estructura triangulada con las características que se consideren más favorables a partir del siguiente Estudio de soluciones.

En este apartado se estudiará la tipología de pórticos óptima, se estudia en cada caso una estructura simplificada que consiste en un pórtico plano al que se le aplican las restricciones que el resto de la estructura impone frente a pandeo. Se emplean las cargas detalladas en el Anejo de Análisis Estructural.

Los criterios para la elección serán:

### **1. Coste de fabricación de la estructura**, que incluye:

1.1. Coste de los materiales, que es proporcional al peso de la estructura.

1.2. Coste de elaboración en taller por trabajos de corte y soldadura.

**2. Coste de la cimentación**, que será muy similar en ambos casos ya que depende de las características del terreno, que será igual en los dos, y de las cargas a transmitir a la cimentación, que sólo se diferenciará en el peso de la estructura y se llevará muy poco.

**3. Tiempo y coste de montaje de la estructura en obra.** Es un criterio de elección muy importante ya que una disminución del tiempo de montaje significará una reducción del coste de la obra, tanto en costes directos como en indirectos. Las estructuras atornilladas y aquellas con un menor número de elementos que deban montarse en obra se considerarán más favorables. Por otro lado, aquellas que tengan elementos más pesados y por tanto compliquen su puesta en obra, serán más desfavorables ya que necesitarán un mayor tiempo de colocación.

**4. Seguridad estructural.** Sea cual sea la tipología elegida, se dimensionará de forma que la estructura sea igualmente segura, por lo que este factor no se debería tener en cuenta a la hora de elegir un tipo u otro. Sin embargo, debido a la dificultad de controlar las uniones soldadas en obra, se considerará más desfavorable una estructura soldada frente a una atornillada.

**5. Factores estéticos.** Debido a que es una estructura que será utilizada como pabellón polideportivo, se tendrá en cuenta la estética de la obra. A pesar de esto, es un factor menos decisivo y está sujeto a cierta subjetividad, por lo que tiene un peso menor que los anteriores.

**6. Funcionalidad.** Sea cual sea la tipología se dimensionará de forma que se ajuste al uso para el que está prevista en cuanto a funcionalidad y durabilidad por lo que no es un factor a tener en cuenta.

La ponderación según la importancia que tendrán los aspectos anteriores es la siguiente:

		Coeficientes de ponderación
Coste de fabricación	1.1	4.5
	1.2	2.5
Coste de cimentación	2	1
Coste de montaje	3	1
Seguridad estructural	4	0.5
Factores estéticos	5	0.5

Como se puede observar, se asignará un peso del 90% de la decisión final a los condicionantes económicos.

Posteriormente, se asigna a los apartados 1, 2, 3, 4 y 5 una puntuación de 0 a 10, siendo la puntuación mayor cuanto más favorable sea la estructura, es decir, cuanto más económica, estética y de más fácil montaje, más puntuación tendrá. En cuanto a la seguridad, se asignará un valor de 10 a las estructuras atornilladas y un valor de 0 a las soldadas.

Finalmente se asignará una puntuación global a cada una de las soluciones, lo que nos permitirá elegir la tipología más óptima. Para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$P = 0.45 \times P_{1.1} + 0.25 \times P_{1.2} + 0.10 \times P_2 + 0.10 \times P_3 + 0.05 \times P_4 + 0.05 \times P_5$$

## 2.1. PÓRTICO A DOS AGUAS CON TRIANGULACIÓN TIPO PRATT

### 2.1.1. CARACTERÍSTICAS

Para este primer caso se emplean pórticos con cercha triangulada tipo Pratt. Las vigas que forma el cordón superior de la cercha estarán arriostradas cada 2.48m frente a pandeo lateral debido a la existencia de las correas, así como los pilares, que estarán arriostrados cada 2.433 m. Las correas de fachada y de cubierta se han materializado en el SAP mediante puntos a los que se les ha impedido el movimiento en dirección del eje 2, estas correas estarán compuestas por perfiles IPE 120 para la cubierta y IPE 160 para la fachada. De igual manera que las correas se han materializado los jabalcones (L50 x 5) que van desde el cordón inferior de la cercha haciéndoles coincidir con las correas de cubierta, se parados cada 4,96 m (la colocación de jabalcones es necesaria para un buen funcionamiento y resistencia de la estructura ya que con algunas combinaciones de cargas el cordón inferior de la cercha entra en compresión, esto es perjudicial en cuanto al pandeo y estos elementos arriostran al cordón inferior para evitar que entre en compresión). La pendiente de la cubierta será de un 8%. Las uniones serán soldadas.

### 2.1.2. RESULTADOS

Del cálculo de la estructura se pueden obtener las siguientes conclusiones:

-La primera solución que cumpliría las limitaciones estado límite último y de servicio sería la utilización de perfiles tubulares 140 x 140 x 8 para los cordones superior e inferior de la cercha y perfiles tubulares 60 x 60 x 5 para los montantes y diagonales y HEB280 en pilares. Los vestuarios tendrán perfiles HEB280 para los pilares y HEB400 para las vigas.

En la página siguiente se muestra la configuración empleada, en la que con los colores se observa si es poco eficiente o muy eficiente en una escala de colores el color blanco significará que es demasiado eficiente y el rojo significará que no es eficiente.

Se obtienen los siguientes datos:

Peso por pórtico: 5.186,8 kg

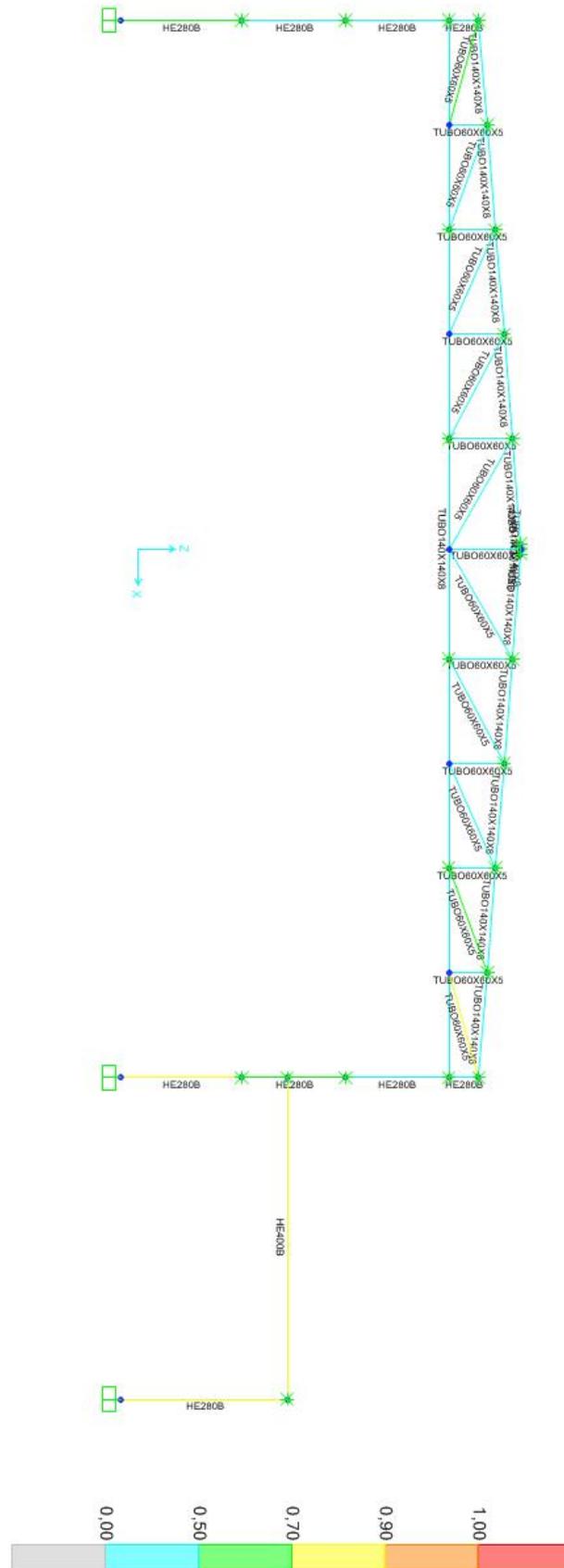
Momento transmitido a cimentación (en servicio) KNm: 92,16 KNm

### 2.1.3. PUNTUACIÓN

		Coeficientes de ponderación
Coste de fabricación	1.1	7
	1.2	6
Coste de cimentación	2	6
Coste de montaje	3	8
Seguridad estructural	4	0
Factores estéticos	5	8

La puntuación total para el pórtico a dos aguas con triangulación tipo Pratt es:

$$P = 0.45 \cdot 7 + 0.25 \cdot 6 + 0.1 \cdot 6 + 0.1 \cdot 8 + 0.05 \cdot 0 + 0.05 \cdot 8 = 6,45$$



## 2.2. PORTICO A DOS AGUAS CON TRIANGULACIÓN TIPO WARREN

### 2.2.1 CARACTERISTICAS

Para este caso se emplean pórticos con cerchas trianguladas tipo Warren. Las vigas que forman el cordón superior de la cercha estarán arriostradas cada 2.48 m frente al pandeo lateral debido a la existencia de las correas, así como los pilares, que estarán arriostrados frente al pandeo cada 2,433 m. Las correas de fachada y de cubierta se han materializado en el SAP mediante puntos a los que se les ha impedido el movimiento en dirección del eje 2, estas correas estarán compuestas por perfiles IPE 120 para la cubierta y IPE 160 para la fachada. De igual manera que las correas se han materializado los jabalcones (L50 x 5) que van desde el cordón inferior de la cercha haciéndoles coincidir con las correas de cubierta, se parados cada 4,96 m (la colocación de jabalcones es necesaria para un buen funcionamiento y resistencia de la estructura ya que con algunas combinaciones de cargas el cordón inferior de la cercha entra en compresión, esto es perjudicial en cuanto al pandeo y estos elementos arriostran al cordón inferior para evitar que entre en compresión). Las uniones serán soldadas. La pendiente de cubierta será de un 8%.

### 2.2.2. RESULTADOS

Con esta configuración, para cumplir con las limitaciones de los estados limite últimos y de servicio se podrían emplear perfiles HEB280 para los pilares y perfiles tubulares de 140 x 140 x 5 para los cordones superior e inferior de la cercha y perfiles tubulares de 60 x 60 x 5 para montantes y diagonales. El vestuario estará compuesto por pilares de HEB280 y vigas de HEB400.

En la página siguiente se mostrará la configuración empleada.

Los resultados necesarios para la comparación son:

Peso propio del pórtico: 5.156,4 Kg

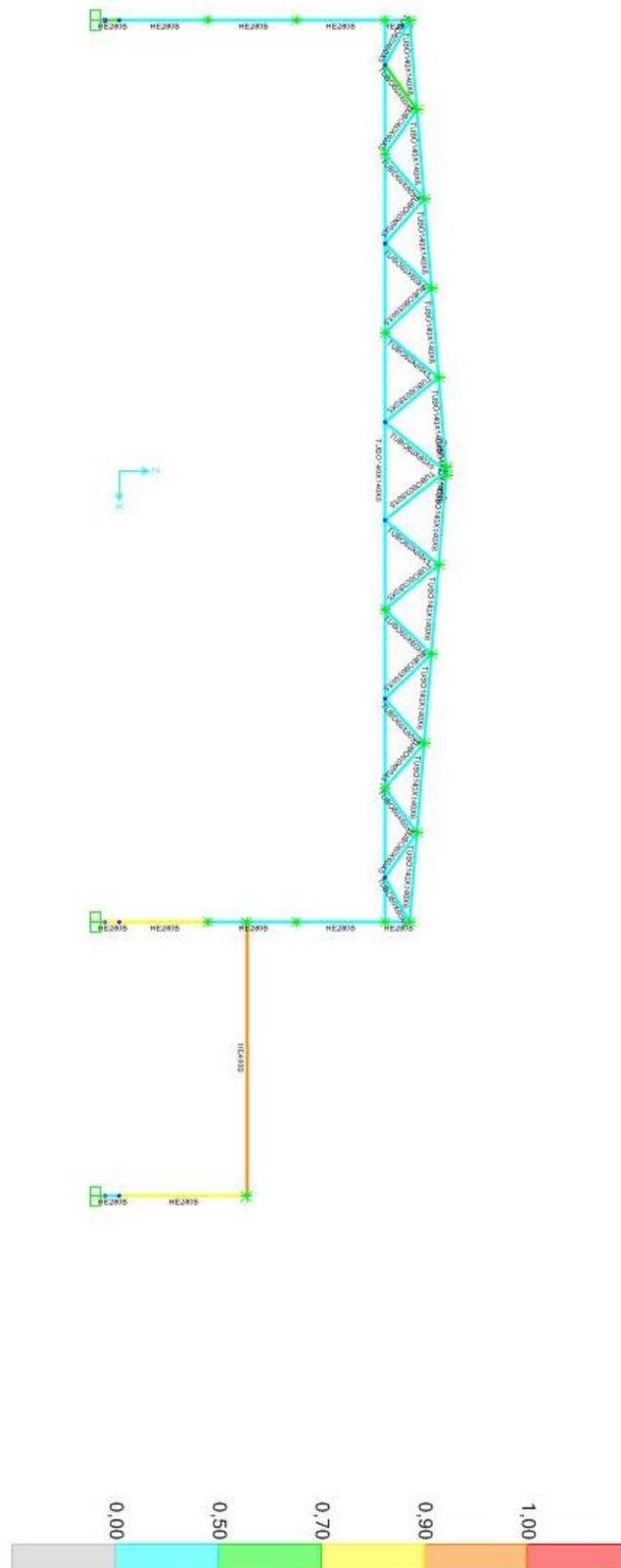
Momento transmitido a cimentación (en servicio) KNm: 95,6 KNm

### 2.2.3. PUNTUACIÓN

		Coeficientes de ponderación
Coste de fabricación	1.1	7.2
	1.2	6
Coste de cimentación	2	6
Coste de montaje	3	7.5
Seguridad estructural	4	0
Factores estéticos	5	7

La puntuación total para el pórtico a dos aguas con triangulación tipo Warren es:

$$P = 0.45 \cdot 7.2 + 0.25 \cdot 6 + 0.1 \cdot 6 + 0.1 \cdot 7.5 + 0.05 \cdot 0 + 0.05 \cdot 7 = 5,84$$



### 2.3. ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ÓPTIMA

En el siguiente cuadro se comparará la puntuación de las dos soluciones estudiadas con el fin de elegir la más óptima:

Tipología	Puntuación
Pórtico triangulado tipo Pratt	<b>6,45</b>
Pórtico triangulado tipo Warren	<b>5,84</b>

Como puede observarse en el cuadro anterior, la solución adoptada es la de pórtico triangulado tipo Pratt.

### 3.-SEPARACIÓN ENTRE CORREAS

La separación de las correas del polideportivo estará condicionada por la separación que deba de haber entre los apoyos de la chapa y por tanto por la carga que tenga que soportar ésta.

La carga que tendrá que soportar la chapa será la proporcionada por la nieve o sobrecarga (la más desfavorable ya que según el CTE no serán concomitantes) y el viento:

-Nieve= 0.2 KN/m<sup>2</sup>

-Sobrecarga= 0.4 KN/m<sup>2</sup>

-Viento: Vx1a (dirección de izquierda a derecha)

succión → cubierta a dos aguas (según zonas CTE\_SE-AE)

-q<sub>e</sub>= 1.105 KN/m<sup>2</sup>

-q<sub>e</sub>= 0.51 KN/m<sup>2</sup>

-Viento: Vx1b (dirección de izquierda a derecha)

succión → cubierta a dos aguas (según zonas CTE\_SE-AE)

-q<sub>e</sub>= 0.51 KN/m<sup>2</sup>

-Viento: Vx2a (igual que el viento Vx1a pero con dirección de derecha a izquierda)

-Viento: Vx2b ( igual que el viento Vx1b pero con dirección de derecha a izquierda)

Por lo que la carga más desfavorable que tendrá que resistir será:

-Cuando la sobrecarga de uso actúa sola:

$$0,4 \text{ KN/m}^2 = 40.77 \text{ Kg/m}^2$$

Por lo que se podrá adoptar del lado de la seguridad, una separación entre apoyos de la chapa y, por tanto, de correas de 2,5 m que soportará hasta una carga de 389 Kg/m<sup>2</sup> teniendo en cuenta que la chapa que se colocará será una chapa de panel tipo sándwich de 80 mm de espesor cuyo peso será de 11,30 Kg/m<sup>2</sup> que es igual a 0.1108KN/m<sup>2</sup>, tomando del lado de la seguridad un peso del panel de 0,2 KN/m<sup>2</sup>

CARACTERÍSTICAS DEL PANEL (Chapas de acero interior y exterior de 0.50mm/0,40mm de espesor nominal)								
Espesor del panel (mm):		30	40	50	60	80	100	120
Peso del panel (kg/m <sup>2</sup> ):		9.30	9.70	10.10	10.50	11.30	12.10	12.80
Transmitancia térmica (U)	Kcal/m <sup>2</sup> h°C	0.56	0.43	0.35	0.29	0.22	0.18	0.15
	Watt/m <sup>2</sup> °C	0.65	0.50	0.41	0.34	0.26	0.21	0.17

ESQUEMA ESTÁTICO – DOS APOYOS – Distancia entre apoyos en cm.													
Espesor del panel (mm)	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	408	355	312	249	199	165	138	117	100	87	79	–	–
40	–	394	345	310	257	212	176	152	130	114	100	84	–
50	–	–	388	347	312	265	222	192	163	141	125	97	80
60	–	–	–	383	348	318	272	233	201	172	155	120	94
80	–	–	–	–	389	353	333	292	263	233	213	169	123

#### **4.- FORJADO**

El tipo de forjado a colocar en la estructura de los vestuarios debido a las condiciones es de viguetas prefabricadas ( 20 + 5 / 56 ).

La justificación de la elección se encuentra en el Anejo de Análisis Estructural.

#### **5.- CIMENTACIÓN**

Se opta por la solución de zapatas centradas unidas por viga de atado, las zapatas irán sobre pozos de cimentación de hormigón ciclópeo, se realizarán estos pozos por la recomendación impuesta del Estudio Geotécnico, ya que el terreno natural no es competente. Se calculan distintas dimensiones de zapatas según la carga que vayan a soportar, así como los distintos armados.

Los tres tipos de zapatas obtenidas son:

-ZAPATA TIPO I: 1 m x 1 m x 0,55 m

Armado dirección longitudinal: 6Ø12

- Armado dirección transversal: 6Ø12
- ZAPATA TIPO II: 1,7 m x 1,7 m x 0,55 m
- Armado dirección longitudinal: 10Ø12
- Armado dirección transversal: 10Ø12
- ZAPATA TIPO III: 2,1 m x 2,1 m x 0,55 m
- Armado dirección longitudinal: 12Ø12
- Armado dirección transversal: 12Ø12

Ver en el Anejo de Análisis Estructural.

## **6.- PLACA DE ANCLAJE**

A continuación se va a definir las dimensiones de las diferentes placas de anclaje según el tipo de zapata, así como los pernos necesarios.

-Zapata Tipo I:

Dimensiones placa de anclaje: 0,36 x 0,36 x 0,035 m

Pernos : 4 Ø 20 B500S

-Zapata Tipo II:

Dimensiones placa de anclaje: 0,48 x 0,480 x 0,035 m

Pernos : 4 Ø 20 B500S

-Zapata Tipo III:

Dimensiones placa de anclaje: 0,48 x 0,48 x 0,035 m

Pernos : 4 Ø 20 B500S

Los cálculos realizados se explican con detalle en el Anejo de Análisis Estructural.