



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Estudio de soluciones para la estructura de la cubierta de una cancha polideportiva. T.M. San Antonio de Benageber

Memoria

Trabajo final de grado

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil

Curso:

2015/16

Centro:

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

Autor:

Sanchis García, David

Tutor:

Moragues Terrades, Juan José

Valencia, Septiembre de 2016

INDICE GENERAL:

1. MEMORIA

CAPÍTULO 1. Introducción

CAPÍTULO 2. Alternativa I. Análisis Estructura Metálica

CAPÍTULO 3. Alternativa II. Análisis Estructura Hormigón Prefabricado

CAPÍTULO 4. Valoración Económica y Justificación de la Solución Adoptada

2. ANEJOS

ANEJO I. Informe Geotécnico y Diseño de la cimentación.

ANEJO II. Cálculo Alternativa I. Estructura Metálica

ANEJO III. Cálculo Alternativa II. Estructura Hormigón Prefabricado

3. PLANOS

SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

ALTERNATIVA I. ESTRUCTURA METÁLICA (4 PLANOS)

ALTERNATIVA I. CIMENTACIÓN (2 PLANOS)

ALTERNATIVA II. ESTRUCTURA HORMIGÓN PREFABRICADO (3 PLANOS)

ALTERNATIVA II. CIMENTACIÓN (2 PLANOS)

1. MEMORIA

CAPITULO 1: Introducción

CAPITULO 2: Alternativa I. Análisis Estructura Metálica

CAPITULO 3: Alternativa II. Análisis Estructura de Hormigón Prefabricado

CAPITULO 4: Valoración Económica y Justificación de la Solución adoptada.

ÍNDICE

CAPITULO 1: Introducción.....	4
1. Objeto.....	4
2. Alcance.....	4
3. Descripción del proyecto y antecedentes.....	4
4. Situación geográfica y descripción de la parcela.....	5
5. Topografía.....	6
6. Geología y geotecnia.....	6
7. Configuración arquitectónica y disposición.....	7
7.1 Breve descripción Alternativa I. Estructura Metálica.....	8
7.2 Breve descripción Alternativa II. Estructura Hormigón prefabricado.....	8
8. Requisitos y normativa común a las diferentes soluciones estudiadas.....	9
8.1 Normativa aplicada.....	9
8.2 Bases de Cálculo.....	9
8.2.1 Capacidad portante: Combinaciones de acciones.....	9
8.2.2 Capacidad portante: Verificación Estabilidad.....	10
8.2.3 Capacidad portante: Verificación Resistencia del material.....	10
8.2.4 Aptitud al servicio: Combinación de acciones.....	10
8.2.5 Aptitud al servicio: Flechas.....	11
8.2.6 Aptitud al servicio: Desplazamientos horizontales.....	11
8.3 Coeficientes de seguridad de las acciones.....	11
8.3.1 Coeficientes de seguridad de las acciones: Elementos metálicos.....	11
8.3.2 Coeficientes de seguridad de las acciones: Elementos de hormigón.....	12
8.4 Descripción de las propiedades del hormigón estructural.....	13
8.5 Nuevo Metal 3D de Cype ingenieros.....	13
8.6 Acciones.....	14
8.6.1 Cargas Variables.....	15
8.6.2 Sismo.....	17
8.7 Combinación de acciones.....	17
8.7.1 Estado límite de rotura del hormigón.....	18
8.7.2 Estado límite de rotura del Acero.....	21

CAPITULO 2: Alternativa I. Análisis Estructura metálica.....	24
1. Descripción de la estructura	24
1.1 Configuración arquitectónica y disposición.....	24
1.2 Normativa específica aplicada.....	25
1.3 Descripción del material: características y coeficientes de seguridad.....	26
1.3.1 Descripción de las propiedades del acero estructural.....	26
1.3.2 Coeficientes de seguridad del acero estructural	26
2. Descripción de las unidades estructurales diseñadas	26
2.1 Pórticos.....	26
2.2 Cubierta.....	27
2.3 Correas.....	28
2.4 Jácenas.....	28
2.5 Pilares.....	29
2.6 Arrostramiento.....	29
2.6.1 Arrostramiento vertical en fachada lateral.....	29
2.6.2 Arrostramiento de la cubierta.....	30
2.6.3 Arrostramiento de las correas.....	30
2.7 Uniones.....	31
2.7.1 Unión Jácena-Pilar.....	31
2.7.2 Unión Central de la Jácena.....	32
2.7.3 Unión Correa-Jácena.....	33
2.7.4 Unión cubierta de chapa grecada y correas.....	33
2.7.5 Unión articulada en la base del pilar.....	34
2.7.6 Placa de anclaje.....	34
2.8 Cimentaciones.....	35
2.8.1 Zapata Aislada.....	35
2.8.2 Zapata Combinada.....	35
2.8.3 Viga de atado.....	36
2.9 Instalaciones auxiliares.....	36
2.9.1 Canalón de Desagüe.....	36
2.9.2 Parasol.....	36
2.9.3 Solera.....	36
3. Metodología de cálculo y dimensionamiento de las unidades estructurales.....	38
3.1 Análisis de cálculo empleado.....	38
3.2 Introducción de datos en el programa de cálculo ‘Nuevo Metal 3D’ de Cype.....	39
3.2.1 Normativa considerada por Cype.....	39
3.2.2 Acciones.....	40
3.2.3 Geometría y descripción de las barras.....	41
3.2.4 Vinculaciones.....	42
3.2.5 Longitudes de pandeo.....	44
3.2.6 Flechas.....	46
3.2.7 Introducción de las cargas.....	46

4. Evaluación de los resultados obtenidos por el programa de cálculo.....	46
4.1 Envoltentes y deformada en pórticos.....	47
4.2 Envoltentes y deformada en correas.....	51
5. Conclusiones.....	53

CAPITULO 3: Alternativa II. Análisis Estructura de Hormigón Prefabricado.....54

1. Descripción de la estructura	54
1.1 Configuración arquitectónica y disposición.....	54
2. Descripción de las unidades estructurales diseñadas.....	55
2.1 Pórticos.....	55
2.2 Cubierta.....	56
2.3 Correas.....	56
2.4 Vigas Portacanalón.....	57
2.5 Pilares.....	58
2.6 Dintel.....	58
2.7 Uniones.....	59
2.7.1 Unión Dintel-Pilar-Viga Portacanalón.....	59
2.7.2 Unión Correas-Dintel.....	60
2.7.3 Empotramiento en cimentaciones.....	60
2.8.1 Cáliz de cimentación aislado.....	61
2.8.2 Cáliz de cimentación combinado.....	62
2.9 Instalaciones auxiliares.....	62
2.9.1 Canalón de Desagüe.....	62
2.9.2 Parasol.....	62
2.9.3 Solera.....	63
4. Metodología de cálculo y dimensionamiento unidades estructurales.	64
4.1 Análisis de cálculo empleado.....	64
4.2 Introducción de datos en el programa de cálculo 'Nuevo Metal 3D' de Cype.	64
4.3.1 Normativa considerada por Cype.....	65
4.3.2 Geometría y descripción de las barras.....	65
4.3.3 Vinculaciones.....	68
4.3.4 Flechas.....	69
4.3.5 Introducción de las cargas.....	69
5. Evaluación de los resultados obtenidos por el programa de cálculo.....	70
5.1 Envoltentes y deformada en pórticos.....	70
5.2 Envoltentes y deformada en correas.....	72
6. Conclusiones.....	74

CAPITULO 4: Valoración económica y justificación de la solución adoptada.....	75
1. Introducción.....	75
2. Valoración Económica de la alternativa I.....	75
2.1 Cálculo de precios orientativos.....	75
2.1.1 Acero laminado.....	75
2.1.2 Placas de anclaje.....	76
2.1.3 Cimentación.....	77
2.1.4 Cubierta de chapa grecada.....	77
2.1.5 Equipamiento.....	77
2.2 Resultado de la Valoración.....	78
3. Valoración Económica de la alternativa II.....	78
3.1 Cálculo de precios orientativos.....	78
3.1.1 Pilares EP44.....	78
3.1.2 Vigas Dalla AL30.....	78
3.1.3 Vigas Portacanalón CH4.....	79
3.1.4 Vigas Delta 2 pretensadas.....	79
3.1.5 Cimentación.....	79
3.1.6 Cubierta de chapa grecada.....	79
3.1.7 Equipamiento.....	79
3.2 Resultado de la Valoración.....	80
4. Solución Adoptada.....	81
4.1 Criterio económico.....	81
4.2 Criterio Funcional.....	81
4.3 Criterio Estético.....	81
BILIOGRAFÍA.....	82

CAPITULO 1: Introducción.

1. Objeto

Se ha redactado parte de un proyecto básico de una cancha deportiva con cubierta, centrando el trabajo en el proyecto de ingeniería estructural. Se han propuesto varias alternativas atendiendo a los materiales a emplear: acero u hormigón prefabricado. El criterio de diseño que predominará será el económico.

Se ha llevado a cabo el estudio de diseño y análisis estructural de los elementos que constituyen dos cubiertas de planta rectangular, la primera formada por elementos metálicos, y la segunda por elementos de hormigón prefabricado.

2. Alcance

El alcance del trabajo incluye la configuración espacial y arquitectónica del proyecto, el cual se ha definido únicamente a nivel de proyecto básico. Se ha resuelto el diseño conjunto del edificio y se han planteado las diversas propuestas sujetas de cálculo y estudio. Cada una de estas soluciones está condicionada por el material a emplear en su construcción.

Una vez realizado el encaje general de la cancha deportiva, de cada una de las propuestas, se ha desarrollado de forma completa la parte constructiva relativa a la estructura principal del edificio, pilares y cubierta, incluyendo el análisis y dimensionamiento de los elementos estructurales y su cimentación.

Se valorarán dichos elementos y se especificarán las prescripciones técnicas para su ejecución.

3. Descripción del proyecto y antecedentes

Existe una necesidad vigente de instalaciones de uso deportivo y ocio, en el municipio de San Antonio de Benageber en Valencia. El Ayuntamiento del mismo, tenía previsto suplir este déficit una vez terminadas las obras de un proyecto anterior, cuya ejecución vio forzada a detenerse debido a una falta de fondos. Las complicaciones económicas que atravesó el Ayuntamiento de San Antonio de Benageber en el año 2011, supusieron la detención de la obra, quedando a medio construir y dejando tan solo el esqueleto estructural de los dos primeros forjados.

El proyecto anterior consistía en un conjunto polideportivo completamente equipado formado por un pabellón, un edificio anexo y tres canchas deportivas exteriores. El edificio anexo, contaba con zona de oficinas destinadas a la gestión y administración del mismo y una zona de vestuarios. El pabellón albergaba una cancha multideportiva con gradas y un teatro subterráneo.

Dado que el órgano promotor aún no ha encontrado los recursos para finalizar la obra, y no se espera que se encuentren en un corto o medio plazo, se propone subdividir la parcela y aprovechar la parte de la misma que no ha quedado ocupada por los forjados del edificio de oficinas no terminado.

En la parte de la parcela disponible ejecutaremos las 3 canchas deportivas ya proyectadas, con el añadido de procurar una cubierta a las mismas para dotarlas de un uso permanente, independientemente de las inclemencias del tiempo.

La intención del presente proyecto será por lo tanto ofrecer un servicio parcial hasta que puedan retomarse las obras del proyecto inicial.

Puesto que la situación económica no es propicia y a pesar de tratarse de un proyecto de considerable menor coste que el anterior, tan solo proyectaremos una de las cubiertas por el momento: la cancha situada en el extremo norte. Hasta que el ayuntamiento disponga de más fondos no se proyectarán el resto de cubiertas, pero si se dejarán previstas las zapatas que puedan compartir cargas en el proyecto.

Las dos alternativas que van a proponerse, serán una primera formada por 9 pórticos metálicos, y la segunda, una estructura de hormigón prefabricado con un total de 5 pórticos.

En los siguientes capítulos se detalla el diseño de cada una de las dos propuestas, que serán sometidas a una posterior valoración, principalmente económica, para determinar su ejecución.

4. Situación geográfica y descripción de la parcela

Las canchas deportivas se ubicarán en la parcela situada en el cruce entre la calle Fotja y la avenida Ocho de Abril, del municipio de San Antonio de Benageber en Valencia. Como ya se ha dicho el proyecto ocupará la mitad Este de dicha parcela, que quedó a medio construir.

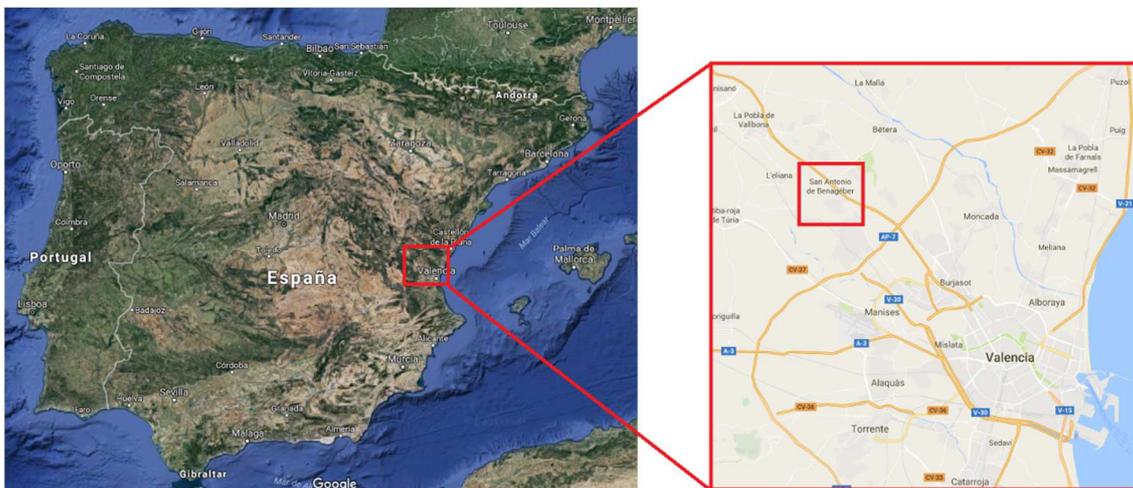


Figura 1.1 Localización y emplazamiento Fuente: Google Maps.

En la siguiente imagen se muestra disposición y ocupación de la parcela, además de las estructuras colindantes.

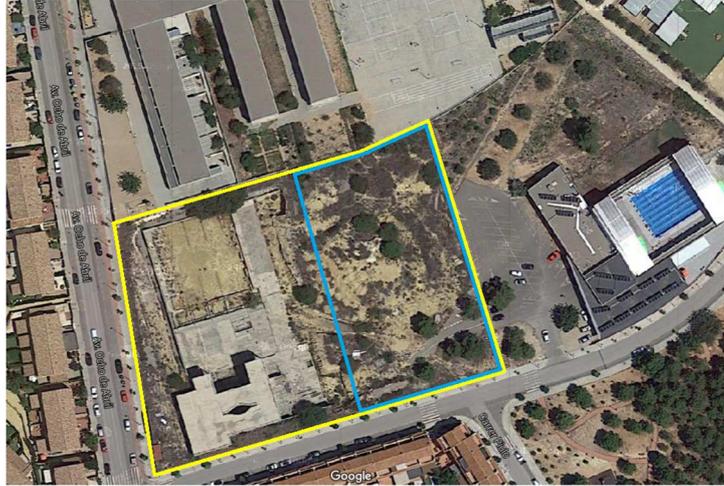


Figura 2.2 Vista Satélite de la Parcela Fuente: Google Maps.

El tamaño total de la parcela es de 10775 m², y la zona que ocuparemos, sombreada en azul, tiene un tamaño de 5040m², de 56x90m. Dicha parcela se encuentra calificada como suelo dotacional.

La parcela contigua, al Este, está ocupada por la piscina municipal y un parking público. La otra parcela contigua, situada al Norte, corresponde con el instituto del municipio.

Existen muy buenos accesos por carretera a la obra, es posible llegar al municipio a través de la pista de Ademúz, carretera CV-35. Desde la autovía, es posible acceder al recinto a través de carreteras interurbanas en menos de 10 minutos.

En los planos adjuntos de 'Situación y Emplazamiento', se describe de forma detallada su ubicación.

5. Topografía

La topografía de nuestra parcela es uniforme. Durante la ejecución del polideportivo anterior, ya se realizaron todas las tareas de desbroce y nivelado, por lo que no existen desniveles visibles que puedan perjudicar el normal desarrollo de la obra.

6. Geología y geotecnia

Los materiales que conforman el terreno sobre el que vamos a cimentar la estructura son fundamentalmente arcillas. No se ha detectado la presencia de nivel freático a más de 10,5m de la superficie.

Todo lo referente a la geología y geotecnia que presenta detallado en el anejo geológico adjunto al proyecto.

7. Configuración arquitectónica y disposición

A continuación se presentan ambas estructuras como la disposición en planta donde irán ubicada la alternativa que finalmente se ha dispuesto.

Se presenta primero un plano en planta donde irán dispuestas las 3 canchas deportivas, y se indica cual será la primera en ejecutarse, objeto de este trabajo.

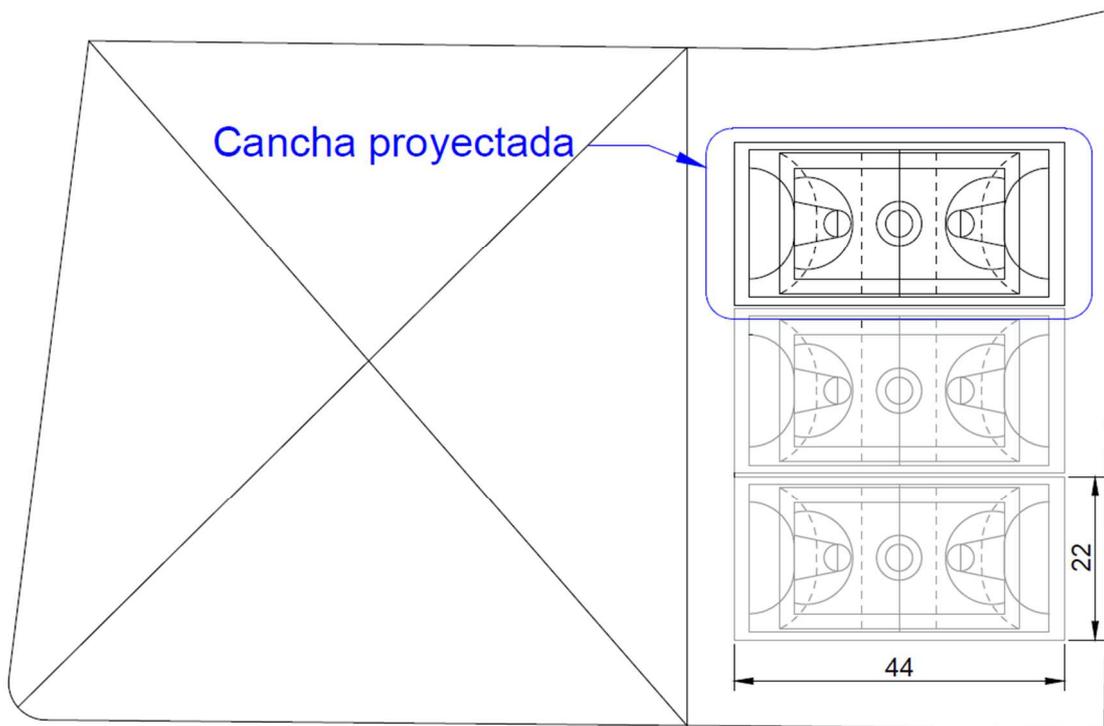


Figura 1.3 Distribución en planta de las canchas deportivas proyectadas. Fuente: Propia

7.1 Breve descripción Alternativa I. Estructura Metálica

La estructura constará de 9 pórticos biarticulados, con refuerzos de cartelas. La cubierta apoyará sobre correas separadas 2,2m entre sí. En el Capítulo 2. Se describe en detalle la cada uno de los elementos que componen la estructura.

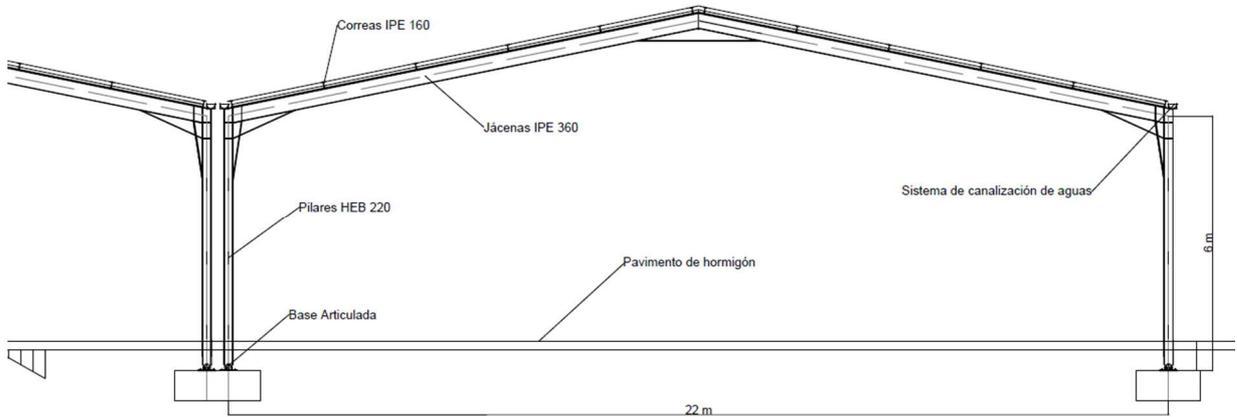


Figura 1.4 Croquis Pórtico Tipo Alternativa I. Estructura metálica. Fuente: Propia

7.2 Breve descripción Alternativa II. Estructura Hormigón prefabricado

Las estructuras de Hormigón permiten mayores luces, por lo que, la estructura de hormigón prefabricado consta de 5 pórticos con un total de 6 Vigas Dalla y 2 Vigas Portacanalón que apoyan sobre ella. Para la elección de los elementos que conforman la nave, se ha escogido el catálogo de Prainsa, que será la empresa suministradora en este caso.

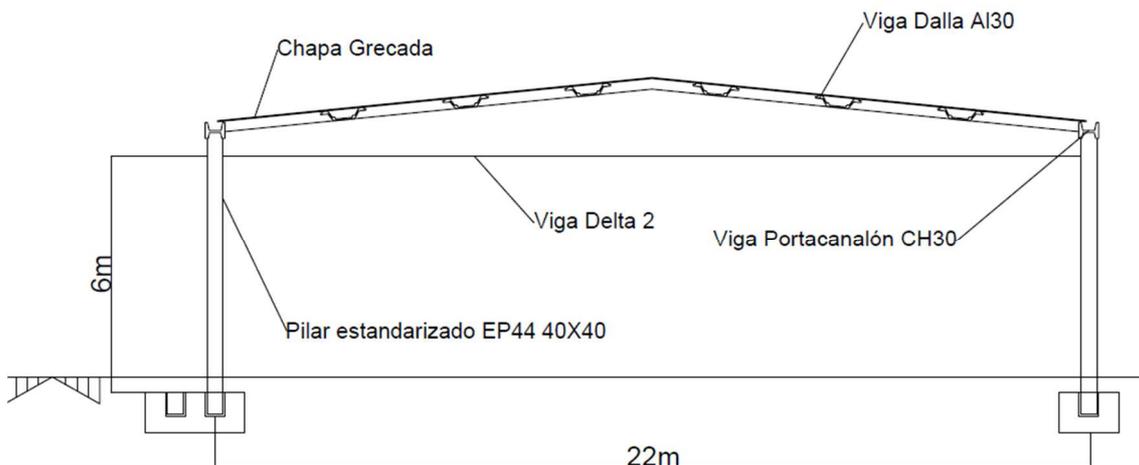


Figura 1.5 Croquis Pórtico Tipo Alternativa II. Estructura Hormigón Prefabricado. Fuente: Propia

8. Requisitos y normativa común a las diferentes soluciones estudiadas.

En este apartado se incluirán todos los aspectos en común que guardan ambas estructuras, con el propósito de evitar la repetición de información y facilitar la comprensión del trabajo.

8.1 Normativa aplicada

En el desarrollo de ambas estructuras, tanto para la cubierta metálica, como para la estructura de hormigón prefabricado, se han tenido en cuenta las siguientes normas y disposiciones legales, en algún punto de su diseño.

- *Código técnico de la edificación (CTE)*, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y posteriores modificaciones aprobadas en el Real Decreto 1371/2007 de 19 de octubre, el Real Decreto 1675/2008 de 17 de octubre, y el Real Decreto 173/2012 de 19 de febrero, destacándose los siguientes Documentos Básicos: *Seguridad Estructural. (DB SE)*, *Seguridad Estructural: Acciones en la Edificación. (DB SE-AE)*, *Seguridad Estructural: Cimientos. (DB SE-C)*.

- *Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)*, aprobado por el Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.

- *Normas de construcción sismorresistente (NCSE-02)*. Ministerio de fomento. Aprobada por el Real Decreto 997/2002, el 27 de Septiembre del 2002.

8.2 Bases de Cálculo

8.2.1 Capacidad portante: Combinaciones de acciones

Las combinaciones de acciones en Estado Límite Último serán las recogidas por el DB-SE-Seguridad Estructural, apartado '4. Verificaciones basadas en coeficientes parciales'.

Situación permanente o transitoria

La expresión empleada para determinar las combinaciones de acciones ha sido:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Situación accidental por acción de un sismo

La expresión para determinar la combinación de carga ha sido:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Para conocer todas las combinaciones de acciones con sus respectivos coeficientes introducidos en el programa de cálculo, acuda al apartado '8.6.3 Combinaciones de acciones' de este mismo capítulo. Los coeficientes empleados en las acciones están descritos en el apartado '8.3 Coeficientes de seguridad de las acciones'.

8.2.2 Capacidad portante: Verificación Estabilidad

Atendiendo al criterio marcado por el apartado '4.2.1 del DB-SE-Seguridad estructural', se considera que hay suficiente estabilidad al conjunto del edificio, o de una parte independiente del mismo, si para todas las situaciones de dimensionado se cumple:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

Donde:

$E_{d,dst}$ Valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stab}$ Valor de cálculo de las acciones estabilizadoras

8.2.3 Capacidad portante: Verificación Resistencia del material

Atendiendo al criterio marcado por el apartado '4.2.1 del DB-SE-Seguridad estructural', se considera que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de un elemento estructural, sección o unión, si para todas las situaciones de dimensionado se cumple:

$$E_d \leq R_d$$

Donde:

E_d Valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d Valor de cálculo de la Resistencia correspondiente

8.2.4 Aptitud al servicio: Combinación de acciones

Las combinaciones de acciones en Estado Límite de servicio serán las recogidas por el DB-SE-Seguridad Estructural, apartado '4. Verificaciones basadas en coeficientes parciales'.

Combinación de acciones Característico

Para dicha combinación de acciones emplearemos la siguiente expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinación de acciones frecuente

Para dicha combinación de acciones emplearemos la siguiente expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Combinación de acciones casi permanente

Para dicha combinación de acciones emplearemos la siguiente expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Para conocer todas las combinaciones de acciones con sus respectivos coeficientes introducidos en el programa de cálculo, acuda al 'Anejo de Cálculos: apartado 2.1. Combinaciones de acciones'. Los coeficientes empleados en las acciones están descritos en el apartado '2.3 Coeficientes de seguridad de las acciones'.

8.2.5 Aptitud al servicio: Flechas

Según lo dispuesto en el apartado 4.3.3.1 del DB-SE-Seguridad estructural, para una combinación de acciones característica, tras la puesta en obra de los elementos estructurales que conforman nuestra obra, la flecha relativa deberá ser menor que 1/300.

Para considerar la apariencia de la obra, consideraremos, para una combinación de acciones casi permanente, una flecha relativa de 1/300 también. Por lo tanto deberemos comprobar las flechas relativas tanto para las jácenas, como para las correas

8.2.6 Aptitud al servicio: Desplazamientos horizontales

Según lo dispuesto en el apartado 4.3.3.2 del DB-SE-Seguridad estructural, para una combinación de acciones característica, los desplomes deberán ser menores que:

-1/500 de la altura total del edificio, para la comprobación del desplome total.

-1/250 de la altura de la planta, para la comprobación de desplome local.

8.3 Coeficientes de seguridad de las acciones

En el siguiente apartado se describirán los coeficientes de seguridad de las acciones dependiendo de la tipología estructural de cada elemento.

Para el caso de elementos metálicos de la alternativa I. se han empleado los coeficientes que fija el CTE-DB-SE. En el caso de las cimentaciones, o de los elementos de hormigón prefabricado, los coeficientes de seguridad empleados serán aquellos que marque la EHE-08.

8.3.1 Coeficientes de seguridad de las acciones: Elementos metálicos

A continuación mostramos los coeficientes parciales de seguridad para las acciones (γ) consultados en la tabla 4.1 de dicho apartado del Código técnico de la edificación. Empleados para el cálculo de los elementos metálicos.

Tipo de acción para verificación de resistencia	Situación persistente o transitoria	
	Desfavorable	Favorable
Permanente: peso propio	1.35	0.80
Variable: Sobrecarga de uso, Nieve y viento	1.50	0

Tabla 3.1 Coeficientes parciales de seguridad para las acciones Fuente: DB-SE-Seguridad Estructural

Los coeficientes de simultaneidad han sido consultados en la tabla 4.2 de la misma norma.

Coeficientes de simultaneidad			
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de Uso: Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Sobrecarga de Nieve: Para altitudes menores de 1000m	0.5	0.2	0
Sobrecarga de Viento	0.6	0.5	0

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad Fuente: DB-SE-Seguridad Estructural

8.3.2 Coeficientes de seguridad de las acciones: Elementos de Hormigón

Por otra parte, los elementos de hormigón, es decir, las zapatas, así como los elementos prefabricados de la segunda alternativa han debido calcularse empleando los coeficientes de seguridad de las acciones adjuntos en la tabla 12.1.a y 12.2.a de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Tipo de acción para verificación de resistencia	Situación persistente o transitoria	
	Desfavorable	Favorable
Permanente: peso propio	1.35	1
Variable: Sobrecarga de uso, Nieve y viento	1.50	0

Tabla 5.3 Coeficientes parciales de seguridad para las acciones Fuente: EHE-08

Los coeficientes de simultaneidad han sido consultados en la tabla 4.2 del DB-SE-Seguridad estructural.

Coeficientes de simultaneidad			
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de Uso: Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Sobrecarga de Nieve: Para altitudes menores de 1000m	0.5	0.2	0
Sobrecarga de Viento	0.6	0.5	0

Tabla 6.4 Coeficientes de simultaneidad Fuente: EHE-08

8.4 Descripción de las propiedades del hormigón estructural

Las cimentaciones son las únicas ejecutadas con hormigón armado. Se trata de hormigón fabricado en planta y colocado in situ directamente sobre el terreno. Se muestran las características del mismo en la siguiente tabla.

Hormigón Armado (HA-30)	
La densidad	$\rho=2400\text{kg/m}^3$
Resistencia característica a compresión ensayado en probeta cilíndrica a 28 días	$f_{ck}=30\text{MPa}$
Límite elástico característico del acero de la armadura cortante	$f_{yk}=500\text{MPa}$

Tabla 7.5 Características del hormigón Fuente: Propia

A continuación mostramos los coeficientes de seguridad del hormigón armado que empleado en el cálculo.

Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero γ_s
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

Tabla 8.6 Coeficientes de seguridad hormigón armado Fuente: EHE-08

8.5 Nuevo Metal 3D de Cype ingenieros

Para realizar el análisis de nuestra estructura se ha empleado como herramienta de cálculo una herramienta ampliamente extendida en el mercado, llamada CYPE Ingenieros. Cype Ingenieros es un software que consta de numerosos módulos con el cual el proyectista puede realizar tanto el cálculo de la estructura, como los cuadros de precios, instalaciones eléctricas, saneamiento...y otras aplicaciones que pueden consultarse acudiendo a su página web.

De todos los módulos que posee CYPE, el empleado por el alumno para calcular la estructura metálica, ha sido el llamado 'Nuevo Metal 3D'.

Nuevo Metal 3D permite realizar cálculos de primer orden lineales, tratando a la estructura, como barras rectas unidas por nudos. El programa también ejecuta las comprobaciones de agotamiento de las secciones, así como las limitaciones de flecha, de acuerdo con un amplio espectro de normativas, entre ellas la empleada por el alumno, la CTE.

Una de las ventajas que ofrece el programa, es que permite dimensionar de forma rápida los perfiles y proporciona anejos de cálculos ya redactados de cada una de las unidades estructurales. En nuestro caso, tan solo se han adjuntado dichos listados, las comprobaciones se han realizado a mano.

Cabe añadir, que programa 'Nuevo Metal 3D' de Cype Ingenieros permite introducir de una forma muy intuitiva toda la geometría y las cargas de nuestra estructura, además ofrece una vista 3D que permite al usuario comprobar que la disposición de todos los elementos y que la introducción de datos es correcta.

8.6 Acciones

En el presente apartado mencionaremos las acciones que solicitan a nuestra estructura según lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico: Seguridad Estructural: Acciones en la Edificación, (DB SE-AE).

→Cargas permanentes:

Peso propio de las unidades estructurales

Peso propio de las chapas de acero liso para la cubierta

→Cargas Variables

Sobrecarga de Uso

Nieve

Viento

→Cargas accidentales: sismo

Para conocer en detalle el cálculo de cada una de las cargas así como su distribución en cada una de las unidades estructurales de cada una de las cubiertas, será necesario acudir a cada uno de los anejos de cálculo de las cubiertas.

A continuación se describen las cargas variables, así como, las hipótesis de carga consideradas en el cálculo.

8.6.1 Cargas Variables

Las cargas variables, a diferencia de las cargas permanentes, si se han considerado las distintas disposiciones que pueden ocupar.

En el caso de las sobrecargas de uso se ha supuesto uniforme en toda la cubierta como una sola acción.

a) Sobrecargas de Nieve

Para el caso de las sobrecargas por nieve, si se han considerado 3 distintas disposiciones incompatibles entre sí. Las distintas disposiciones han sido:

- Distribución de la sobrecarga de nieve a ambos lados de la cubierta. (Nieve 1)
- Distribución de la sobrecarga de nieve en el lado izquierdo de la cubierta. (Nieve 2)
- Distribución de la sobrecarga de nieve en el lado derecho de la cubierta. (Nieve 3)

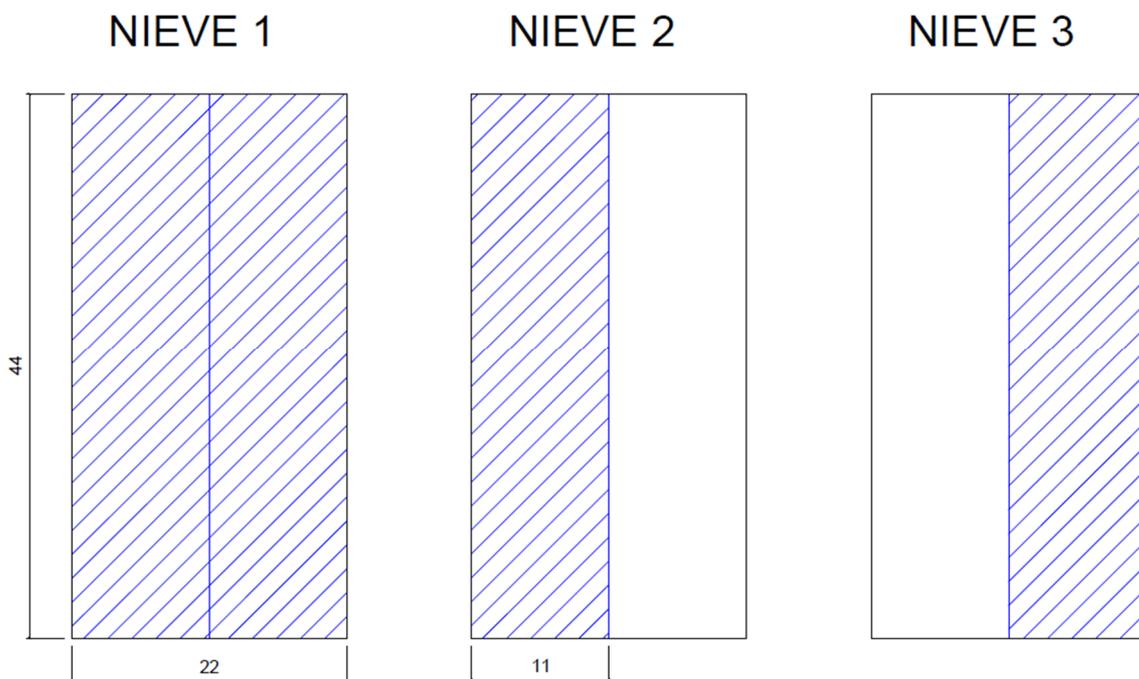


Figura 1.6 Distribución de cargas de Nieve. Fuente: Propia

b) Sobrecargas de Viento

En el caso del viento, se han supuesto un total de 6 disposiciones de carga, también incompatibles entre sí, en función de la dirección en la que actúa el viento sobre la cubierta. En nuestro caso, bastaba con considerar las dos direcciones normales que han provocan los esfuerzos más desfavorables sobre nuestra estructura, las cuales son perpendiculares a la dirección de cada una de las fachadas. También hemos considerado si las fuerzas que actuaban sobre nuestra cubierta provocaban el levantamiento o el hundimiento de la misma. Las distintas disposiciones han sido:

- Viento a 0° , actuando sobre la fachada larga, a máxima presión. (Viento 1)
- Viento a 0° , actuando sobre la fachada larga, a máxima succión. (Viento 2)
- Viento a 180° , actuando sobre la fachada larga, a máxima presión. (Viento 3)
- Viento a 180° , actuando sobre la fachada larga, a máxima succión. (Viento 4)
- Viento a 90° , actuando sobre la fachada corta, a máxima succión. (Viento 5)
- Viento a 270° , actuando sobre la fachada corta, a máxima succión. (Viento 6)

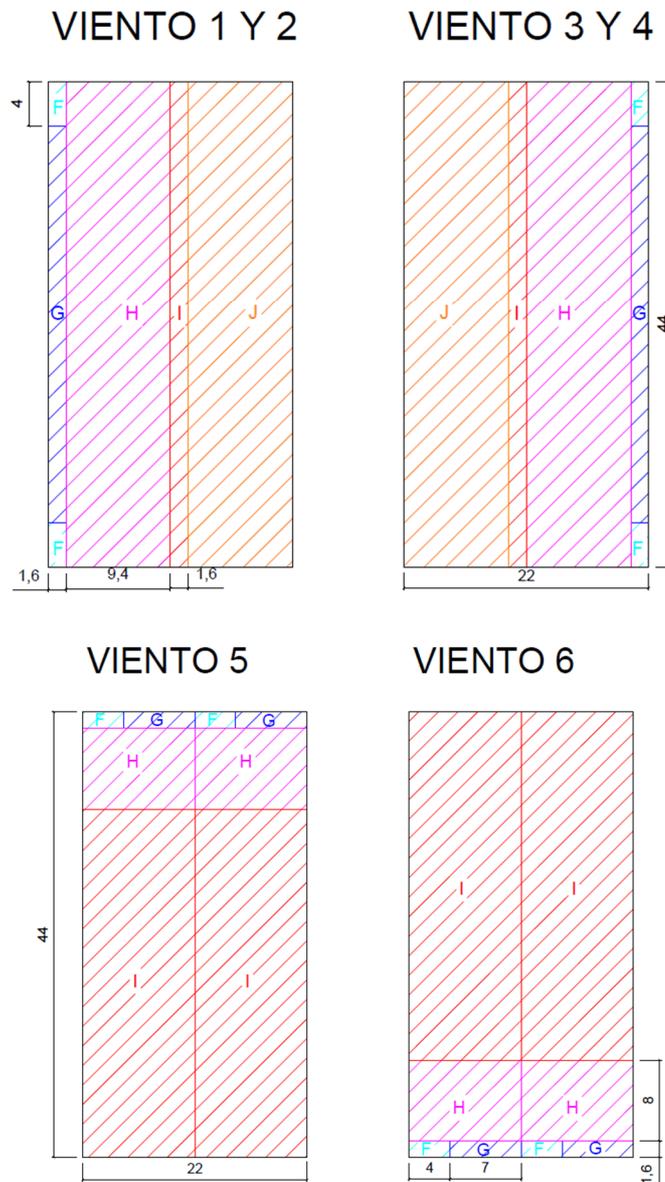


Figura 1.7 Distribución de cargas de Viento. Fuente: Propia

8.6.2 Sismo

Dentro de las acciones accidentales, la única acción accidental que puede solicitar nuestra obra es la de sismo. Cabe añadir que el grado de sismicidad en san Antonio de Benageber es muy bajo.

Tan solo consideraremos una hipótesis de cálculo en la dirección en la que la estructura presenta menor estabilidad, aplicando fuerzas horizontales sobre la cabeza de los pilares perpendicular a la fachada larga.

8.7 Combinación de acciones

En el siguiente apartado se adjunta el listado de comprobaciones, generado por el programa de cálculo Nuevo Metal 3D de CYPE.

8.7.1 Estado límite de rotura del hormigón.

Comb.	PP	Carga muerta	Sobrecarga de Uso	Viento 1	Viento 2	Viento 3	Viento 4	Viento 5	Viento 6	Sismo	Nieve 1	Nieve 2	Nieve 3
1	1.000	1.000											
2	1.350	1.000											
3	1.000	1.350											
4	1.350	1.350											
5	1.000	1.000		1.500									
6	1.350	1.000		1.500									
7	1.000	1.350		1.500									
8	1.350	1.350		1.500									
9	1.000	1.000			1.500								
10	1.350	1.000			1.500								
11	1.000	1.350			1.500								
12	1.350	1.350			1.500								
13	1.000	1.000				1.500							
14	1.350	1.000				1.500							
15	1.000	1.350				1.500							
16	1.350	1.350				1.500							
17	1.000	1.000					1.500						
18	1.350	1.000					1.500						
19	1.000	1.350					1.500						
20	1.350	1.350					1.500						
21	1.000	1.000						1.500					
22	1.350	1.000						1.500					
23	1.000	1.350						1.500					
24	1.350	1.350						1.500					
25	1.000	1.000							1.500				
26	1.350	1.000							1.500				
27	1.000	1.350							1.500				
28	1.350	1.350							1.500				
29	1.000	1.000								1.500			
30	1.350	1.000								1.500			
31	1.000	1.350								1.500			
32	1.350	1.350								1.500			
33	1.000	1.000		0.900							1.500		
34	1.350	1.000		0.900							1.500		
35	1.000	1.350		0.900							1.500		
36	1.350	1.350		0.900							1.500		
37	1.000	1.000			0.900						1.500		
38	1.350	1.000			0.900						1.500		
39	1.000	1.350			0.900						1.500		
40	1.350	1.350			0.900						1.500		
41	1.000	1.000				0.900					1.500		
42	1.350	1.000				0.900					1.500		
43	1.000	1.350				0.900					1.500		
44	1.350	1.350				0.900					1.500		
45	1.000	1.000					0.900				1.500		
46	1.350	1.000					0.900				1.500		
47	1.000	1.350					0.900				1.500		
48	1.350	1.350					0.900				1.500		
49	1.000	1.000						0.900			1.500		
50	1.350	1.000						0.900			1.500		
51	1.000	1.350						0.900			1.500		
52	1.350	1.350						0.900			1.500		
53	1.000	1.000							0.900		1.500		
54	1.350	1.000							0.900		1.500		
55	1.000	1.350							0.900		1.500		
56	1.350	1.350							0.900		1.500		
57	1.000	1.000		1.500							0.750		
58	1.350	1.000		1.500							0.750		
59	1.000	1.350		1.500							0.750		
60	1.350	1.350		1.500							0.750		
61	1.000	1.000			1.500						0.750		
62	1.350	1.000			1.500						0.750		
63	1.000	1.350			1.500						0.750		
64	1.350	1.350			1.500						0.750		
65	1.000	1.000				1.500					0.750		
66	1.350	1.000				1.500					0.750		
67	1.000	1.350				1.500					0.750		
68	1.350	1.350				1.500					0.750		
69	1.000	1.000					1.500				0.750		
70	1.350	1.000					1.500				0.750		
71	1.000	1.350					1.500				0.750		
72	1.350	1.350					1.500				0.750		
73	1.000	1.000						1.500			0.750		

CAPITULO 1: Introducción

Comb.	PP	Carga muerta	Sobrecarga de Uso	Viento 1	Viento 2	Viento 3	Viento 4	Viento 5	Viento 6	Sismo	Nieve 1	Nieve 2	Nieve 3
74	1.350	1.000						1.500			0.750		
75	1.000	1.350						1.500			0.750		
76	1.350	1.350						1.500			0.750		
77	1.000	1.000							1.500		0.750		
78	1.350	1.000							1.500		0.750		
79	1.000	1.350							1.500		0.750		
80	1.350	1.350							1.500		0.750		
81	1.000	1.000										1.500	
82	1.350	1.000										1.500	
83	1.000	1.350										1.500	
84	1.350	1.350										1.500	
85	1.000	1.000		0.900								1.500	
86	1.350	1.000		0.900								1.500	
87	1.000	1.350		0.900								1.500	
88	1.350	1.350		0.900								1.500	
89	1.000	1.000			0.900							1.500	
90	1.350	1.000			0.900							1.500	
91	1.000	1.350			0.900							1.500	
92	1.350	1.350			0.900							1.500	
93	1.000	1.000				0.900						1.500	
94	1.350	1.000				0.900						1.500	
95	1.000	1.350				0.900						1.500	
96	1.350	1.350				0.900						1.500	
97	1.000	1.000					0.900					1.500	
98	1.350	1.000					0.900					1.500	
99	1.000	1.350					0.900					1.500	
100	1.350	1.350					0.900					1.500	
101	1.000	1.000						0.900				1.500	
102	1.350	1.000						0.900				1.500	
103	1.000	1.350						0.900				1.500	
104	1.350	1.350						0.900				1.500	
105	1.000	1.000							0.900			1.500	
106	1.350	1.000							0.900			1.500	
107	1.000	1.350							0.900			1.500	
108	1.350	1.350							0.900			1.500	
109	1.000	1.000		1.500								0.750	
110	1.350	1.000		1.500								0.750	
111	1.000	1.350		1.500								0.750	
112	1.350	1.350		1.500								0.750	
113	1.000	1.000			1.500							0.750	
114	1.350	1.000			1.500							0.750	
115	1.000	1.350			1.500							0.750	
116	1.350	1.350			1.500							0.750	
117	1.000	1.000				1.500						0.750	
118	1.350	1.000				1.500						0.750	
119	1.000	1.350				1.500						0.750	
120	1.350	1.350				1.500						0.750	
121	1.000	1.000					1.500					0.750	
122	1.350	1.000					1.500					0.750	
123	1.000	1.350					1.500					0.750	
124	1.350	1.350					1.500					0.750	
125	1.000	1.000						1.500				0.750	
126	1.350	1.000						1.500				0.750	
127	1.000	1.350						1.500				0.750	
128	1.350	1.350						1.500				0.750	
129	1.000	1.000							1.500			0.750	
130	1.350	1.000							1.500			0.750	
131	1.000	1.350							1.500			0.750	
132	1.350	1.350							1.500			0.750	
133	1.000	1.000											1.500
134	1.350	1.000											1.500
135	1.000	1.350											1.500
136	1.350	1.350											1.500
137	1.000	1.000		0.900									1.500
138	1.350	1.000		0.900									1.500
139	1.000	1.350		0.900									1.500
140	1.350	1.350		0.900									1.500
141	1.000	1.000			0.900								1.500
142	1.350	1.000			0.900								1.500
143	1.000	1.350			0.900								1.500
144	1.350	1.350			0.900								1.500
145	1.000	1.000				0.900							1.500
146	1.350	1.000				0.900							1.500
147	1.000	1.350				0.900							1.500

CAPITULO 1: Introducción

Comb.	PP	Carga muerta	Sobrecarga de Uso	Viento 1	Viento 2	Viento 3	Viento 4	Viento 5	Viento 6	Sismo	Nieve 1	Nieve 2	Nieve 3
148	1.350	1.350				0.900							1.500
149	1.000	1.000					0.900						1.500
150	1.350	1.000					0.900						1.500
151	1.000	1.350					0.900						1.500
152	1.350	1.350					0.900						1.500
153	1.000	1.000						0.900					1.500
154	1.350	1.000						0.900					1.500
155	1.000	1.350						0.900					1.500
156	1.350	1.350						0.900					1.500
157	1.000	1.000							0.900				1.500
158	1.350	1.000							0.900				1.500
159	1.000	1.350							0.900				1.500
160	1.350	1.350							0.900				1.500
161	1.000	1.000		1.500									0.750
162	1.350	1.000		1.500									0.750
163	1.000	1.350		1.500									0.750
164	1.350	1.350		1.500									0.750
165	1.000	1.000			1.500								0.750
166	1.350	1.000			1.500								0.750
167	1.000	1.350			1.500								0.750
168	1.350	1.350			1.500								0.750
169	1.000	1.000				1.500							0.750
170	1.350	1.000				1.500							0.750
171	1.000	1.350				1.500							0.750
172	1.350	1.350				1.500							0.750
173	1.000	1.000					1.500						0.750
174	1.350	1.000					1.500						0.750
175	1.000	1.350					1.500						0.750
176	1.350	1.350					1.500						0.750
177	1.000	1.000						1.500					0.750
178	1.350	1.000						1.500					0.750
179	1.000	1.350						1.500					0.750
180	1.350	1.350						1.500					0.750
181	1.000	1.000							1.500				0.750
182	1.350	1.000							1.500				0.750
183	1.000	1.350							1.500				0.750
184	1.350	1.350							1.500				0.750
185	1.000	1.000	1.500										
186	1.350	1.000	1.500										
187	1.000	1.350	1.500										
188	1.350	1.350	1.500										
189	1.000	1.000								-1.000			
190	1.000	1.000								1.000			

8.7.2 Estado límite de rotura del Acero.

Comb.	PP	Carga muerta	Sobrecarga de Uso	Viento 1	Viento 2	Viento 3	Viento 4	Viento 5	Viento 6	Sismo	Nieve 1	Nieve 2	Nieve 3
1	0.800	0.800											
2	1.350	0.800											
3	0.800	1.350											
4	1.350	1.350											
5	0.800	0.800		1.500									
6	1.350	0.800		1.500									
7	0.800	1.350		1.500									
8	1.350	1.350		1.500									
9	0.800	0.800			1.500								
10	1.350	0.800			1.500								
11	0.800	1.350			1.500								
12	1.350	1.350			1.500								
13	0.800	0.800				1.500							
14	1.350	0.800				1.500							
15	0.800	1.350				1.500							
16	1.350	1.350				1.500							
17	0.800	0.800					1.500						
18	1.350	0.800					1.500						
19	0.800	1.350					1.500						
20	1.350	1.350					1.500						
21	0.800	0.800						1.500					
22	1.350	0.800						1.500					
23	0.800	1.350						1.500					
24	1.350	1.350						1.500					
25	0.800	0.800							1.500				
26	1.350	0.800							1.500				
27	0.800	1.350							1.500				
28	1.350	1.350							1.500				
29	0.800	0.800								1.500			
30	1.350	0.800								1.500			
31	0.800	1.350								1.500			
32	1.350	1.350								1.500			
33	0.800	0.800		0.900							1.500		
34	1.350	0.800		0.900							1.500		
35	0.800	1.350		0.900							1.500		
36	1.350	1.350		0.900							1.500		
37	0.800	0.800			0.900						1.500		
38	1.350	0.800			0.900						1.500		
39	0.800	1.350			0.900						1.500		
40	1.350	1.350			0.900						1.500		
41	0.800	0.800				0.900					1.500		
42	1.350	0.800				0.900					1.500		
43	0.800	1.350				0.900					1.500		
44	1.350	1.350				0.900					1.500		
45	0.800	0.800					0.900				1.500		
46	1.350	0.800					0.900				1.500		
47	0.800	1.350					0.900				1.500		
48	1.350	1.350					0.900				1.500		
49	0.800	0.800						0.900			1.500		
50	1.350	0.800						0.900			1.500		
51	0.800	1.350						0.900			1.500		
52	1.350	1.350						0.900			1.500		
53	0.800	0.800							0.900		1.500		
54	1.350	0.800							0.900		1.500		
55	0.800	1.350							0.900		1.500		
56	1.350	1.350							0.900		1.500		
57	0.800	0.800		1.500								0.750	
58	1.350	0.800		1.500								0.750	
59	0.800	1.350		1.500								0.750	
60	1.350	1.350		1.500								0.750	
61	0.800	0.800			1.500							0.750	
62	1.350	0.800			1.500							0.750	
63	0.800	1.350			1.500							0.750	
64	1.350	1.350			1.500							0.750	
65	0.800	0.800				1.500						0.750	
66	1.350	0.800				1.500						0.750	
67	0.800	1.350				1.500						0.750	
68	1.350	1.350				1.500						0.750	
69	0.800	0.800					1.500					0.750	
70	1.350	0.800					1.500					0.750	
71	0.800	1.350					1.500					0.750	
72	1.350	1.350					1.500					0.750	
73	0.800	0.800						1.500				0.750	

CAPITULO 1: Introducción

Comb.	PP	Carga muerta	Sobrecarga de Uso	Viento 1	Viento 2	Viento 3	Viento 4	Viento 5	Viento 6	Sismo	Nieve 1	Nieve 2	Nieve 3
74	1.350	0.800						1.500			0.750		
75	0.800	1.350						1.500			0.750		
76	1.350	1.350						1.500			0.750		
77	0.800	0.800							1.500		0.750		
78	1.350	0.800							1.500		0.750		
79	0.800	1.350							1.500		0.750		
80	1.350	1.350							1.500		0.750		
81	0.800	0.800										1.500	
82	1.350	0.800										1.500	
83	0.800	1.350										1.500	
84	1.350	1.350										1.500	
85	0.800	0.800		0.900								1.500	
86	1.350	0.800		0.900								1.500	
87	0.800	1.350		0.900								1.500	
88	1.350	1.350		0.900								1.500	
89	0.800	0.800			0.900							1.500	
90	1.350	0.800			0.900							1.500	
91	0.800	1.350			0.900							1.500	
92	1.350	1.350			0.900							1.500	
93	0.800	0.800				0.900						1.500	
94	1.350	0.800				0.900						1.500	
95	0.800	1.350				0.900						1.500	
96	1.350	1.350				0.900						1.500	
97	0.800	0.800					0.900					1.500	
98	1.350	0.800					0.900					1.500	
99	0.800	1.350					0.900					1.500	
100	1.350	1.350					0.900					1.500	
101	0.800	0.800						0.900				1.500	
102	1.350	0.800						0.900				1.500	
103	0.800	1.350						0.900				1.500	
104	1.350	1.350						0.900				1.500	
105	0.800	0.800							0.900			1.500	
106	1.350	0.800							0.900			1.500	
107	0.800	1.350							0.900			1.500	
108	1.350	1.350							0.900			1.500	
109	0.800	0.800		1.500								0.750	
110	1.350	0.800		1.500								0.750	
111	0.800	1.350		1.500								0.750	
112	1.350	1.350		1.500								0.750	
113	0.800	0.800			1.500							0.750	
114	1.350	0.800			1.500							0.750	
115	0.800	1.350			1.500							0.750	
116	1.350	1.350			1.500							0.750	
117	0.800	0.800				1.500						0.750	
118	1.350	0.800				1.500						0.750	
119	0.800	1.350				1.500						0.750	
120	1.350	1.350				1.500						0.750	
121	0.800	0.800					1.500					0.750	
122	1.350	0.800					1.500					0.750	
123	0.800	1.350					1.500					0.750	
124	1.350	1.350					1.500					0.750	
125	0.800	0.800						1.500				0.750	
126	1.350	0.800						1.500				0.750	
127	0.800	1.350						1.500				0.750	
128	1.350	1.350						1.500				0.750	
129	0.800	0.800							1.500			0.750	
130	1.350	0.800							1.500			0.750	
131	0.800	1.350							1.500			0.750	
132	1.350	1.350							1.500			0.750	
133	0.800	0.800											1.500
134	1.350	0.800											1.500
135	0.800	1.350											1.500
136	1.350	1.350											1.500
137	0.800	0.800		0.900									1.500
138	1.350	0.800		0.900									1.500
139	0.800	1.350		0.900									1.500
140	1.350	1.350		0.900									1.500
141	0.800	0.800			0.900								1.500
142	1.350	0.800			0.900								1.500
143	0.800	1.350			0.900								1.500
144	1.350	1.350			0.900								1.500
145	0.800	0.800				0.900							1.500
146	1.350	0.800				0.900							1.500
147	0.800	1.350				0.900							1.500

CAPITULO 1: Introducción

Comb.	PP	Carga muerta	Sobrecarga de Uso	Viento 1	Viento 2	Viento 3	Viento 4	Viento 5	Viento 6	Sismo	Nieve 1	Nieve 2	Nieve 3
148	1.350	1.350				0.900							1.500
149	0.800	0.800					0.900						1.500
150	1.350	0.800					0.900						1.500
151	0.800	1.350					0.900						1.500
152	1.350	1.350					0.900						1.500
153	0.800	0.800						0.900					1.500
154	1.350	0.800						0.900					1.500
155	0.800	1.350						0.900					1.500
156	1.350	1.350						0.900					1.500
157	0.800	0.800							0.900				1.500
158	1.350	0.800							0.900				1.500
159	0.800	1.350							0.900				1.500
160	1.350	1.350							0.900				1.500
161	0.800	0.800		1.500									0.750
162	1.350	0.800		1.500									0.750
163	0.800	1.350		1.500									0.750
164	1.350	1.350		1.500									0.750
165	0.800	0.800			1.500								0.750
166	1.350	0.800			1.500								0.750
167	0.800	1.350			1.500								0.750
168	1.350	1.350			1.500								0.750
169	0.800	0.800				1.500							0.750
170	1.350	0.800				1.500							0.750
171	0.800	1.350				1.500							0.750
172	1.350	1.350				1.500							0.750
173	0.800	0.800					1.500						0.750
174	1.350	0.800					1.500						0.750
175	0.800	1.350					1.500						0.750
176	1.350	1.350					1.500						0.750
177	0.800	0.800						1.500					0.750
178	1.350	0.800						1.500					0.750
179	0.800	1.350						1.500					0.750
180	1.350	1.350						1.500					0.750
181	0.800	0.800							1.500				0.750
182	1.350	0.800							1.500				0.750
183	0.800	1.350							1.500				0.750
184	1.350	1.350							1.500				0.750
185	0.800	0.800	1.500										
186	1.350	0.800	1.500										
187	0.800	1.350	1.500										
188	1.350	1.350	1.500										
189	1.000	1.000								-1.000			
190	1.000	1.000								1.000			

CAPITULO 2: Alternativa I. Estructura Metálica.

A continuación se ha realizado una descripción más detallada de la estructura. Se han analizado cada uno de los elementos que la conforman, así como las acciones que la solicitan para determinar el comportamiento de la misma.

Se han expuesto tanto las propiedades de los materiales que se han usado, como los modelos y herramientas de cálculo empleados, haciendo alusión siempre a las normativas que se han seguido durante las comprobaciones.

1. Descripción de la estructura

1.1 Configuración arquitectónica y disposición

En vista de la distribución de la parcela, podremos ejecutar un total de 3 canchas deportivas, este proyecto solo contempla el cálculo de una de ellas, pero se ha debido tener en cuenta todas para encajar cada una de las canchas en su disposición final. A continuación se muestra la disposición de las citadas canchas deportivas en nuestra parcela, se ha proyectado la señalada en color azul.

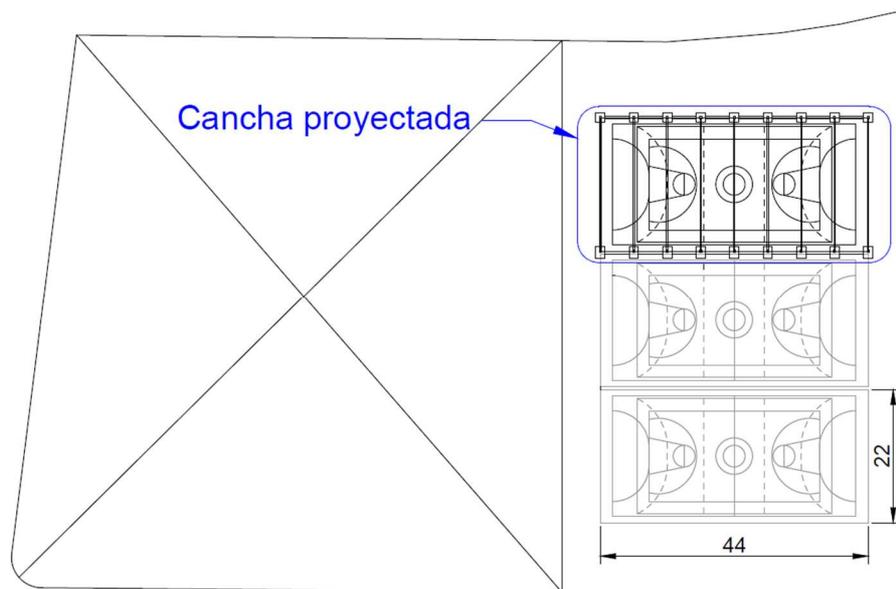


Figura 2.1 Distribución en planta de la estructura proyectada. Fuente: Propia

La estructura objeto de cálculo será una cubierta a dos aguas que ocupará un área de 44x22m. Estará formada por una sucesión de 9 pórticos que sostendrán la cubierta, con una separación entre ellos de 5,5m. Los pórticos, con una altura máxima de 8m, estarán compuestos por pilares de una altura de 6m, y vigas inclinadas $11,5^\circ$ sobre la horizontal. Cada uno de los pórticos salvará en total una luz de 22 metros. Cada uno de los pórticos estará unido al siguiente por vigas de una luz de 11 metros. En el anejo de planos podemos encontrar todas las medidas en detalle de cada uno de los elementos.

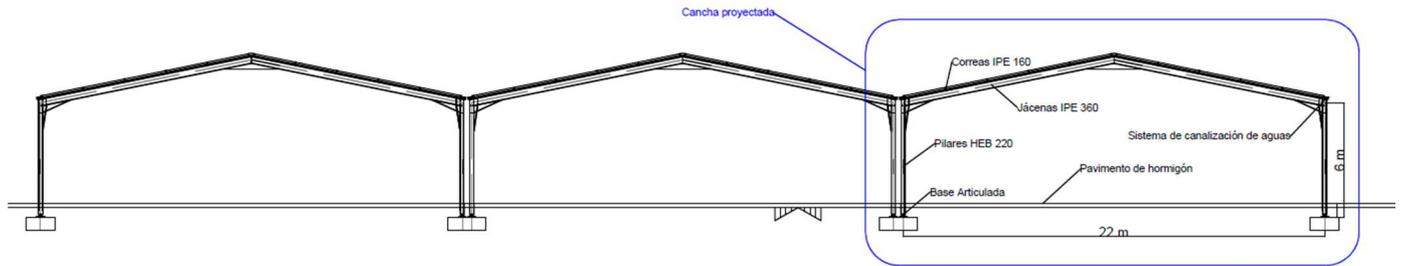


Figura 2.2 Disposición fachada principal de cubiertas deportivas. Fuente: Propia

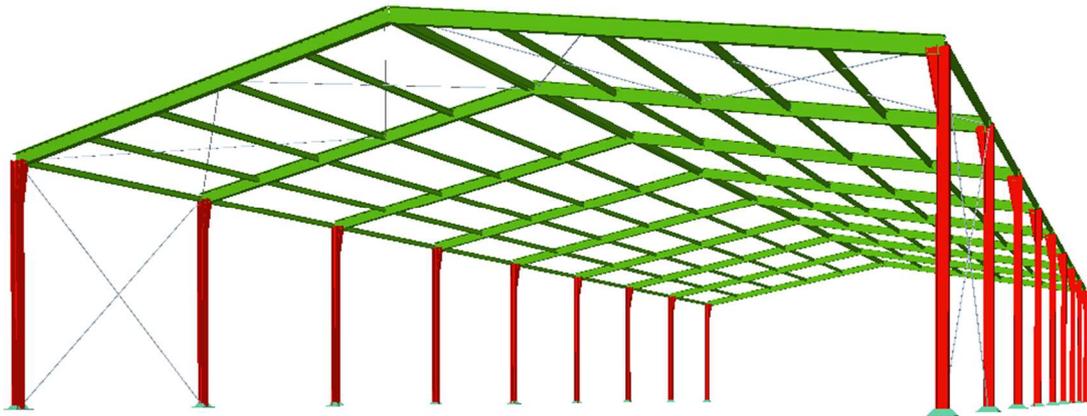


Figura 2.3 Vista 3D de la cubierta metálica. Generado por NUEVO METAL 3D

1.2 Normativa específica aplicada

En el desarrollo de la cubierta deportiva metálica, se han tenido en cuenta, además de las normativas ya expuestas en el Capítulo 1, la siguiente normativa.

- *Código técnico de la edificación (CTE)*, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y posteriores modificaciones aprobadas en el Real Decreto 1371/2007 de 19 de octubre, el Real Decreto 1675/2008 de 17 de octubre, y el Real Decreto 173/2012 de 19 de febrero, Documento Básico: Seguridad Estructural: Acero. (DB SE-A).

1.3 Descripción del material: características y coeficientes de seguridad

1.3.1 Descripción de las propiedades del acero estructural

Como ya hemos indicado, la presente estructura será enteramente de acero, a continuación disponemos las propiedades del acero que emplearemos para todos los elementos estructurales de la misma.

El acero estructural S275	Tensión Límite Elástico $f_y=275\text{MPa}$ Tensión Límite Rotura $f_u=410\text{MPa}$
La densidad	$\rho=7850\text{kg/m}^3$
Módulo de elasticidad	$E=200.000\text{MPa}$
Módulo de elasticidad transversal	$G=81.000\text{MPa}$
Coefficiente de poisson	$\nu=0,3$
Coefficiente de dilatación térmica	$\alpha=1,2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Conductividad eléctrica	$\sigma=3 \times 10^6 \text{ } \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

Tabla 2.1 Características del acero estructural. Fuente: Propia

1.3.2 Coeficientes de seguridad del acero estructural

A continuación mostramos los coeficientes que hemos empleado en el cálculo.

Resistencia de las secciones transversales	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistencia de elementos estructurales frente a inestabilidad	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistencia a rotura de las secciones transversales a tracción	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistencia de las uniones	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistencia al deslizamiento de las uniones con los tornillos pretensados	
-En estado limite último. Categoría C	$\gamma_{M3} = 1,25$
-En estado limite último. Categoría B	$\gamma_{M3} = 1,10$

Tabla 2.2 Coeficientes de seguridad del acero estructural. Fuente: DB-SE-Acero

2. Descripción de las unidades estructurales diseñadas y criterios de dimensionamiento.

En el presente apartado se han descrito todos los elementos que conforman la estructura, tanto la geometría de las mismas, como las condiciones de contorno a las que estaban sujetas a la hora de realizar el cálculo. Empezaremos detallando la geometría de nuestros pórticos para dar una idea general del proyecto estructural. A continuación describiremos cada una de las unidades estructurales, de arriba abajo, siguiendo un orden de dimensionamiento lógico.

2.1 Pórticos

En el caso de nuestra cubierta, tanto los pórticos interiores, como los pórticos de las fachadas, tendrán las mismas dimensiones.

Se tratará de pórticos rígidos biarticulados. Es decir, los pórticos diseñados presentan nudos rígidos tanto en la unión jácena-pilar, como en la unión central de las vigas inclinadas que conforman la jácena. A su vez, ambas bases de la estructura se encuentran articuladas en la

dirección de mayor inercia del perfil, es decir, permiten el giro en el plano que describe la fachada corta de nuestra estructura. Se tratará de pórticos intraslacionales, pues hemos dispuesto elementos que arriostran la estructura.

Sobre cada uno de los pórticos apoyan 12 correas, separadas entre sí a una distancia de 2,2 metros. La configuración de nuestros pórticos corresponde al descrito en el siguiente crquis.

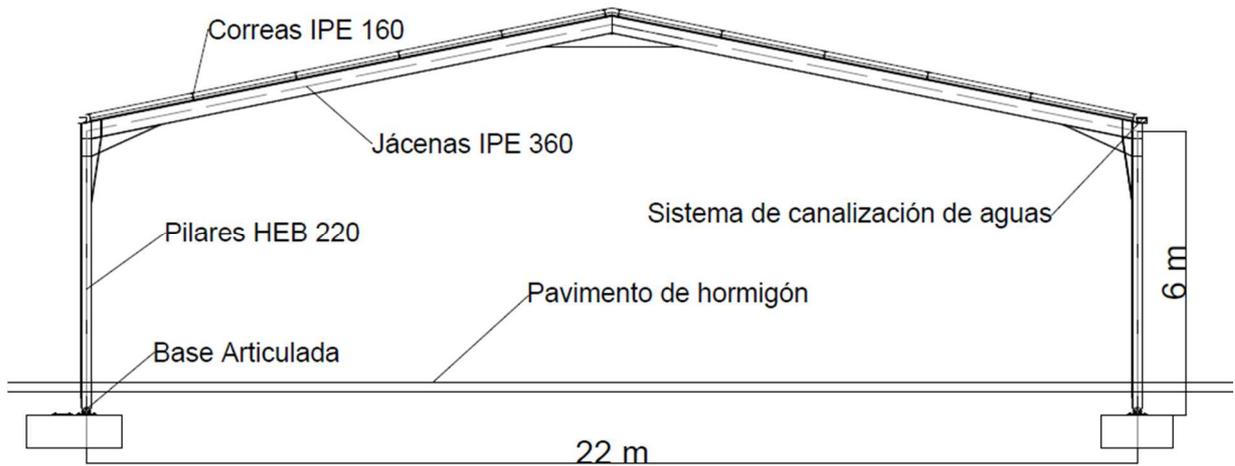


Figura 2.4 Alzado de pórtico tipo Alternativa I. Estructura metálica. Fuente: Propia

2.2 Cubierta

La cubierta está formada por chapas grecadas de canto 80mm y acero de espesor 0.8mm. Será tal como la descrita en la siguiente figura.

Chapa Grecada de Acero



Chapa de Acero Trapezoidal , aconsejada por su durabilidad, resistencia y ligereza, se convierte en el producto por excelencia destinado a cubiertas o fachadas. Disponible el diferentes perfiles y tanto en galvanizada como nrelacada

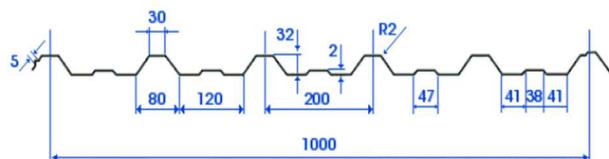


Figura 2.5 Características geométricas de la chapa grecada. Fuente: GRECOPANEL

Hemos elegido como distribuidor a Garcopanel® por la proximidad geográfica que guarda con respecto a la obra, abaratando el coste de transporte.

2.3 Correas

Las correas se han dispuesto de forma simétrica, en ambas aguas de nuestra cubierta. Separadas a 2,2m entre sí y conformadas por perfiles IPE 160. Las correas salvan una luz de 5,5m lo que corresponde a un único vano. La unión entre la jácena y la correa será articulada, y se realizará a través de una soldadura en la base del perfil.

El número de correas por vano será de doce, es decir, 6 en cada uno de las vertientes de la cubierta. En total se dispondrán 96 correas, para el total de 8 vanos que tiene nuestra estructura.

A continuación se muestran las características seccionales del perfil:

Perfil: IPE 160 Material: Acero (S275)							
Nudos	Nodos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _r ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N127	N128	5.500	20.10	869.30	68.31	3.60
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.50	0.50	0.50	0.50			
L _x	2.750	2.750	2.750	2.750			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-			1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _x : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Figura 2.6 Perfil IPE 160. Generado por NUEVO METAL 3D

2.4 Jácenas

Las jácenas están formadas por dos perfiles IPE 360 inclinados 11,5° sobre la horizontal. La unión entre las dos vigas inclinadas se ha realizado mediante una soldadura, así como la unión entre la jácena y el pilar. En total se han dispuesto 9 jácenas, una por pódico, lo que suma un total de 18 vigas IPE360.

A continuación se muestran las características seccionales del perfil:

Perfil: IPE 360, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 1.50 m. Cartela final inferior: 1.50 m.) Material: Acero (S275)							
Nudos	Nodos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _r ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N122	N131	2.200	72.70	16270.00	1043.00	37.32
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	1.00	1.00	1.00	1.00			
L _x	2.200	2.200	2.200	2.200			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-			1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _x : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Figura 2.7 Perfil IPE 360. Generado por NUEVO METAL 3D

Tanto en la unión entre jácenas, como en la unión viga-pilar se han dispuesto cartelas, con el principal objetivo de dotar de mayor rigidez al pódico y evitar flechas excesivas.

2.5 Pilares

Los pilares están formados por perfiles HEB220, se ha empleado los mismos perfiles para todos los pórticos de nuestra estructura, tanto para los de fachada, como para los interiores. En total se han dispuesto 18 pilares, dos por cada uno de los pórticos. Hemos supuesto la base de los pilares articulada en el plano de la fachada corta.

Al igual que en las jácenas, hemos dispuesto cartelas a lo largo del último metro y medio superior del pilar, con el propósito de dotar de inercia a la sección para resistir el agotamiento por interacción de esfuerzos, principalmente flector, en la cabeza del pilar.

Los perfiles HEB220 estarán orientados con la dirección de mayor inercia paralela a la fachada corta de nuestra estructura.

A continuación se muestran las características seccionales del perfil:

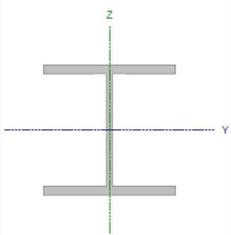
Perfil: HE 220 B , Simple con cartelas (Cartela final superior: 1.50 m.) Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
		N25	N24	6.000	91.00	8091.00	2843.00
Notas: ⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N25) ⁽²⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β		1.00	0.70	1.00	1.00	
	L_k		6.000	4.200	6.000	6.000	
	C_m		1.000	1.000	1.000	1.000	
	C_1		-		1.000		
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_k : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

Figura 2.6 Perfil HEB220. Generado por NUEVO METAL 3D

2.6 Arrostramiento

Para evitar excesivos desplazamientos de nuestra estructura hemos optado por arriostrar nuestra estructura disponiendo tirantes, en forma de cruz, entre el primer y segundo pórtico, así como entre el penúltimo y el último.

Adicionalmente y sin que tengan carácter estructural, se ha dispuesto de tirantillas para limitar la flexión de las correas debido a su peso propio, uniéndolas en su centro de vano.

2.6.1 Arrostramiento vertical en fachada lateral

El arriostramiento en la fachada lateral está formado por perfiles en L100x65x12, la longitud de cada uno de los elementos será de 8,14m.

La disposición final de los arriostramiento queda según está descrito en el siguiente croquis.

2.6.2 Arrostramiento de la cubierta

Al igual que con los arriostramientos verticales el perfil elegido para los arriostrado de la cubierta son L100x65x12. La longitud de los elementos que arriostran desde la cabeza del pilar hasta la 4ª correa, es de 8,6m. La longitud de los elementos que arriostran el resto de correas mide 7,1m.

2.6.3 Arriostramiento de las correas

Para evitar el combado de las correas debido a la acción de su peso propio, colocaremos en el centro de luz de las mismas una serie de tirantillas, formados por perfiles en L, unidos una detrás de otro. Es por ello que la longitud de cada uno dichos elementos será de 2,2 m, a excepción del situado en el pico superior de la cubierta que tiene forma en L y unirá los perfiles de aguas diferentes en la cubierta.

Aprovechando que se dispondrán perfiles en L para el arriostrado vertical y de cubierta, emplearemos los mismos perfiles en este caso.

Se muestra la disposición de todos los arriostramientos.

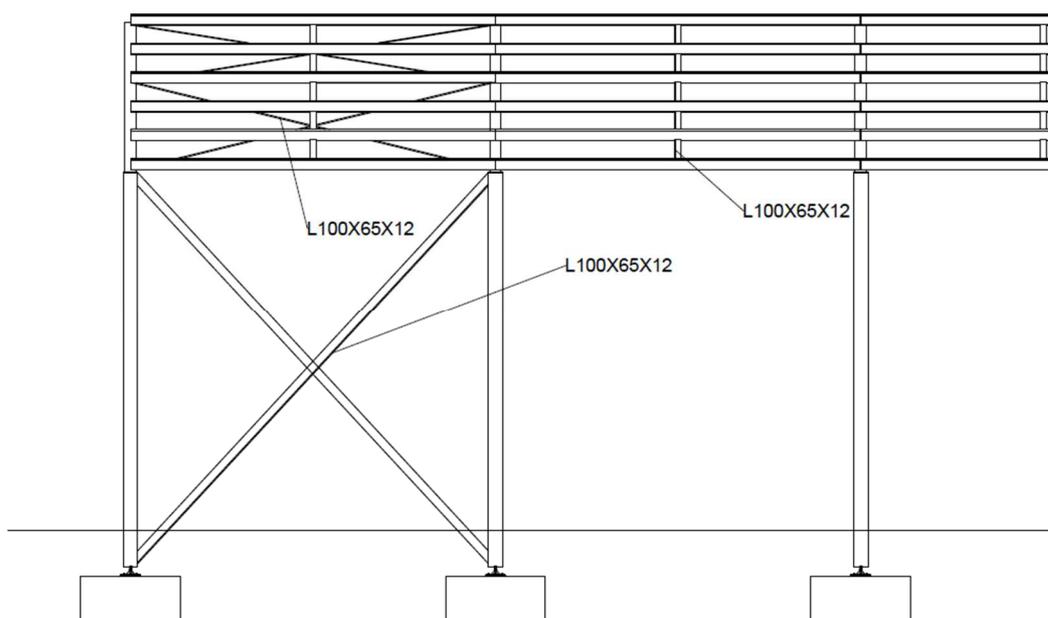


Figura 2.6 Arriostramientos Alternativa I. Estructura metálica. Fuente: Propia

2.7 Uniones

A continuación analizaremos en detalle cada una de las uniones que emplearemos. Como ya hemos dicho supondremos pórticos biarticulados y rígidos, unidos por correas entre sí. Describiremos las siguientes uniones:

- Unión Jácena-Pilar
- Unión Central de la Jácena
- Unión Correa- Jácena
- Unión cubierta de chapa grecada y correas
- Placa de anclaje

Las comprobaciones realizadas en cada una de las uniones están recogidas en el anejo de cálculo.

2.7.1 Unión Jácena-Pilar

La Unión entre la jácena y pilar se realizará mediante una soldadura. En esta unión habrá que tener en cuenta también la soldadura de las cartelas que se han dispuesto para soportar los esfuerzos flectores que aquí suceden, tanto por parte de la jácena, como por parte del pilar.

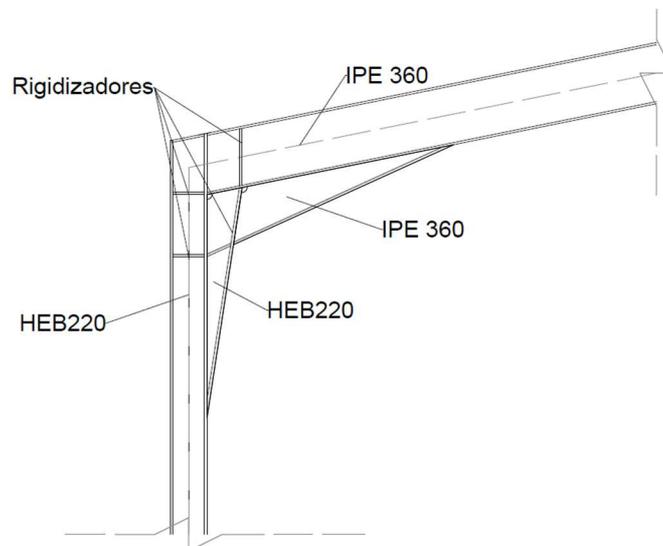


Figura 2.7 Detalle unión viga pilar. Fuente: Propia

Las cartelas dispuestas en la unión viga-pilar, se han ejecutado cortando barras con el mismo perfil que tienen las jácenas, y tienen las siguientes dimensiones:

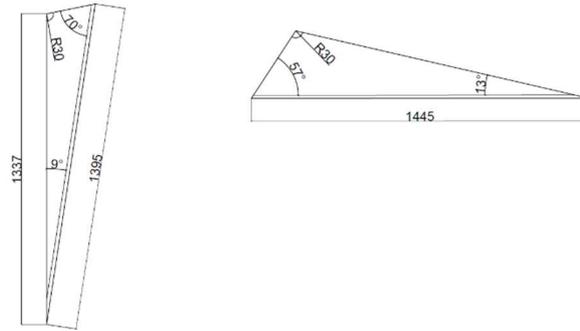


Figura 2.8 Cartelas Unión viga pilar. Fuente: Propia

2.7.2 Unión Central de la Jácena

La unión central entre ambos perfiles IPE 400 en el centro de luz de la fachada corta, se realizará mediante soldadura, disponiendo de una cartela auxiliar. Esta unión deberá considerarse rígida.

A continuación se muestra la unión en el centro de la cartela, ejecutada mediante soldaduras.

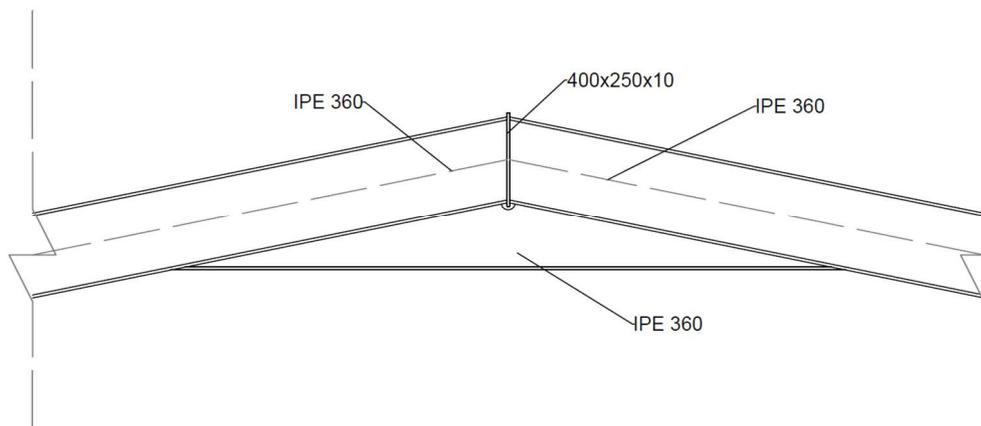


Figura 2.9 Unión Central de la Jácena. Fuente: Propia

Las cartelas dispuestas en el centro de vano, se han ejecutado cortando barras con el mismo perfil que tienen las jácenas, y tienen las siguientes dimensiones:

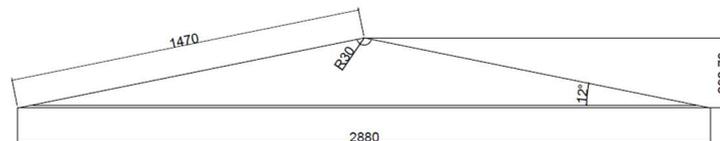


Figura 2.10 Cartelas Unión viga pilar. Fuente: Propia

2.7.3 Unión Correa-Jácena

En el caso de la unión entre jácenas y correas, tan solo dispondremos de cordones de soldadura en la base de las correas, sin necesidad de emplear ninguna cartela auxiliar. Cabe recordar que a efectos de cálculo se ha considerado esta unión como flexible.

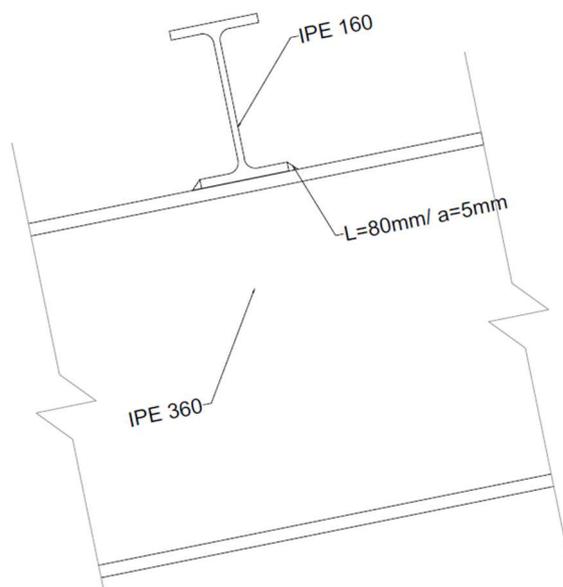


Figura 2.11 Unión Correa-Jácena. Fuente: Propia

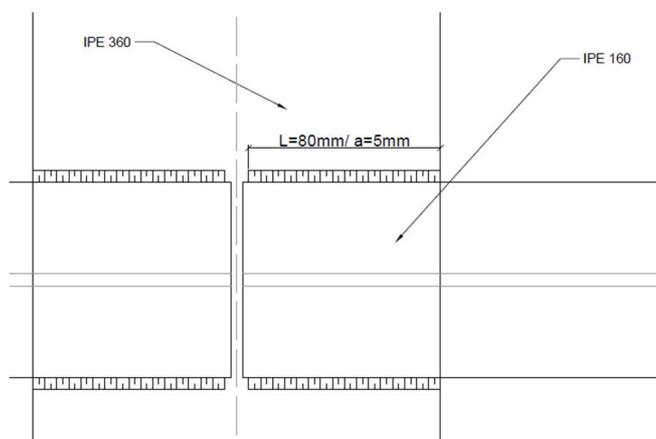


Figura 2.12 Detalle unión Correa-Jácena. Fuente: Propia

2.7.4 Unión cubierta de chapa grecada y correas

La unión entre la chapa grecada y las correas se ha realizado según las prescripciones del fabricante mediante tornillos.

2.7.5 Unión articulada en la base del pilar

La unión en la base del pilar se ha ejecutado mediante dos chapas que encierran el perfil mediante un pasador, tal y como está representado en la figura adjunta.

El tamaño del pasador será de 24mm, siendo el agujero de 26mm. La unión articulada estará formada por un conjunto de chapas que darán a la sección rigidez evitando su abolladura por cortante.

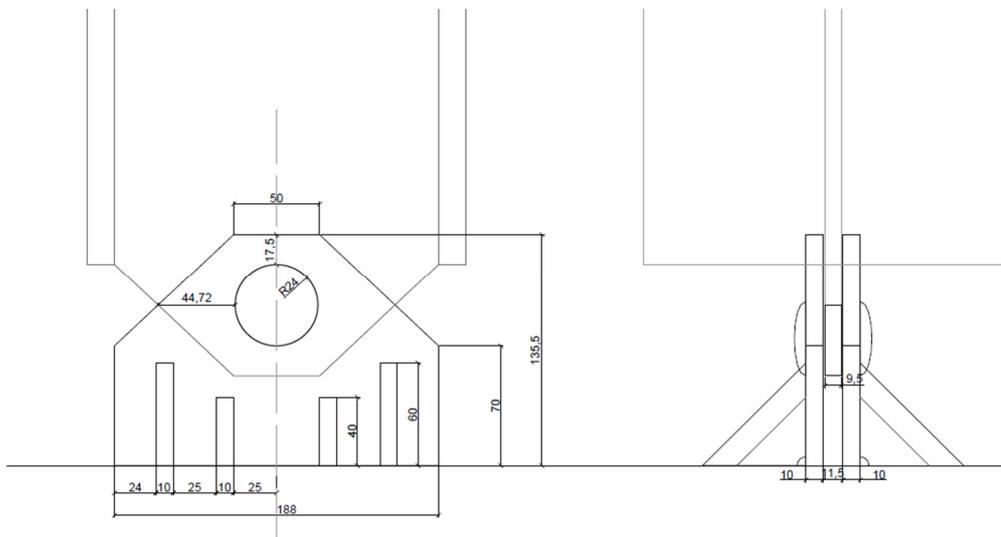


Figura 2.13 Pasador en base del pilar. Fuente: Propia

2.7.6 Placa de anclaje

La placa de anclaje estará compuesta por una chapa metálica de 10mm de espesor y una serie de 4 tornillos de 16mm de diámetro, anclados a una longitud de 200mm dentro de la zapata. Por motivos constructivos el anclaje se prolongará hasta la base de la zapata.

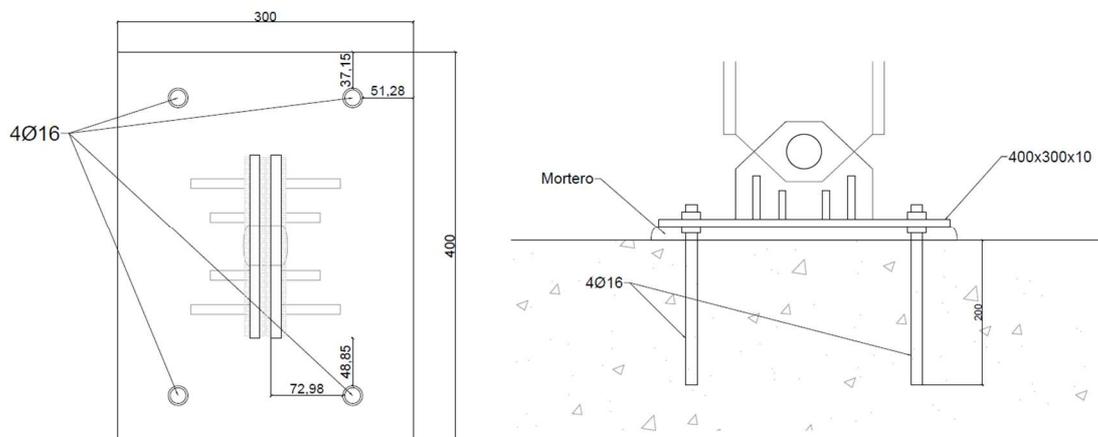


Figura 2.14 Placa de Anclaje. Fuente: Propia

2.8 Cimentaciones

Como ya se ha explicado en el anejo geotécnico, considerado el terreno y la magnitud de nuestra obra, se van a ejecutar zapatas aisladas y combinadas, atadas en la dirección de la fachada larga. Las dimensiones de las mismas están descritas en los siguientes subapartados.

2.8.1 Zapata Aislada

Las zapatas aisladas estarán dispuestas en el lado que no comparte cargas con futuras estructuras colindantes.

Las dimensiones de las mismas son de 1500x1500x700. Se trata de una zapata cuadrada. El armado que se ha dispuesto es de barras e 16 mm de diámetro cada 300mm, en ambas direcciones de la cara inferior de la misma.

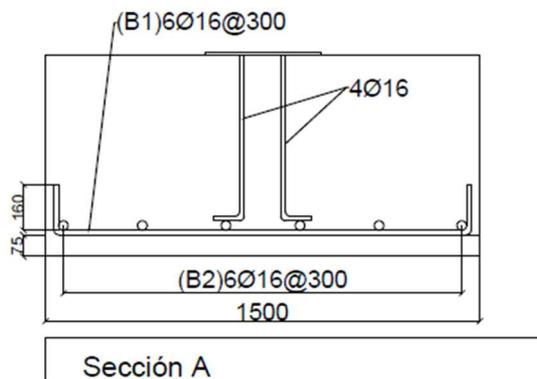


Figura 2.15 Zapata Aislada. Fuente: Propia

2.8.2 Zapata Combinada

Las zapatas combinadas estarán dispuestas en el lado que si comparte cargas con futuras estructuras colindantes. Y deberán estar preparadas para soportar las ya mencionadas cubiertas en un futuro.

Las dimensiones de las mismas son de 2000x1500x700. El armado que se ha dispuesto es de barras e 16 mm de diámetro cada 300mm, en ambas direcciones de la cara inferior de la misma.

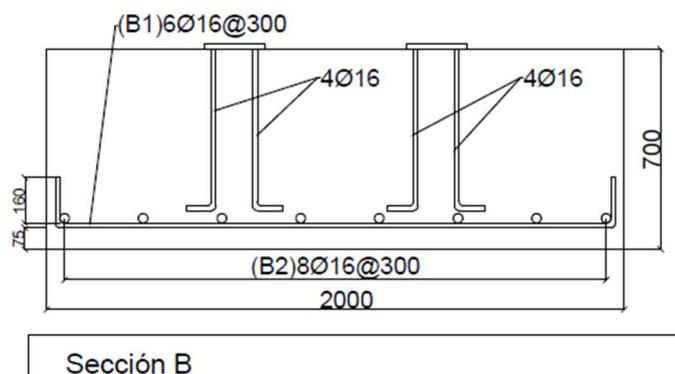


Figura 2.16 Zapata Combinada. Fuente: Propia

2.8.3 Viga de atado

La viga de atado tiene unas dimensiones de 0,4x0,4m, y se encuentra situada en la parte inferior de la cimentación tal y como se muestra en la figura. Dado, que no se ha considerado como un elemento estructural, el armado que se ha dispuesto es el mínimo. El armado será de 3 barras de diámetro 12 en la cara superior e inferior, con cercos de diámetro 10 cada 600mm en el centro de vano y separados cada 100mm en el último metro de ambos extremos.

2.9 Instalaciones auxiliares

Además de los elementos estructurales, ha sido preciso dotar a la estructura de una serie de Instalaciones auxiliares, con el propósito de dotar la estructura de mayor funcionalidad. Las mencionadas instalaciones auxiliares serán un canalón de desagüe, parasoles de poliéster, y la solera sobre la que se dibujarán las marcas de la cancha deportiva.

2.9.1 Canalón de Desagüe

El canalón de desagüe tiene el propósito de recoger el agua de lluvia que cae por ambas aguas de la cubierta, y verterla fuera de la cancha, se realizarán mediante una tubería de polietileno de 100mm de diámetro, sujeta por abrazaderas metálicas.

Mostramos la sección de la tubería que recorrerá cada una de las fachadas largas de nuestra cubierta.

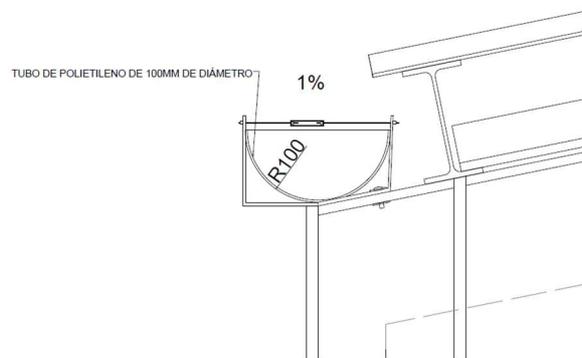


Figura 2.17 Zapata Canalón de desagüe. Fuente: Propia

2.9.2 Parasol

Como ya se ha mencionado, los parasoles serán de poliéster. Se dispondrán cubriendo hasta metro y medio, entre cada uno de los vanos del pórtico, y estarán atados a los pilares y las correas mediante las cuerdas que facilite el fabricante.

2.9.3 Solera

Una vez vertido todo el relleno sobre las cimentaciones, y nivelado el terreno, se dispondrá una capa de hormigón de nivelación sobre el cual se dibujarán las marcas que permitan aprovechar la cancha para múltiples actividades. A la hora de ejecutar la losa se tendrán en cuenta las

normas de buena construcción, dejando previstas las juntas necesarias, con el objetivo de evitar la fisuración de la misma.

A continuación se muestra el trazado en planta que debe tener nuestra cancha multideportes.

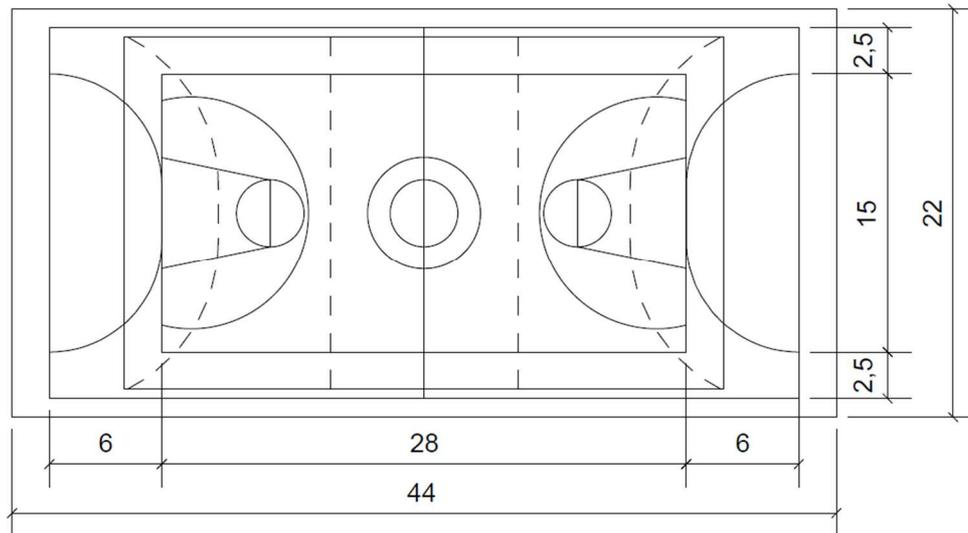


Figura 2.18 Trazado del dibujo sobre el pavimento. Fuente: Propia

Se muestra el alzado y perfil de la estructura, remarcando el citado canalón de desagüe, los parasoles de poliéster, y la losa sobre la que se dibujarán las marcas de la cancha deportiva.

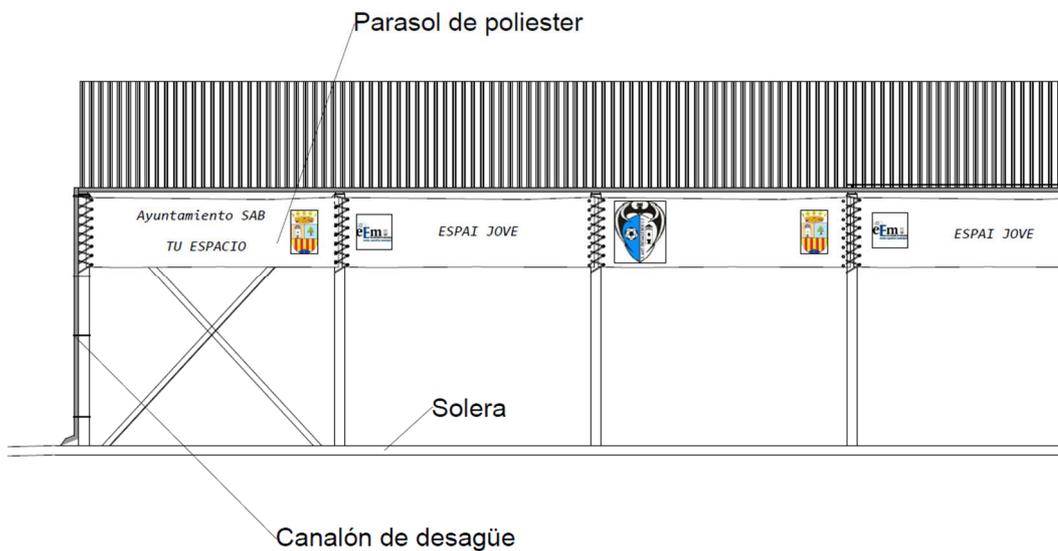


Figura 2.18 perfil de la cubierta deportiva una vez equipada. Fuente: Propia

3. Metodología de cálculo y dimensionamiento de las distintas unidades estructurales.

En el siguiente apartado se ha expuesto el procedimiento que ha seguido el alumno para dimensionar el conjunto de la estructura.

Primero se presenta el programa que se ha empleado, especificando el alcance del mismo. Una vez conocido el procedimiento que se ha seguido para alcanzar la solución, se expondrán los criterios de análisis estructurales considerados, así como los modelos implementados para realizar el cálculo.

3.1 Análisis de cálculo empleado

En el caso de nuestra estructura, al encontrarse arriostrada mediante los ya mencionados tirantes, y pesar de tratarse de pórticos biarticulados, los desplazamientos no tendrán una influencia sustancial en los esfuerzos. Es por ello, que no será necesario utilizar un cálculo que incluya efectos no lineales y considere las imperfecciones iniciales.

Hemos considerado nuestra estructura como arriostrada, por lo que bastará con realizar un análisis elástico.

Se ha determinado el grado de traslacionalidad, para justificar numéricamente lo dispuesto, evaluando la influencia de los desplazamientos en la distribución de esfuerzos según lo estipulado en el 'apartado 5.3.1 Traslacionalidad del DB-SE-Acero.' Se puede consultar dicho comprobación acuediendo al Anejo II. Cálculo Alternativa I. apartado '3. Comprobación del grado de traslacionalidad'.

Como no ha sido necesario realizar un cálculo de segundo orden, se ha decidido optar por el programa NUEVO METAL 3D, que es más intuitivo que otros programas de cálculo más potentes. Dicho programa se describe en el siguiente subapartado.

3.2 Introducción de datos en el programa de cálculo 'Nuevo Metal 3D' de Cype.

En este apartado se ha explicado el procedimiento que se ha seguido para implementar en el programa 'Nuevo Metal 3D de Cype'. Se van a explicar en el mismo orden en el que se han ejecutado, todos y cada uno de los pasos empleados para introducir los datos en el programa.

Tan solo se tendrá en cuenta el procedimiento para realizar cálculo de las esfuerzos y reacciones que intervienen en nuestro proyecto de estructuras. El dimensionamiento de las cimentaciones y placa de anclaje, así como el de las uniones no se tendrán en cuenta, pues tan solo se han empleado para realizar un predimensionamiento aproximativo.

En los siguientes subapartados se describe todas las consideraciones que se han tomado a la hora de introducir los datos en el programa.

3.2.1 Normativa considerada por Cype

A la hora de empezar con una obra nueva en Cype, nos da la posibilidad de adaptar el auto dimensionamiento, que realiza el programa de las principales unidades estructurales, a la normativa vigente en nuestro caso.

Como podemos ver, el programa aplica todas las prescripciones de la CTE para el cálculo de las unidades de acero laminado que emplearemos. Dado que no hemos empleado el programa para diseñar las cimentaciones, no sería necesario comprobar la normativa empleada para el hormigón de las mismas, como su dimensionamiento geotécnico.

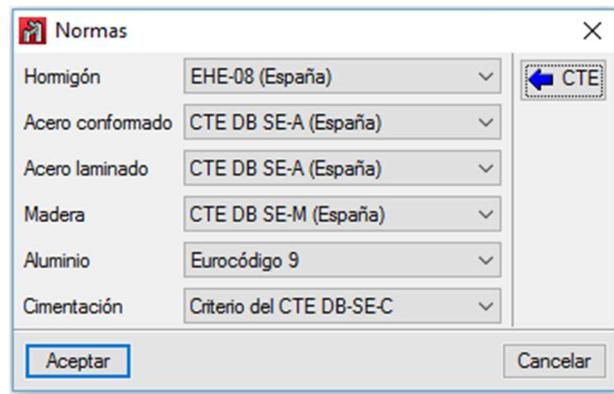


Figura 2.19 Menú de normativa de Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

3.2.2 Acciones

A la hora de introducir las acciones para que el programa tenga en cuenta los coeficientes de las mismas a la hora de generar las distintas combinaciones, nos ha pedido que especifiquemos algunos detalles de la localización de nuestra obra.

El primer paso hemos realizado ha sido el de especificar los estados límite de nuestro proyecto. En nuestro caso, este paso, tan solo afecta a los coeficientes de combinación de las acciones de viento, cuyos valores varían en función de la altura en la que se encuentre la obra.

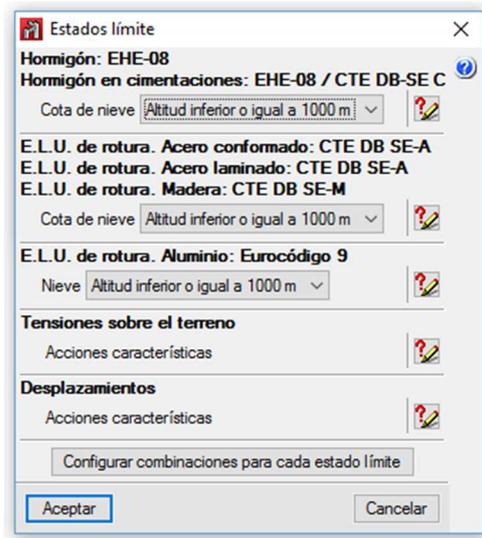


Figura 2.20 Menú de acciones de Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

Después de definir los estados, hemos identificado cada una de las acciones que hemos considerado y calculado según el documento básico, así como la categoría de uso de nuestra estructura.

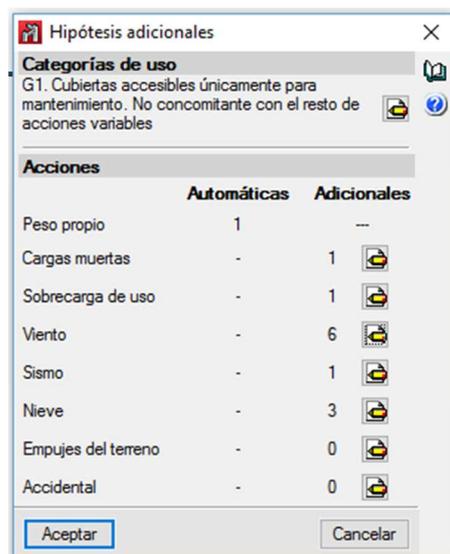


Figura 2.21 Menú de hipótesis de cálculo de Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

Así mismo dentro de cada una de las acciones hemos determinado el tipo de combinación con el resto de hipótesis que se vana incluir en el cálculo. En nuestro caso tanto para las cargas de nieve, como para las cargas por viento, ninguna de ellas son combinables entre sí.

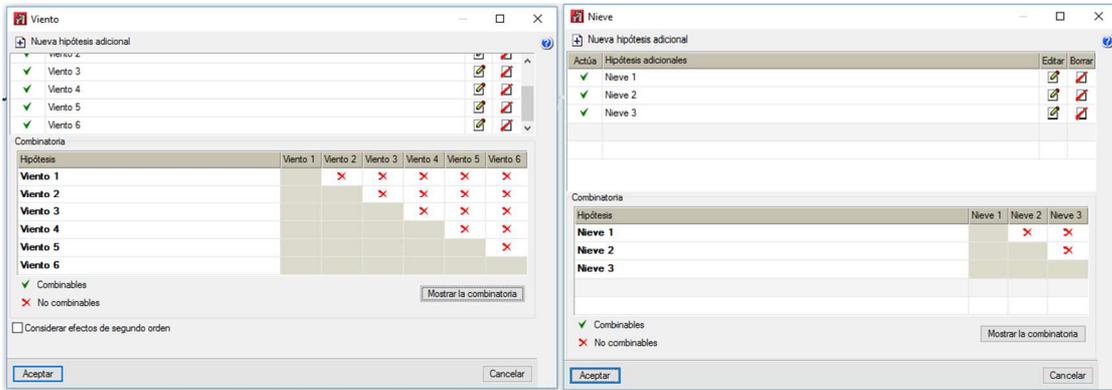


Figura 2.22 Menú combinación de acciones de Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

3.2.3 Geometría y descripción de las barras

Introducir la geometría de la obra en Nuevo metal 3D, es muy intuitivo, basta con introducir barras y determinar su longitud. El resultado final de nuestra obra es el que se expone a continuación.

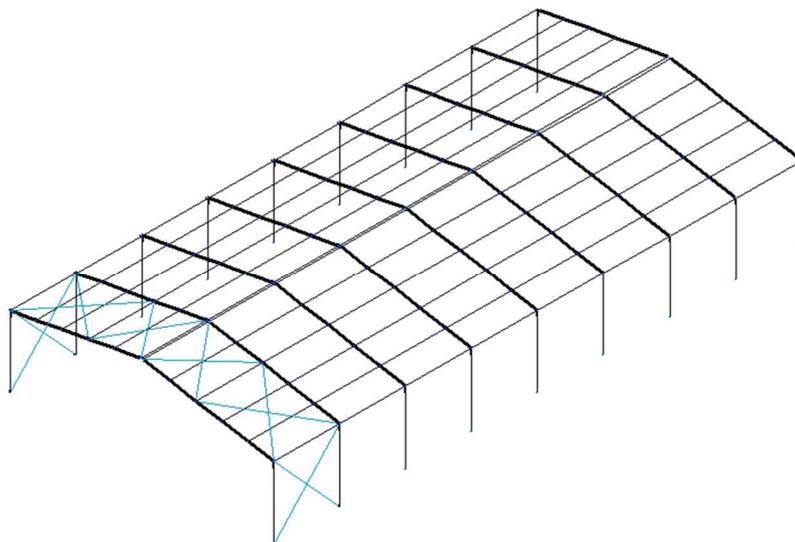


Figura 2.23 Modelo de cálculo 3D generado por Nuevo Metal 3D.

A la hora de introducir datos, y puesto que hemos decidido que todos los pórticos tendrán los mismos perfiles, hemos agrupado todos los pilares y jácenas en sendos grupos. Las barras se definen con el nombre de los nudos que unen, creandose estos últimos cada vez que se genera una nueva barra.

Una vez definida la geometría es hora de describir la sección de cada una de las barras. Para seleccionar el tipo de barra basta con acudir a 'barra>describir perfil' en la barra de herramientas y colocar el perfil deseado.

Además de definir el perfil, hemos tenido que orientar los perfiles según lo previsto en el proyecto. En el caso de los pilares debíamos colocar el eje fuerte en dirección perpendicular a la fachada larga. Para el caso de las correas hemos tendido que inclinar los perfiles $-11,5^\circ$ ó $11,5^\circ$, con respecto de la horizontal, dependiendo del agua en el que se encuentren de nuestra cubierta.

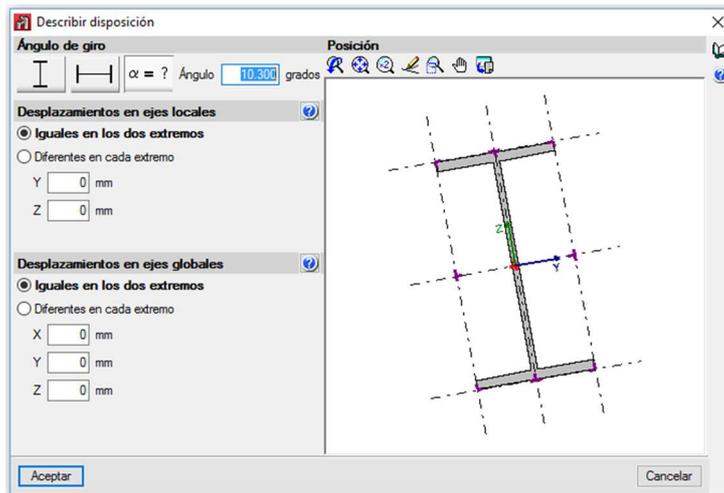


Figura 2.24 Descripción de posición de barras de Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

3.2.4 Vinculaciones

A la hora de definir el modelo de cálculo es imprescindible definir las rigideces de cada una de las uniones que conforman nuestra estructura. En nuestro caso bastará con identificar si la unión es rígida o flexible.

Dependiendo de si la unión se realiza entre dos barras de la propia estructura, o si se trata de una unión entre una barra y un punto ajena a la misma, diferenciaremos entre vinculaciones exteriores o interiores.

Vinculaciones exteriores

Las vinculaciones exteriores, hacen referencia a aquellas que, unen barras propias de nuestra estructura con el entorno. En nuestro caso las únicas vinculaciones exteriores que tenemos se encuentran en la base de nuestros pilares, donde se unen a nuestra cimentación a través de placas de anclaje. Como ya se ha nombrado, la unión entre el pilar y la cimentación será articulada, por lo que deberemos prestar especial atención a la dirección en la que permitimos los giros.

Acudiendo a la barra de herramientas, Nudo>Vinculación exterior> genérico, hemos marcado cada una de las bases de los pórticos y se han definido tal y como se indica en la siguiente imagen.

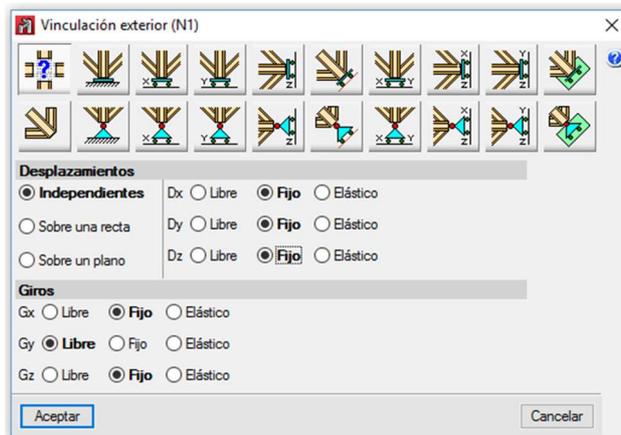


Figura 2.25 Definición de vinculaciones exteriores por Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

Vinculaciones interiores

Las vinculaciones interiores son aquellas que hacen referencia a la unión entre barras de la propia estructura.

Como en el proyecto se han definido los pórticos como rígidos, la unión entre pilares y jácena, así como la unión entre las barras inclinadas que forman la jácena, se considerarán rígidas. Acudiendo a la barra de herramientas, Nudo>Vinculación interior>Nudo Rígido.

Por otra parte las uniones entre las correas y las jácenas, así como las uniones de los tirantes, se considerarán flexibles, por lo que articularemos dichas uniones. Hemos acudido a la barra de herramientas, Nudo>Vinculación exterior> Articular Extremos.

A continuación se muestra un ejemplo tipo de la unión articulada de las correas.

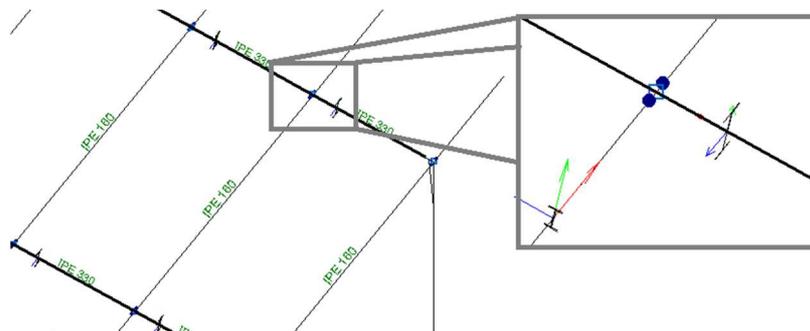


Figura 2.26 Barras articuladas por el programa Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

3.2.5 Longitudes de pandeo

Las longitudes de pandeo son muy importantes a la hora de realizar el cálculo, una mala definición de las mismas podría, si no nos fijamos bien, obligarnos a sobredimensionar nuestra estructura por exceso de esbeltez; o en su defecto provocar el fallo de la misma por pandeo.

En la siguiente imagen se muestra el menú en el que se pueden modificar las distintas longitudes de pandeo.

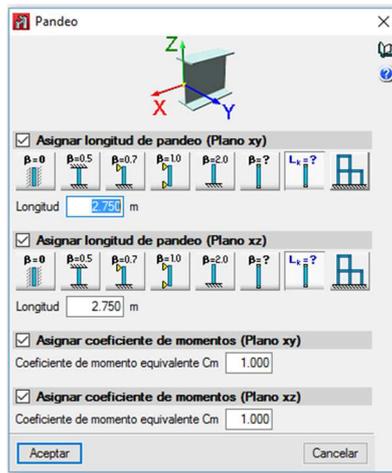


Figura 2.19 definición de longitudes de pandeo con Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

Longitudes de pandeo en pilares

Dado que se trata de pilares que forman parte de pórticos intraslacionales, tal y como indica el apartado 6.3.2.5 Pilares de edificios del DB-SE-A Acero, el coeficiente de pandeo puede obtenerse aplicando la fórmula 6.24 de dicho apartado. Es por ello que hemos implementado como 0,7 el coeficiente de pandeo en el eje z, y como 1, en el eje y.

Para el caso del coeficiente de pandeo lateral se ha considerado como 1 en ambos ejes. A la hora de introducir los coeficientes C_{mi} , nos hemos limitado a dejar los valores de la unidad, por defecto que propone CYPE. Se han dejado dichos valores predeterminados, pues dependen de la ley de esfuerzos flectores que sufra la barra para cada hipótesis y situaciones de carga, y no es factible calcular para cada una de estas situaciones un valor distinto. A la hora de realizar las comprobaciones aplicaremos los coeficientes pertinentes para los casos más desfavorables.

Longitudes de pandeo en jácenas

En el caso de las jácenas, y dado que las correas están unidas a la misma mediante uniones flexibles cada 2,2m de la misma. Hemos considerado que la longitud de barra que puede estar sometida a pandeo es de 2.2m, en ambas direcciones. Cabe añadir que el programa ya introducía dichos valores por defecto al introducir las articulaciones de las correas.

Para el caso de los coeficientes de pandeo lateral, por otra parte se ha diferenciado entre la fibra superior y la fibra inferior.

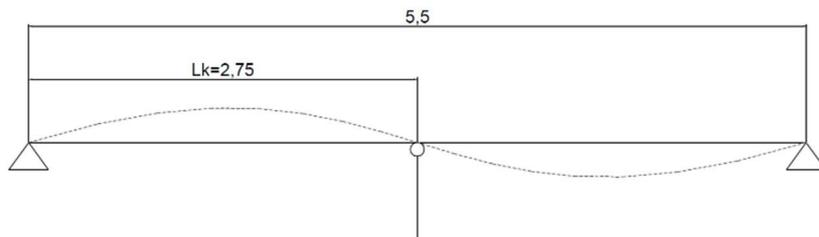
Para el caso de la fibra superior, se ha dispuesto como longitud de pandeo la distancia entre correas, de 2,2m que arriostran dicha fibra.

Para el caso del pandeo lateral en la fibra inferior, las longitudes de pandeo varían en función de la sección de la jácena. En los extremos que unen la viga con el pilar las longitudes de pandeo, al verse reforzadas por las cartelas y rigidizadores, se ha supuesto que son iguales a la distancia entre correas, es decir 2,2m. Para el resto de la viga, la longitud de pandeo propuesta es la distancia entre los refuerzos de la unión viga pilar y los refuerzos en la unión central de la jácena, la cual mide 8m.

Longitudes de pandeo en correas

A la hora de introducir la longitud de pandeo en las correas hemos tenido una especial consideración. Como ya se ha explicado en el proyecto, se han dispuesto una serie de tirantillas con perfiles L20x20x3 uniendo las correas transversalmente entre sí, uniendo cada uno de los centros de vano, para evitar la combadura generada por su propio peso al estar ligeramente inclinadas.

A pesar de que estas tirantillas no se han tenido en cuenta a la hora de generar nuestro modelo estructural, si las hemos tenido en cuenta a la hora de definir las longitudes de pandeo de nuestras correas. Es por ello, que hemos supuesto que la dicha longitud será la mitad de la longitud de la propia viga, $L_k=2,75m$.



Al igual que con las jácenas, las longitudes de pandeo axil serán también 2,75.

3.2.6 Flechas

Tal y como está indicado en el DB-SE-Seguridad estructural, en el apartado 4.3.3.1 Flechas, cuando se considere la apariencia de una cubierta suficientemente rígida, para una combinación de acciones casi permanente la flecha relativa será menor de $1/300$.

Se ha debido limitar la flecha tanto en correas como en jácenas.

Para ello se ha acudido a la barra de herramientas, Barra>Flecha Límite. En el menu que aparece hemos marcado para la flecha máxima relativa en el eje xz.

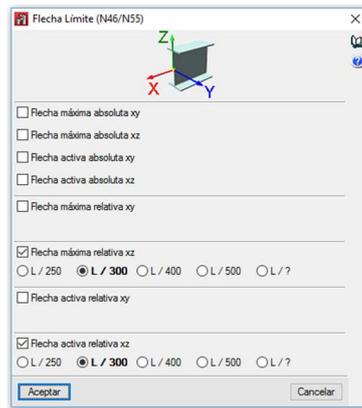


Figura 2.26 limitaciones de flecha con Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

3.2.7 Introducción de las cargas

La introducción de las cargas sobre cada uno de las unidades se ha realizado según esta explicado en el apartado '2. Distribución de las cargas sobre cada una de las unidades estructurales' del mismo anejo. Hemos tenido especial cuidado a la hora de introducir correctamente las cargas de viento sobre las correas, pues debían aplicarse con la debida inclinación, en el caso de no haberlo hecho no se habrían considerado las componentes horizontales de las mismas, muy importantes en el dimensionamiento de nuestra estructura.

4. Evaluación de los resultados obtenidos por el programa de cálculo

En el presente apartado evaluaremos el comportamiento estructural de cada una de los elementos que configuran nuestra estructura, así mismo se definirán los criterios que se han aplicado a la hora de dimensionar los perfiles.

Es por ello que expondremos las envolventes de cada uno de los esfuerzos que solicitan tanto a los pórticos, como a las correas y los arriostramientos que configuran la cubierta. También mostraremos las deformadas para las situaciones de carga que hayan supuesto mayores flechas o desplazamientos horizontales.

En este apartado tan solo representará la forma que tienen cada una de las envolventes, así como la deformada, pudiendo acudir a los listados adjuntos al trabajo, para consultar todos los valores calculados.

4.1 Envolventes y deformada en pórticos

A continuación se muestran en función de los esfuerzos las envolventes que describen sobre los pórticos.

Axiles

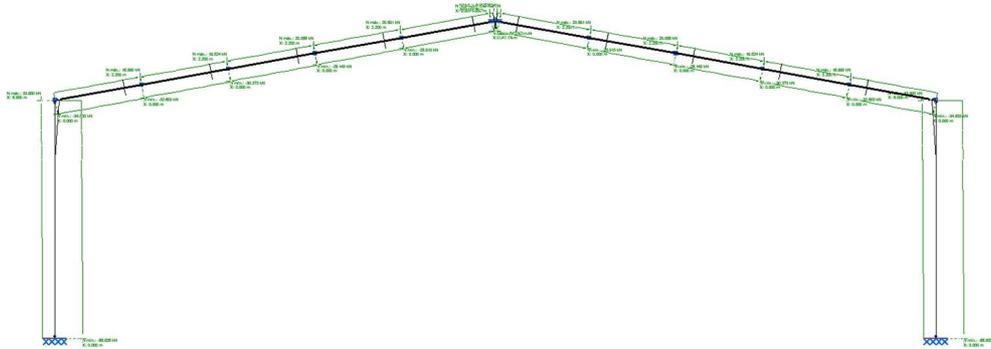


Figura 2.27 Envolvente de esfuerzos axiales del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

Los axiles se distribuyen de forma lineal a lo largo de los pórticos creciendo con una pendiente bastante leve. Esto se debe al escaso peso que tiene nuestra estructura.

A continuación se muestran los valores en pilares y jácenas por separado.

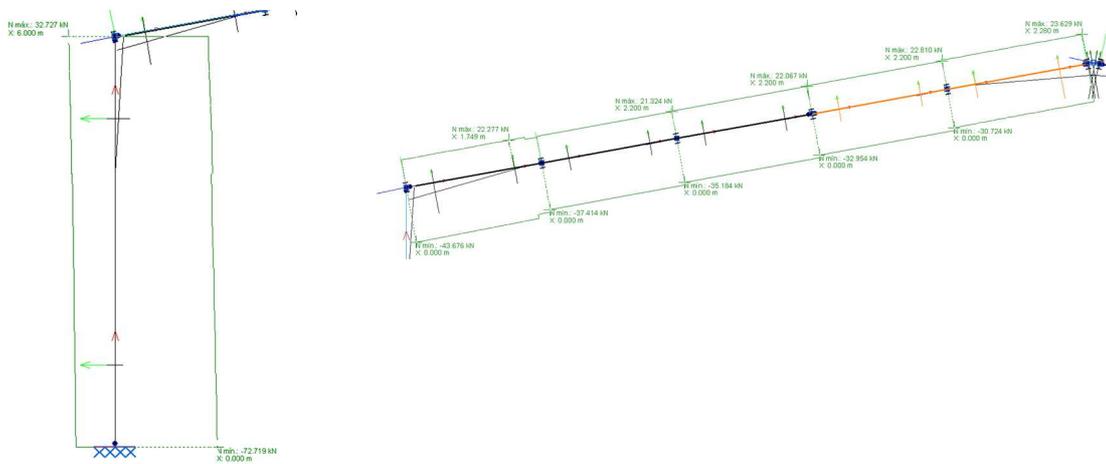


Figura 2.28 Envolvente de esfuerzos axiales del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

a) Momentos en el eje 'y'

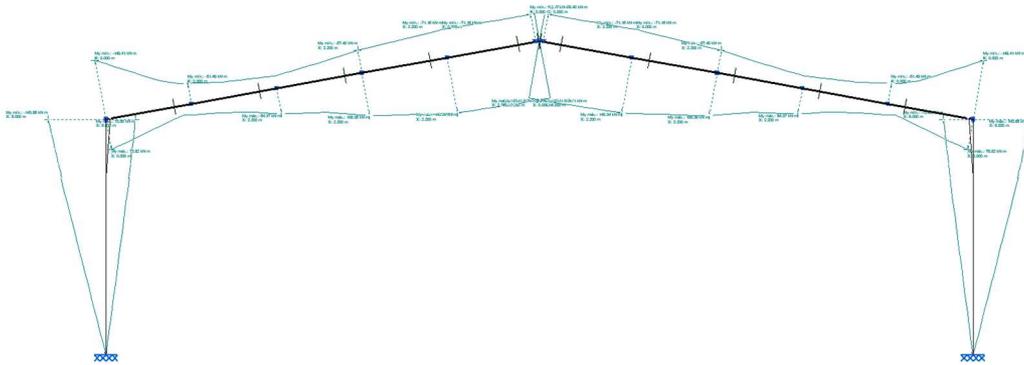


Figura 2.29 Envolvente de esfuerzos flectores del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

Las leyes de momentos en este caso resultan muy explicativas, podemos ver que en las bases de los pilares no se producen momentos, al estar articulados en dicha dirección, lo cual nos ha permitido reducir el tamaño de nuestra cimentación considerablemente.

También podemos ver que en los nudos, jácena-pilar y el que forma la unión de la jácena se concentran los momentos, es por ello que hemos tendido que comprobar con detalle estas partes de la estructura.

Es la concentración de momentos en este nudo la que provoca giros excesivos, y por ende flechas excesivas. La disposición de cartelas es muy importante para dar mayor rigidez y evitar mayores deformaciones

A continuación se muestran los valores en pilares y jácenas por separado.

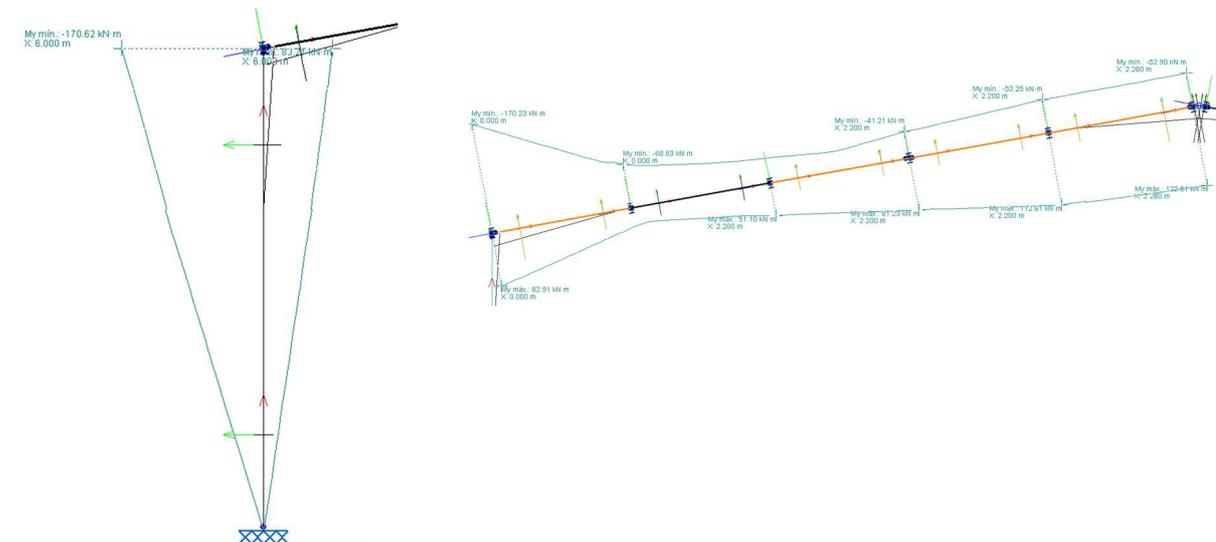


Figura 2.30 Envolvente de esfuerzos flectores del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

b) Cortantes en el eje 'z'

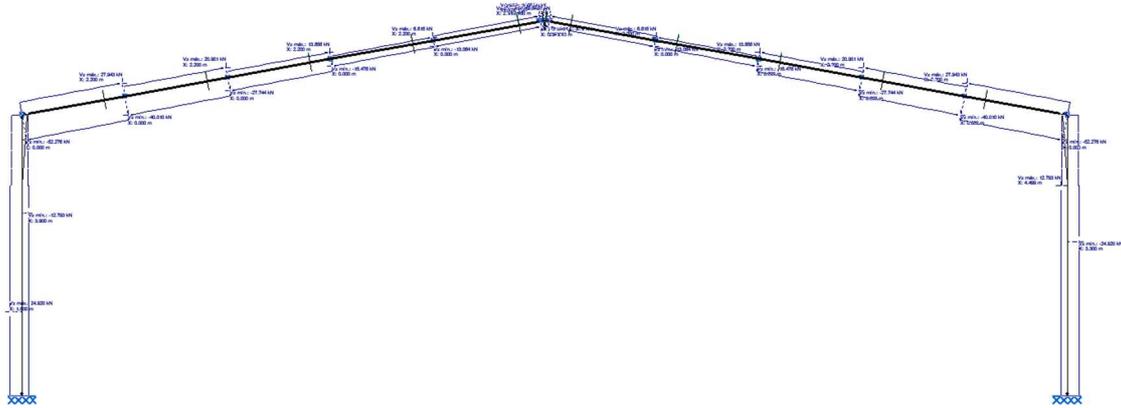


Figura 2.31 Envoltura de esfuerzos Cortantes del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

A continuación se muestran los valores en pilares y jácenas por separado.

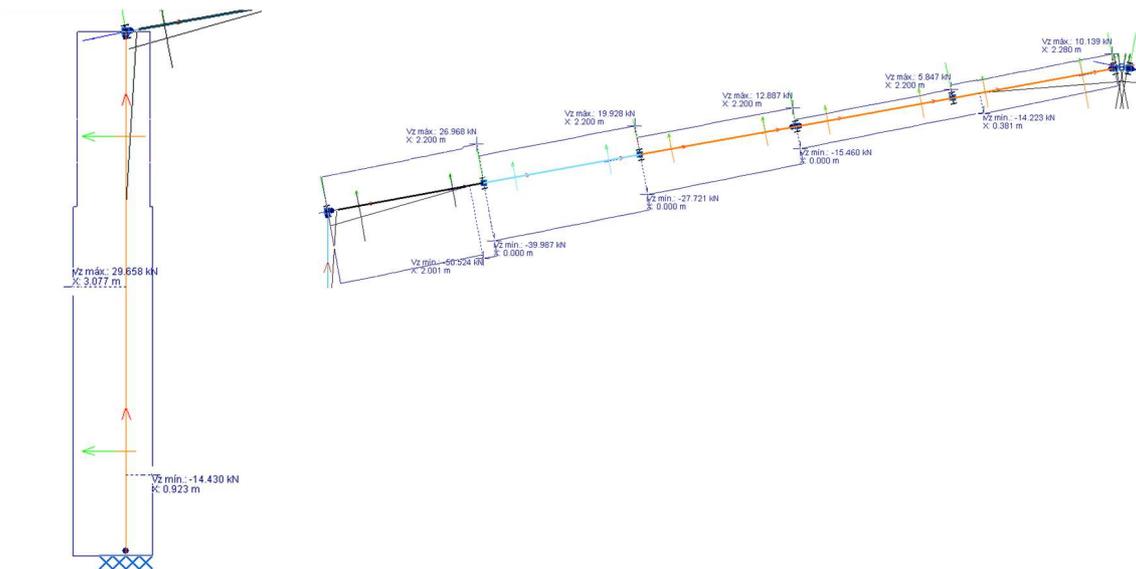


Figura 2.32 Envoltura de esfuerzos cortantes del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

c) Flechas

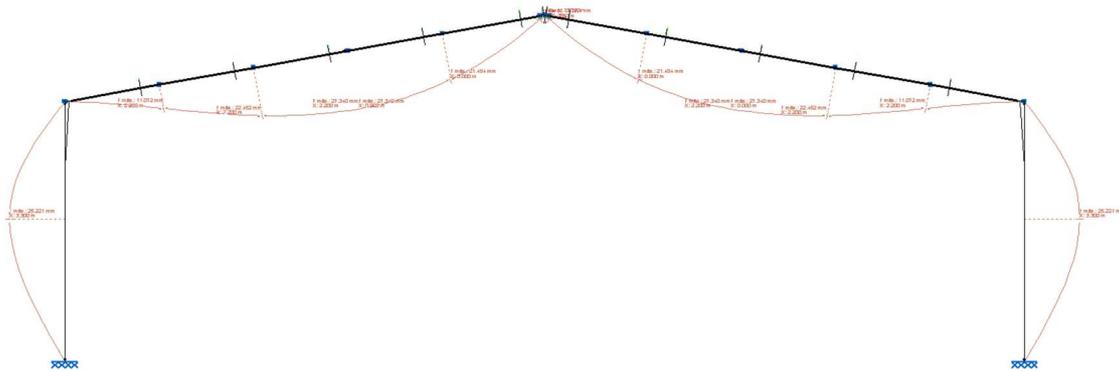


Figura 2.33 Envolvente de flechas del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

Las flechas, en nuestro caso, al tratarse de un pórtico biarticulado han tendido una especial consideración, pues al permitirse el giro de los pilares, la jácena tiene a abrirse por efecto de las cargas verticales. Cabe añadir que las jácenas están sobredimensionadas desde un punto de vista resistente, pues no agotan por la acción de esfuerzos, sino que las hemos dimensionado atendiendo al criterio de flecha máxima que fija la CTE en $L/300$.

d) Deformada

La deformada ha sido fundamental a la hora de comprobar tanto los desplazamientos horizontales de los pilares, como para comprobar la flecha que se produce sobre la luz del vano principal.

Por una parte, hemos tenido en cuenta desplazamientos horizontales para verificar la traslacionalidad de nuestra estructura. La situación de carga que mayores desplazamientos verticales generaba era:

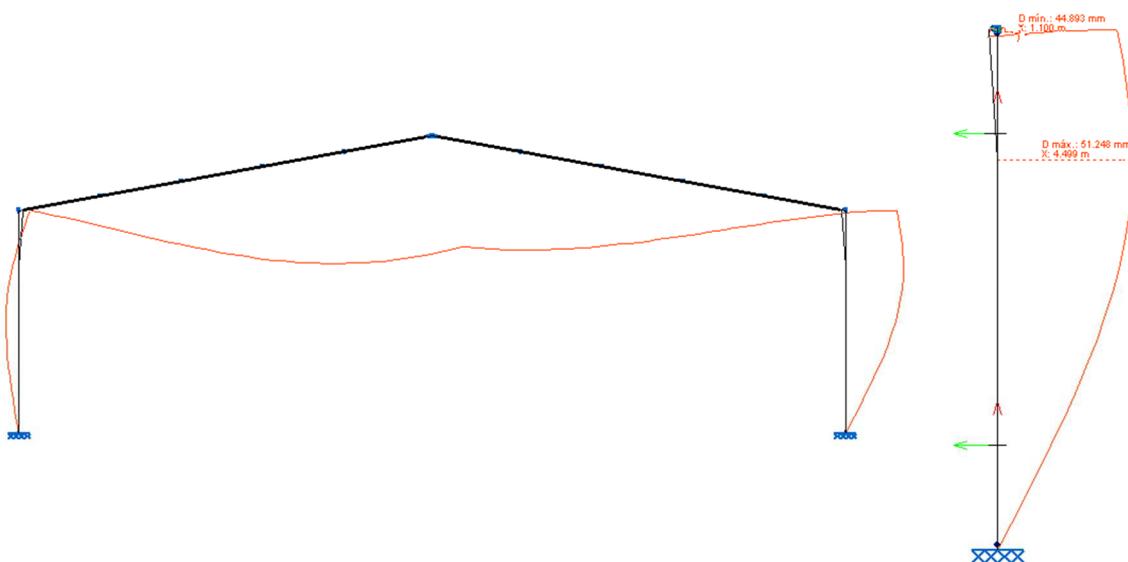


Figura 2.34 Deformada I. Del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

Por otra parte se ha debido comprobar, para la situación casi permanente más desfavorable de los pórticos interiores más cargados, el desplazamiento del punto más alto de nuestra estructura. Se ha debido cumplir un desplazamiento menor de $22/300$ para ajustarse lo marcado por la CTE DB-SE. Acero

Para este caso la combinación de acciones casi permanente, es la que se produce actuando conjuntamente: Peso propio + Carga Muerta

El valor del desplazamiento horizontal es de 36mm.

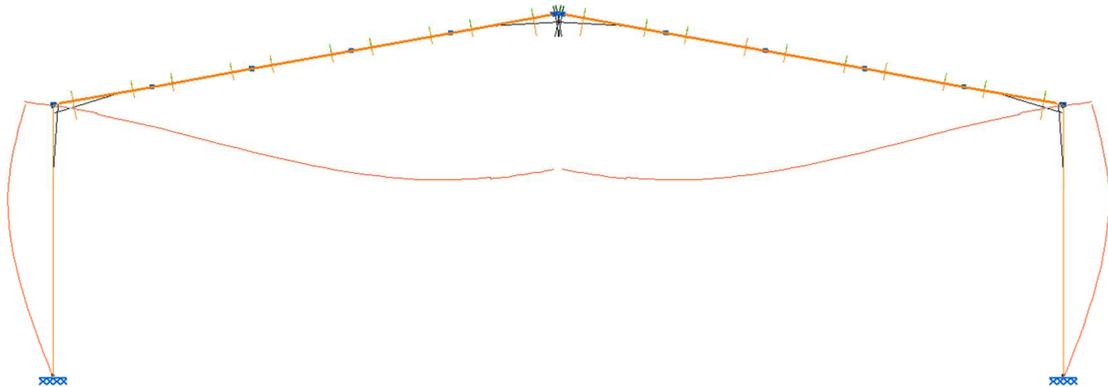


Figura 2.35 Deformada II. Del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

4.2 Envolventes y deformada en correas

Las leyes de esfuerzos de las correas, son las esperadas de una viga biapoyada, al estar estas inclinadas, sufren momentos en ambos sentidos de los ejes. Las envolventes de acciones más representativas serán los momentos en el eje 'y', y los cortantes en el eje 'z'.

Momentos en el eje 'y'

Cortantes en el eje 'z'

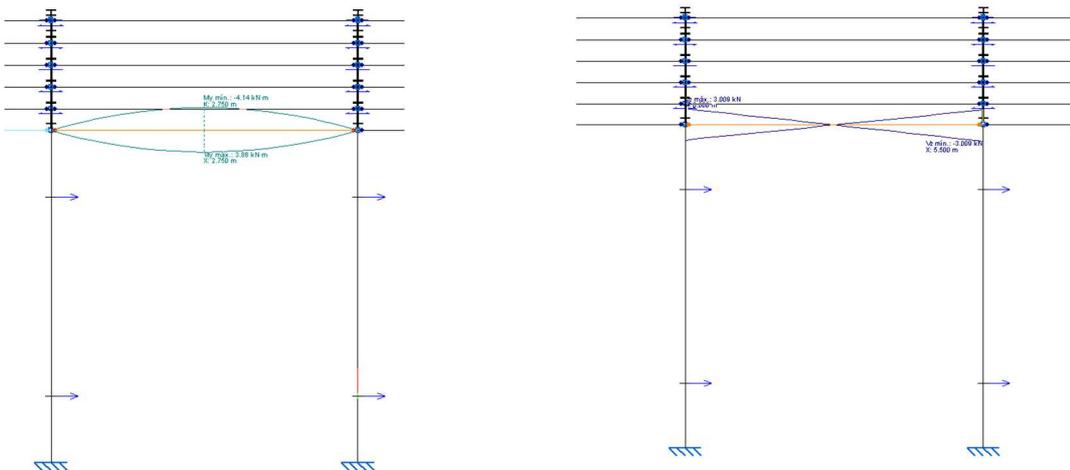


Figura 2.36 Envolventes de esfuerzos cortantes y flectores sobre las correas generadas por Nuevo Metal 3D.

Flechas

Una vez más, y debido a las excesivas luces que se pretenden salvar, a pesar de tener cargas poco importantes, ha sido la limitación de flecha relativa, la que ha limitado la elección de los perfiles.

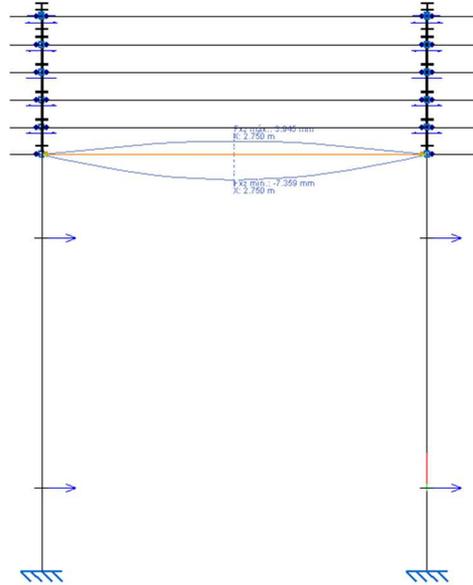


Figura 2.37 Envolvente de flechas de las correas generado por Nuevo Metal 3D.

5. Conclusiones

Dado el poco peso de la estructura, y al tratarse de una estructura diáfana, las acciones por viento cobran una gran relevancia. Es por ello que la estructura se ve solicitada por fuerzas horizontales, relativamente grandes, en comparación con las fuerzas horizontales de la misma.

Además al ser el nudo viga-pilar rígido, los momentos provocados por la jácena se transmitían hasta la cimentación, y provocaba esfuerzos horizontales sobre las mismas.

Al articular las bases de nuestros pórticos, los momentos en las bases desaparecen y con ellos los problemas de excentricidad, que nos habría llevado a ejecutar cimentaciones excesivamente grandes para la envergadura de nuestra obra. Sin embargo, esta modificación ha provocado que la estructura tienda a deformarse provocando flechas en el centro de vano del pórtico importantes.

Ha sido, por lo tanto, la limitación de flecha, en estado límite de servicio, en los pórticos, la que ha condicionado las dimensiones de los perfiles a emplear en la jácena, quedando el agotamiento de las barras en segundo plano. Es decir, con el propósito de dotar de mayor rigidez al pórtico, se han debido aumentar los perfiles de las jácenas, así como disponer de cartelas, para asegurar que la flecha relativa cumplía según lo marcado por la CTE. También se ha debido prestar especial atención con el pandeo lateral en las fibras inferiores próximas al nudo, de la jácena.

En el caso de las correas, el criterio que ha limitado el perfil ha sido también la flecha relativa, provocada en el sentido de su eje fuerte.

Los pilares, como era de esperar, agotan por la interacción de esfuerzos y pandeo. La sección más restrictiva se encontraba en la cabeza de pilar, y es por ello que han debido disponerse cartelas con el propósito de dotar de inercia dichas secciones.

CAPITULO 3: Alternativa II. Estructura de Hormigón Prefabricado.

A continuación realizaremos una descripción más detallada de la estructura. Analizaremos cada uno de los elementos que la conforman, así como las acciones que la solicitan para determinar el comportamiento de la misma.

Se han expuesto tanto las propiedades de los materiales que pretendemos emplear, como los modelos y herramientas de cálculo empleados, haciendo alusión siempre a las normativas que emplearemos durante las comprobaciones.

1. Descripción de la estructura

1.1 Configuración arquitectónica y disposición

En vista de la distribución de la parcela, podremos ejecutar un total de 3 canchas deportivas, este proyecto solo contempla el cálculo de una de ellas. Con el propósito de encajar cada una de las canchas en su disposición final deberemos tenerlas previstas en proyecto.

A continuación se muestra la disposición de las citadas canchas deportivas en nuestra parcela, proyectaremos la señalada en color azul.

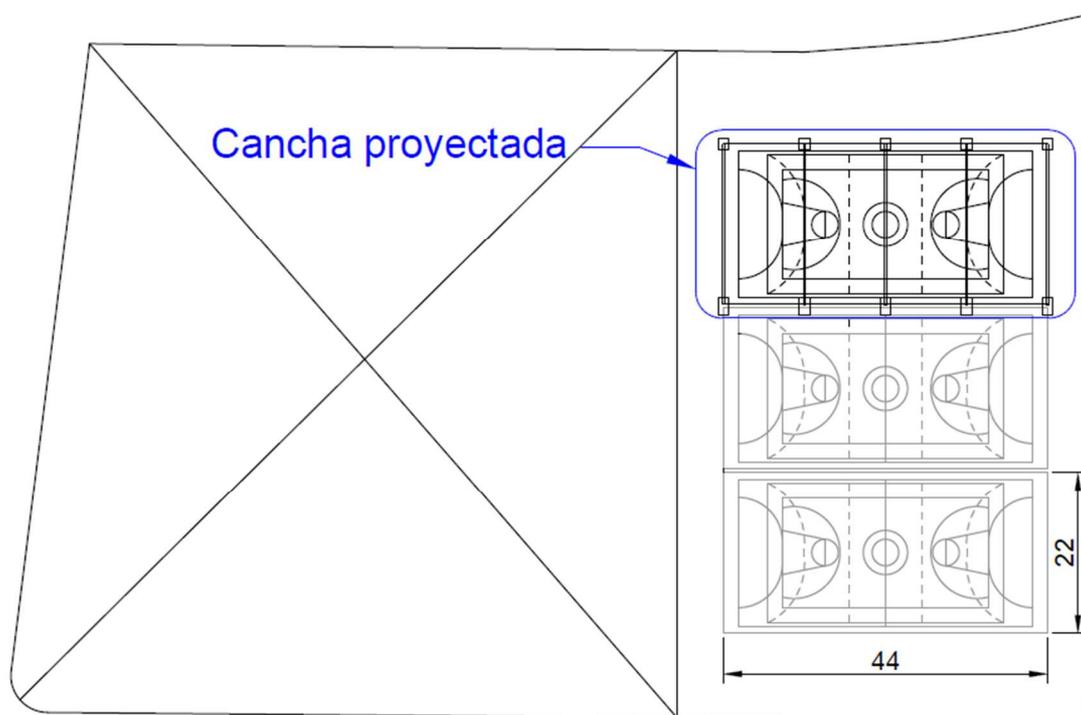


Figura 3.1 Distribución en planta de la estructura proyectada. Fuente: Propia

La estructura objeto de análisis será una cubierta a dos aguas de hormigón prefabricado que ocupará un área de 44x22m. Estará formada por una sucesión de 5 pórticos que sostendrán la cubierta, con una separación entre ellos de 11m. Los pórticos, con una altura máxima de 7m, estarán compuestos por pilares de una altura de 6m, y una viga delta sobre la horizontal. Cada uno de los pórticos salvará en total una luz de 22 metros. Cada uno de los pórticos estará unido al siguiente por 6 Vigas tipo Dalla y 2 vigas porta canalón, en los extremos, de 11 metros. En el anejo de planos podemos encontrar todas las medidas en detalle de cada uno de los elementos.

El modelo de los elementos que se han empleado para esta alternativa son los que aparecen en el catálogo de la empresa de prefabricados 'PRAINSA'. De esta forma el diseño de la nave vendrá condicionada por las prescripciones fijadas en dicho catálogo.

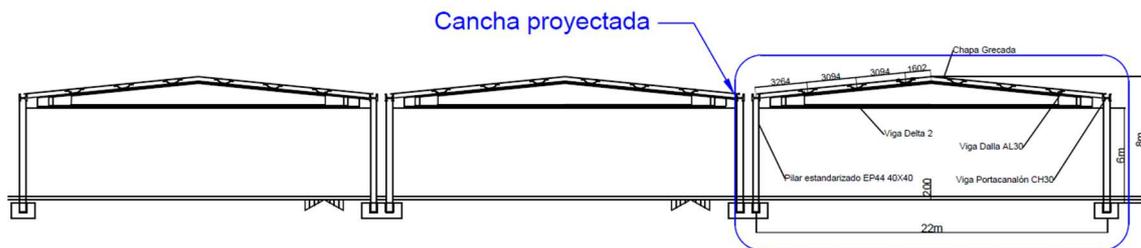


Figura 3.2 Disposición fachada principal de cubiertas deportivas. Fuente: Propia

2. Descripción de las unidades estructurales diseñadas y criterios de dimensionamiento.

En el presente apartado se describirán todos los elementos que conforman nuestra estructura, tanto la geometría de las mismas, como las condiciones de contorno a las que estaban sujetas a la hora de realizar el cálculo. Empezaremos detallando la geometría de nuestros pórticos para dar una idea general del proyecto estructural. A continuación describiremos cada una de las unidades estructurales, de arriba abajo, siguiendo un orden de dimensionamiento lógico.

2.1 Pórticos

En el caso de nuestra cubierta, tanto los pórticos interiores, como los pórticos de las fachadas, tendrán las mismas dimensiones.

Se tratará de pórticos biempotrados articulados en la unión viga-pilar. Es decir, los pórticos diseñados están formados por vigas que se encuentran simplemente apoyadas sobre los pilares. A su vez, ambas bases de la estructura se encuentran empotradas al terreno. Se tratará de pórticos intraslacionales.

Sobre cada uno de los pórticos apoyan 6 correas tipo Dalla y dos vigas Portacanalón en los extremos. La configuración de nuestros pórticos corresponde al descrito en el siguiente gráfico.

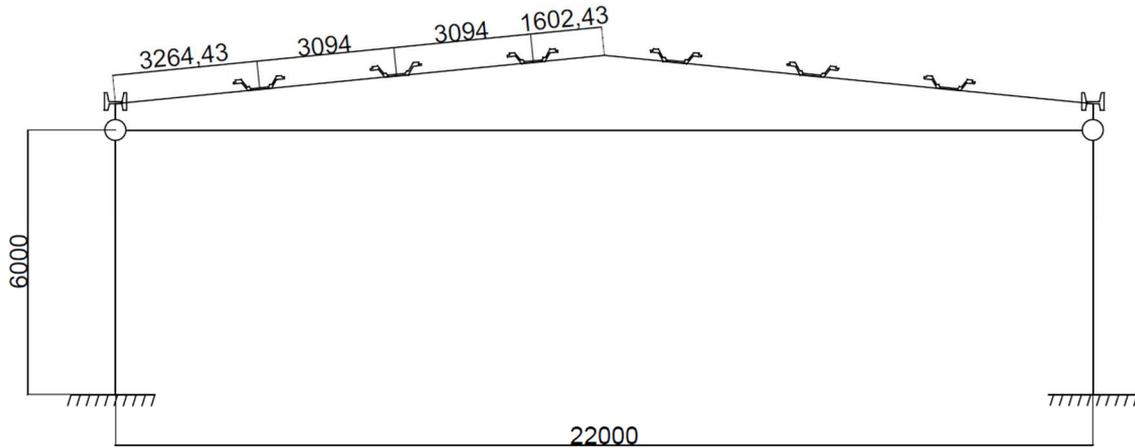
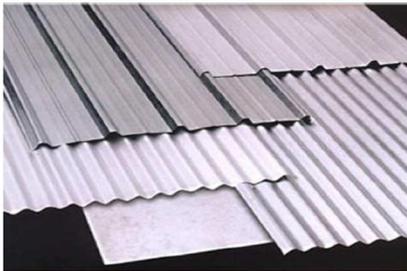


Figura 3.3 Croquis de pórtico tipo de la estructura de hormigón prefabricado. Fuente: Propia

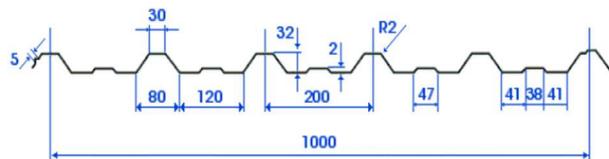
2.2 Cubierta

La cubierta está formada por chapas grecadas de canto 80mm y acero de espesor 0.8mm. Será tal como la descrita en la siguiente figura.

Chapa Grecada de Acero



Chapa de Acero Trapezoidal, aconsejada por su durabilidad, resistencia y ligereza, se convierte en el producto por excelencia destinado a cubiertas o fachadas. Disponible en diferentes perfiles y tanto en galvanizada como nrelacada



Hemos elegido como distribuidor a Garcopanel® por la proximidad geográfica que guarda con respecto a la obra, abaratando el coste de transporte.

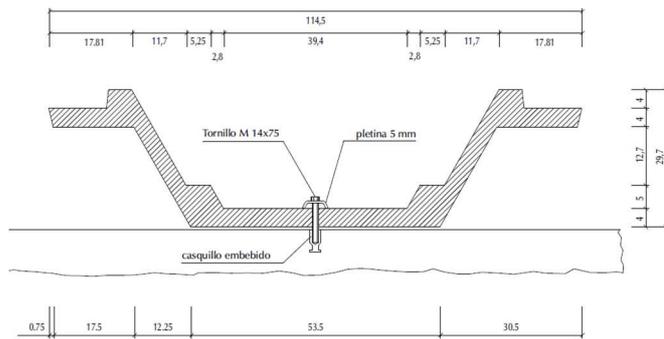
Figura 3.4 Características geométricas de la chapa grecada. Fuente: GARCOPANEL

2.3 Correas

Las correas se han dispuesto de forma simétrica, en ambas aguas de nuestra cubierta. Conformadas por Vigas Dallas AL30, las correas salvan una luz de 11m lo que corresponde a un único vano. La unión entre el dintel y la correa será articulada, y se realizará mediante una unión tipo especificada por el suministrador de prefabricados.

El número de correas tipo Dalla en total será de 24, es decir, 6 por vano.

A continuación se muestra la geometría de las mismas así como las prescripciones que marca el catálogo.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

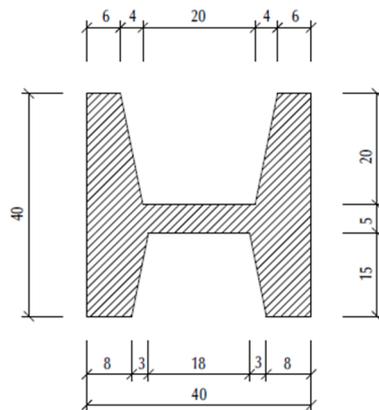
Tipo	AL 30	
Peso	kN/m (Kp/m)	1.59 (159)
Mmáx.	mkn	71.10
Longitud normalizada	m	10
Long. Máx.	m	12.50
EF	min	90

Figura 3.5 Perfil Viga Dalla AL30 y características técnicas. Fuente: Catálogo Prainsa

2.4 Vigas Portacanalón

A lo largo de los extremos de las fachadas largas, se han dispuesto vigas Portacanalón. Tienen una longitud total de 11 metros y apoyarán sobre los pilares. Las vigas Portacanalón hacen las veces de sistema de desagüe y se encargarán de recoger la lluvia que vierta sobre la cubierta.

A continuación se muestra la geometría de las mismas así como las prescripciones que marca el catálogo.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tipo	CH 40	
Peso	kN/m (Kp/m)	2.01 (201)
Longitud normalizada	m	10
Long. Máx.	m	12.50
EF	min	30

Figura 3.6 Perfil Viga Portacanalón y características técnicas. Fuente: Catálogo Prainsa

2.5 Pilares

Se han escogido pilares EP44 para soportar la estructura. Las dimensiones de los pilares son de 400x400mm, con una altura total de 6 metros. Se han dispuesto un total de 10 pilares. Las características técnicas, de los mismos, descritas por el catálogo son:

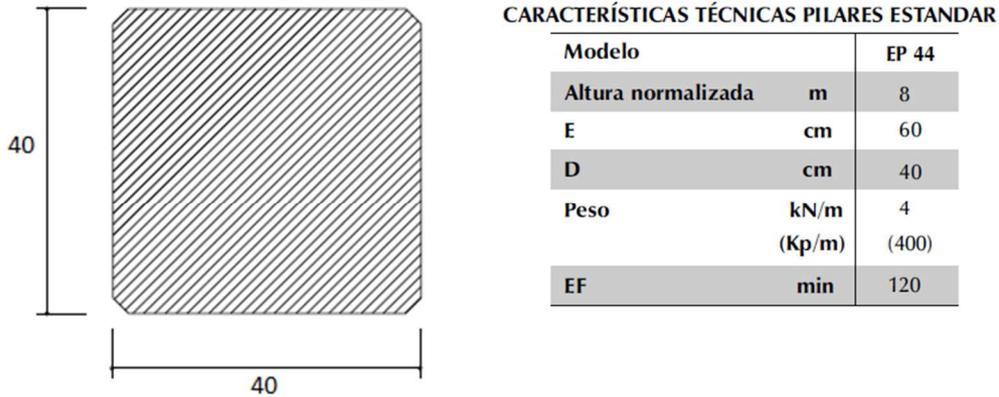
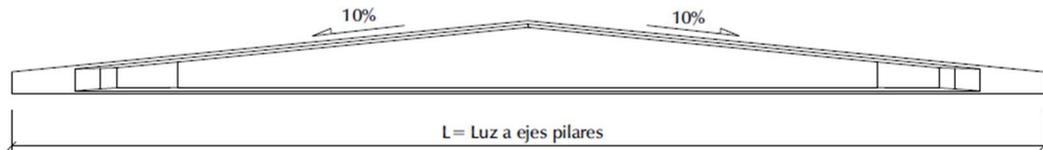


Figura 3.7 Perfil Pilar Estándar EP44 y características técnicas. Fuente: Catálogo Prainsa

2.6 Dintel

El tipo de dintel empleado para salvar la luz de 22 metros ha sido la viga Delta 2 Pretensada. En total han sido necesarias 5 vigas Delta.

A continuación se muestran las características técnicas y geométricas de la misma.



Luz a eje pilares L	m	22
Altura en apoyo HA	cm	60
Altura máxima HM	cm	170
Carga útil máxima	kN/m (Kp/m)	21 (2100)
Peso	T	10.18
EF	min	60

Figura 3.8 Viga Delta 2 Pretensada y características técnicas. Fuente: Catálogo Prainsa

2.7 Uniones

En el siguiente apartado se describen las uniones que conforman nuestra estructura, así como los medios de unión que propone la empresa suministradora Prainsa.

2.7.1 Unión Dintel-Pilar-Viga Portacanalón

Tanto la unión entre el dintel y el pilar, como la unión entre la viga Portacanalón y el pilar, se considerarán articuladas.

La unión Dintel-Pilar se ha resuelto disponiendo en el final superior del pilar una forma de horquilla que permitirá el acoplamiento del dintel.

A su vez el extremo superior de la horquilla está dotada de una llave que permite el ajuste entre la viga Portacanalón y el propio pilar. Para afianzar la unión se disponen de tornillos para evitar el desplazamiento de cualquiera de los elementos y unir la viga Portacanalón al dintel.

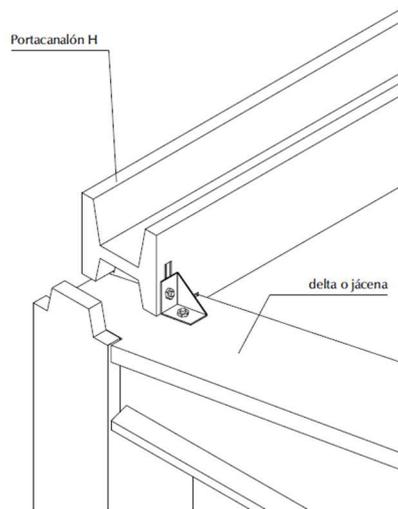


Figura 3.9 Unión ahorquillada Viga-Pilar. Fuente: Catálogo Prainsa

El detalle de la sección final del Dintel pretensado Delta 2, para pilares con horquilla, es el dispuesto a continuación.

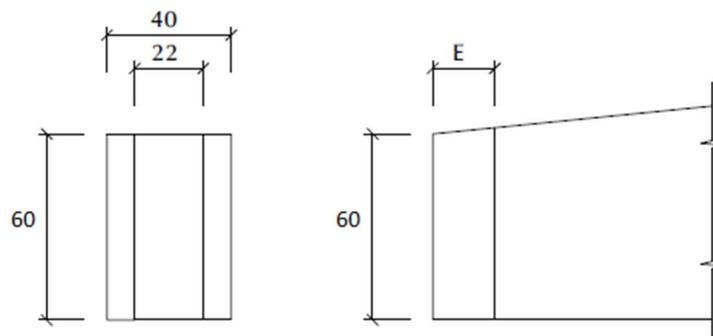


Figura 3.10 detalle unión ahorquillada Viga-Pilar. Fuente: Catálogo Prainsa

2.7.2 Unión Correas-Dintel

La unión entre las correas se considerará articulada también, el Catálogo propone disponer un tornillo, que atraviese la base de la viga Dalla, y quede atornillado a un casquillo embebido en la Viga Delta, durante la fase de hormigonado de la misma. Es por ello que se han debido especificar en detalle la separación entre cada una de las correas, antes de la fabricación de las piezas.

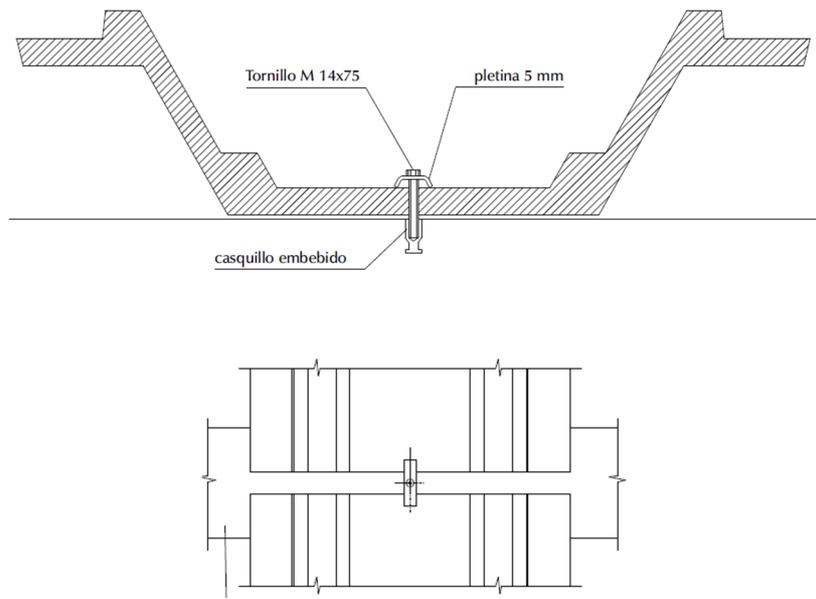


Figura 3.11 Detalle unión Correa-Dintel. Fuente: Catálogo Praisna

2.7.3 Empotramiento en cimentaciones

Como ya se ha explicado en el anejo geotécnico, considerado el terreno y la magnitud de nuestra obra, se van a ejecutar cálices de cimentación rígidos, atados en la dirección de la fachada larga. Las dimensiones de las mismas están descritas en los siguientes subapartados.

Los pilares se han unido a la cimentación mediante un cáliz de superficie lisa, introduciendo hormigón relleno HA-25. La holgura entre la columna prefabricada y el cáliz es de 5 centímetros, tanto en el lateral como en el fondo de la columna.

Dado que se trata de columnas de EP44, la profundidad a la que debe ir la columna dentro del cáliz será de 60cm.

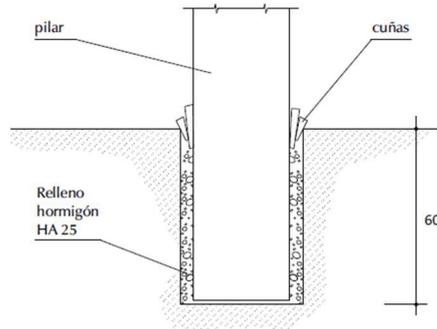


Figura 3.12 Detalle Empotramiento Cáliz de Cimentación. Fuente: Catálogo Prainsa

2.8.1 Cáliz de cimentación aislado

Los cálices de cimentación que se han dispuesto en el lado que no comparte cargas con futuras estructuras colindantes, tienen unas dimensiones de 1500x1500x1000mm. Y su armado será el descrito en la siguiente figura. Para mayor detalle acudir a los planos de la estructura de hormigón prefabricado y cementación.

En el siguiente croquis se describen las dimensiones de las mismas.

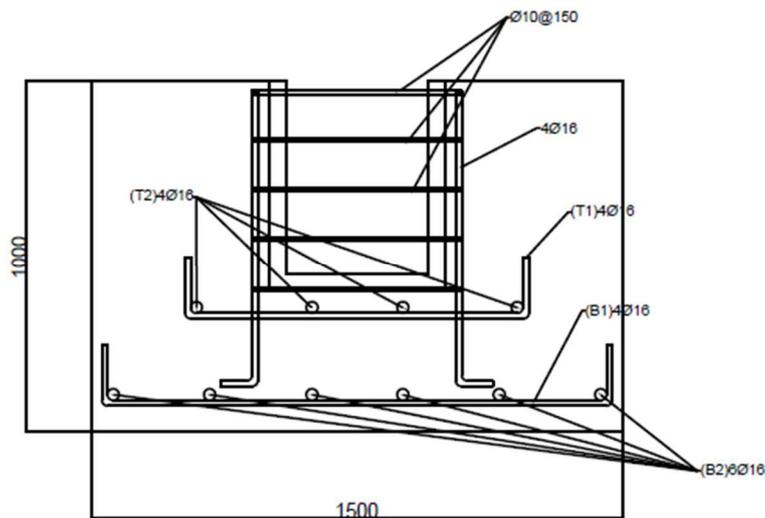


Figura 3.13 Cáliz de Cimentación. Fuente: Propia

2.8.2 Cáliz de cimentación combinado

Los cálices de cimentación que se han dispuesto en el lado que comparte cargas con futuras estructuras colindantes, tienen unas dimensiones de 1500x2500x1000mm. Y su armado será el descrito en la siguiente figura. Para mayor detalle acudir a los planos de la estructura de hormigón prefabricado y cimentación.

En el siguiente croquis se describen las dimensiones de las mismas.

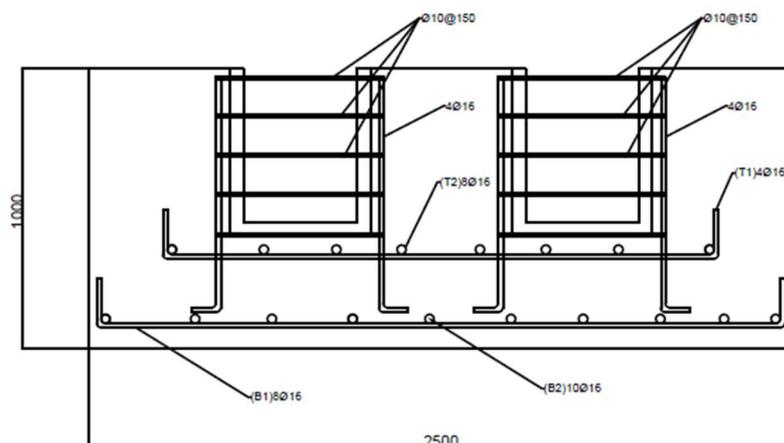


Figura 3.14 Cáliz de Cimentación Combinado. Fuente: Propia

2.9 Instalaciones auxiliares

Además de los elementos estructurales, ha sido preciso dotar a la estructura de una serie de Instalaciones auxiliares, con el propósito de dotar a la estructura de mayor funcionalidad. Las mencionadas instalaciones auxiliares serán las mismas que se han dispuesto para la estructura metálica. un canalón de desagüe, parasoles de poliéster, y la solera sobre la que se dibujarán las marcas de la cancha deportiva.

2.9.1 Canalón de Desagüe

El canalón de desagüe tiene el propósito de recoger el agua de lluvia que cae por ambas aguas de la cubierta, y verterla fuera de la cancha, en este caso tan solo será necesario disponer las tuberías verticales, ya que las vigas Portacanalón hacen las veces de sistema de desagüe en los laterales de la cubierta.

2.9.2 Parasol

Como ya se ha mencionado, los parasoles serán de poliéster. Se dispondrán cubriendo hasta metro y medio, entre cada uno de los vanos del pórtico, y estarán atados a los pilares y las correas mediante las cuerdas que facilite el fabricante.

2.9.3 Solera

Una vez vertido todo el relleno sobre las cimentaciones, y nivelado el terreno, se dispondrá una capa de hormigón de nivelación sobre el cual se dibujarán las marcas que permitan aprovechar la cancha para múltiples actividades. A la hora de ejecutar la losa se tendrán en cuenta las normas de buena construcción, dejando previstas las juntas necesarias, con el objetivo de evitar la fisuración de la misma.

A continuación se muestra el trazado en planta que debe tener nuestra cancha multideportes.

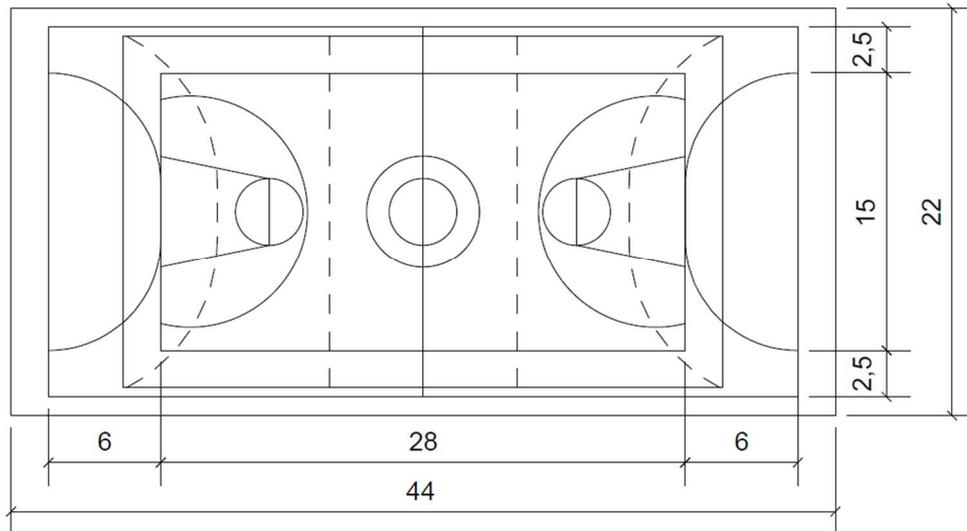


Figura 3.15 Trazado del dibujo sobre el pavimento. Fuente: Propia

Se muestra el alzado y perfil de la estructura, remarcando el citado canalón de desagüe, los parasoles de poliéster, y la losa sobre la que se dibujarán las marcas de la cancha deportiva.

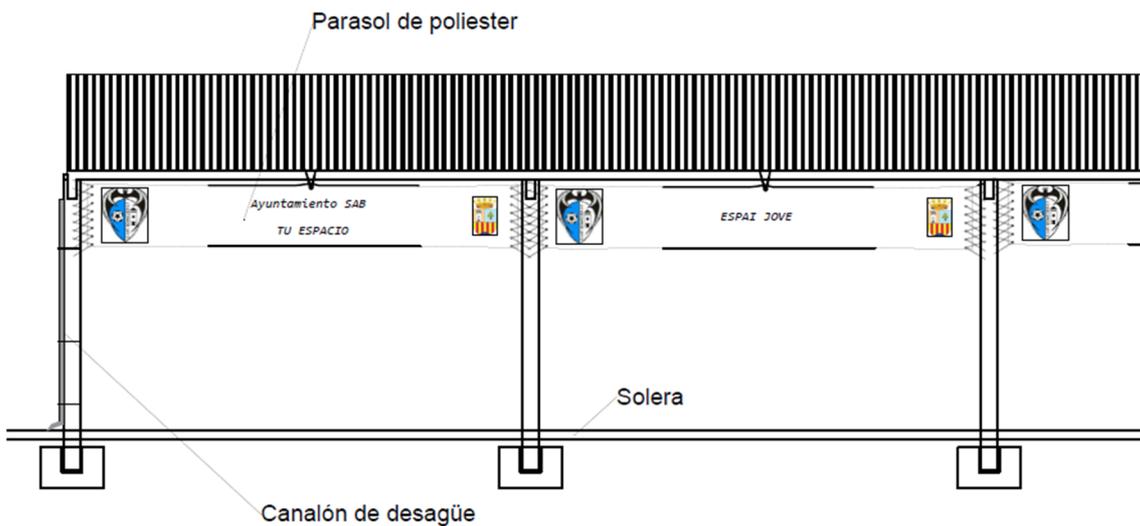


Figura 3.16 perfil de la cubierta deportiva una vez equipada. Fuente: Propia

4. Metodología de cálculo y dimensionamiento de las distintas unidades estructurales.

En el siguiente apartado se expondrá el procedimiento que ha seguido el alumno para dimensionar el conjunto de la estructura, E introducir los datos en el programa NUEVO METAL 3D.

4.1 Análisis de cálculo empleado

En el caso de la estructura de hormigón prefabricado, se ha empleado el modelo lineal. Tras comprobar la relación de la rigidez de la estructura con la carga vertical de cálculo que llega a la cimentación aplicando la fórmula que aparece en el 'artículo 43. De la EHE-08', se ha podido verificar que los pórticos son efectivamente intraslacionales.

Hemos considerado nuestra estructura como arriostrada, por lo que bastará con realizar un análisis elástico.

Se puede consultar dicha comprobación acudiendo al ANEJO III. Cálculo Alterantiva II. Estructura de Hormigón Prefabricado, en el apartado '4. Comprobación del grado de traslacionalidad'.

4.2 Introducción de datos en el programa de cálculo 'Nuevo Metal 3D' de Cype.

En este apartado se ha explicado el procedimiento que se ha seguido para implementar en el programa 'Nuevo Metal 3D de Cype'. Se van a explicar en el mismo orden en el que se han ejecutado, todos y cada uno de los pasos empleados para introducir los datos en el programa.

Tan solo se tendrá en cuenta el procedimiento para realizar cálculo de las esfuerzos y reacciones que intervienen en nuestro proyecto de estructuras.

En los siguientes subapartados se describe todas las consideraciones que se han tomado a la hora de introducir los datos en el programa.

4.3.1 Normativa considerada por Cype

Se han introducido las mismas normativas y combinaciones de acciones que para la estructura metálica, para más detalle acuda al apartado 4.3.1 del Capítulo 2. Alternativa I. Estructura metálica.

4.3.2 Geometría y descripción de las barras

El modelo final introducido en cype para la estructura de hormigón prefabricado es el siguiente.

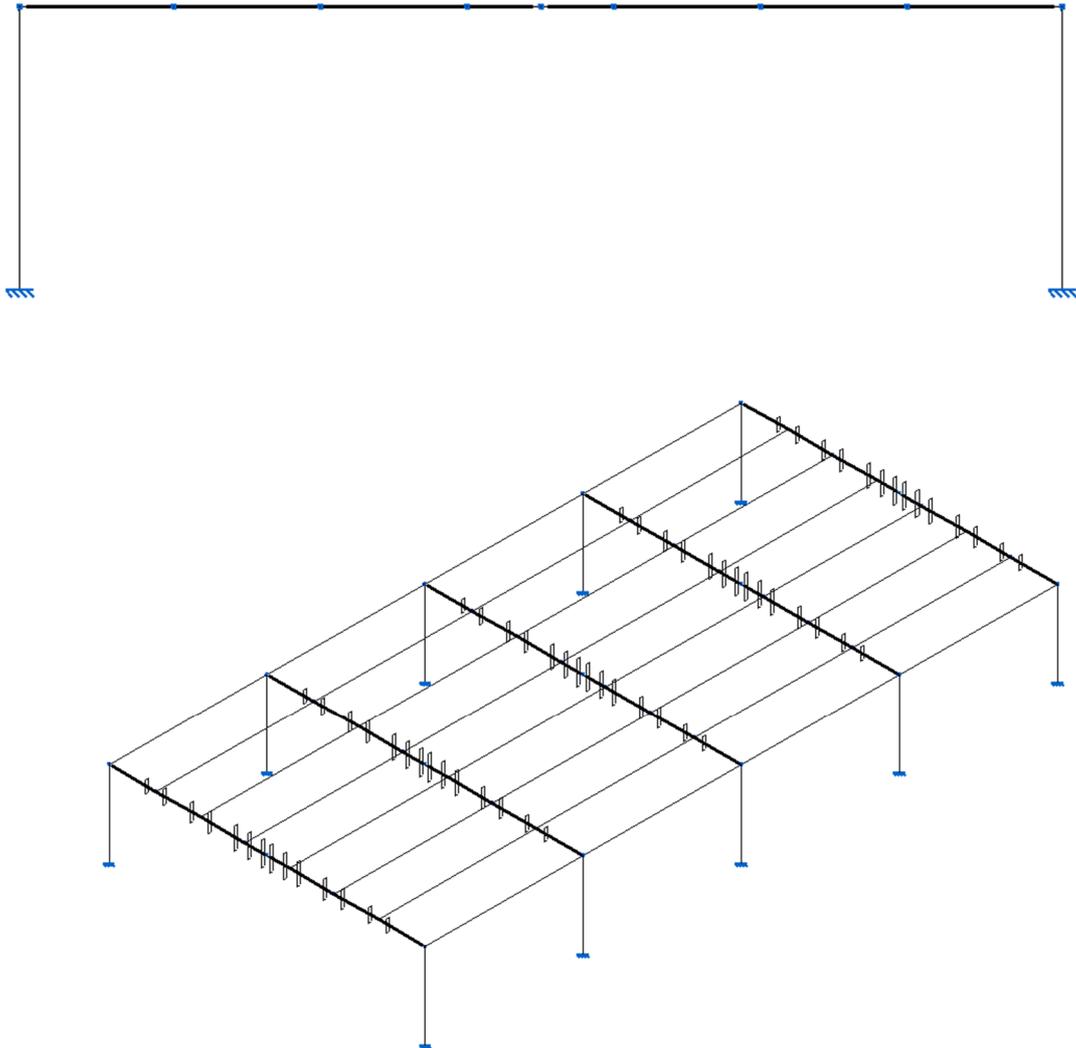


Figura 3.17 Modelo de cálculo 3D generado por Nuevo Metal 3D.

En este caso, la descripción de las barras ha debido hacerse con especial cuidado, ya que no se disponía de información suficiente para definir las mismas en detalle.

Conocida la geometría de cada una de ellas, hemos introducido como perfiles genéricos cada uno de los elementos que conforman la estructura. Como no conocemos las cuantías de armadura activa o pasiva que componen cada uno de los elementos prefabricados introduciremos tan solo las características mecánicas brutas de la mismas.

a) Pilares

Los pilares se han descrito en el programa como una barra de hormigón rectangular de 40x40cm.

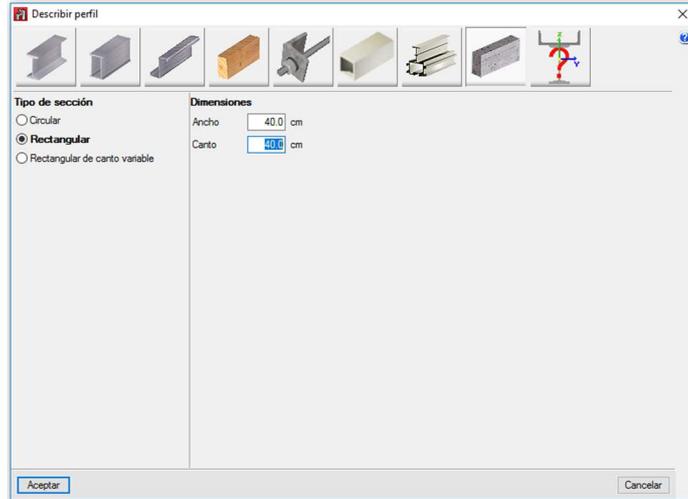


Figura 3.18 Panel de descripción de barras rectangulares de hormigón generado por Nuevo Metal 3D

b) Correas

Para las correas y dado que estas se encuentran inclinadas un ángulo de 10° con respecto a la horizontal, se ha debido calcular las inercias brutas de las mismas una vez girados los ejes.

Se ha introducido de forma manual el área de las mismas, el área de cortante y la inercia a flexión, en ambos ejes. También se han introducido las características de los materiales, suponiendo que al tratarse de elementos prefabricados la resistencia característica del hormigón empleado es de 45MPa.

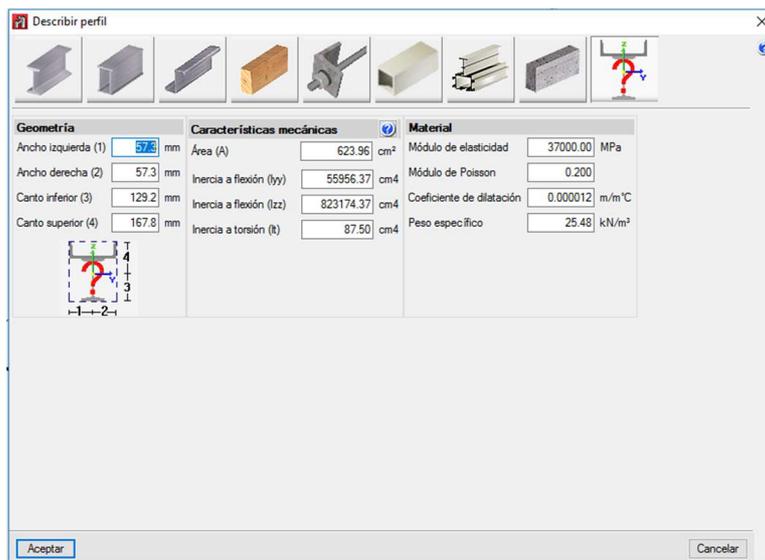


Figura 3.19 Panel de descripción de barras genéricas generado por Nuevo Metal 3D

c) Vigas portacanalón

El procedimiento para introducir las características mecánicas y del material para el caso de las vigas portacanalón ha sido el mismo que se ha empleado para las vigas, con la salvedad de que estas no se encuentran inclinadas, apoyan de forma recta. A continuación se muestra el cuadro en el que se describen las características introducidas.

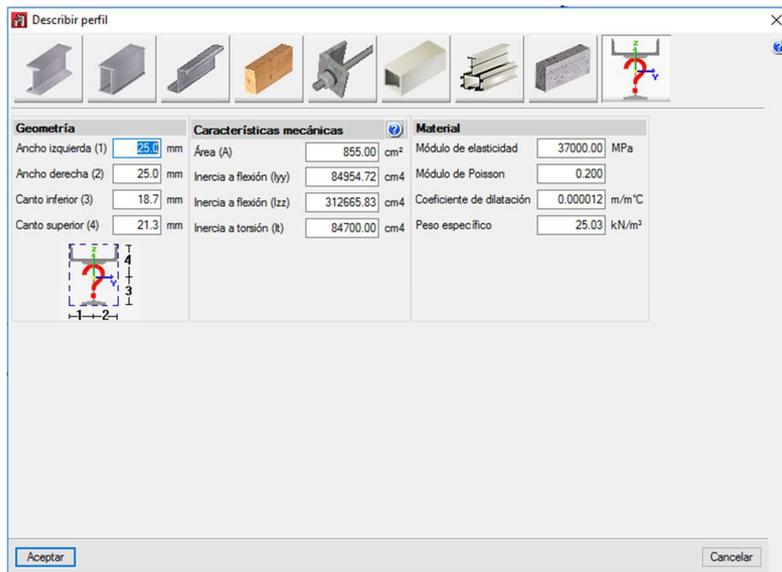


Figura 3.20 Panel de descripción de barras genéricas de hormigón generado por Nuevo Metal 3D

d) Dintel

El dintel en este caso se ha descrito como dos barras rectangulares de canto variable, unidas rígidamente. Se ha considerado que el canto varía tal y como está descrito en el catálogo, de 60cm, hasta 170cm.

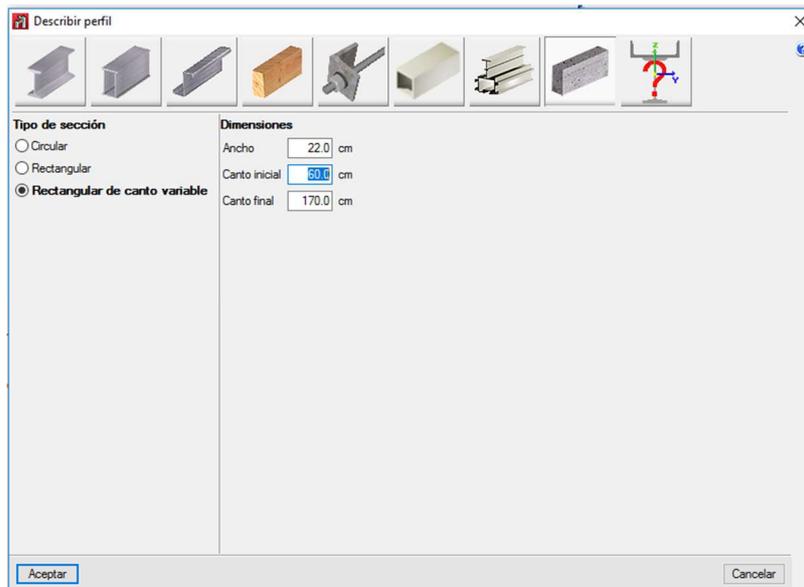


Figura 3.21 Panel de descripción de barras rectangulares de canto variable de hormigón generado por Nuevo Metal 3D

4.3.3 Vinculaciones

A la hora de definir el modelo de cálculo es imprescindible definir las rigideces de cada una de las uniones que conforman nuestra estructura. En nuestro caso bastará con identificar si la unión es rígida o flexible.

Dependiendo de si la unión se realiza entre dos barras de la propia estructura, o si se trata de una unión entre una barra y un punto ajena a la misma, diferenciaremos entre vinculaciones exteriores o interiores.

Vinculaciones exteriores

Las vinculaciones exteriores hacen referencia a aquellas que unen barras propias de nuestra estructura con el entorno. En nuestro caso las únicas vinculaciones exteriores que tenemos se encuentran en la base de nuestros pilares, donde se unen a nuestra cimentación a través de placas de anclaje. Como ya se ha nombrado, el pilar se encuentra empotrado al cáliz de cimentación, por lo que deberemos restringir todos los desplazamientos y giros en dichos puntos.

Acudiendo a la barra de herramientas, Nudo>Vinculación exterior> Empotramiento, hemos marcado en cada una de las bases de los pórticos y se han definido tal y como se indica en la siguiente imagen.

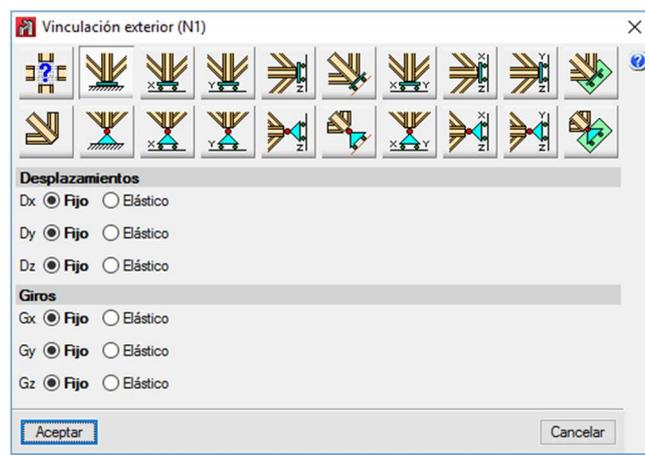


Figura 3.22 Definición de vinculaciones exteriores por Nuevo Metal 3D.

Vinculaciones interiores

Las vinculaciones interiores son aquellas que hacen referencia a la unión entre barras de la propia estructura.

Todas las vinculaciones interiores de la estructura, se han interpretado como articuladas por parte del programa. Estas son, la unión Dintel-Dilar, Correa-Dintel y Viga Portacanalón-Dintel. Parte de las uniones entre las correas y las jácenas, así como las uniones de los tirantes, se considerarán flexibles, por lo que articularemos dichas uniones. Hemos acudido a la barra de herramientas, Nudo>Vinculación exterior> Articular Extremos.

4.3.4 Flechas

Tal y como está indicado en el DB-SE-Seguridad estructural, en el apartado 4.3.3.1 Flechas, cuando se considere la apariencia de una cubierta suficientemente rígida, para una combinación de acciones casi permanente la flecha relativa será menor de $1/300$.

Hemos debido limitar la flecha tanto en correas como en dinteles.

Para ello hemos acudido a la barra de herramientas, Barra>Flecha Límite. En el menu que aparece hemos marcado para la flecha máxima relativa en el eje xz.

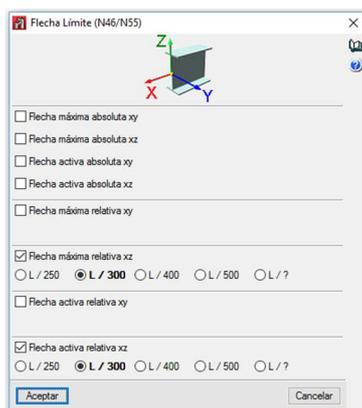


Figura 3.23 limitaciones de flecha con Nuevo Metal 3D. Fuente: Propia

4.4.5 Introducción de las cargas

La introducción de las cargas sobre cada uno de las unidades se ha realizado según esta explicado en el apartado '2. Distribución de las cargas sobre cada una de las unidades estructurales' del ANEJO III. Cálculo Alternativa II. Estructura de hormigón prefabricado.

Se ha tenido especial cuidado a la hora de introducir correctamente las cargas de viento sobre las correas, pues debían aplicarse con la debida inclinación, 10° , en el caso de no haberlo hecho no se habrían considerado las componentes horizontales de las mismas, muy importantes en el dimensionamiento de nuestra estructura.

5. Evaluación de los resultados obtenidos por el programa de cálculo

En el presente apartado evaluaremos el comportamiento estructural de cada una de los elementos que configuran nuestra estructura, así mismo se definirán los criterios que se han aplicado a la hora de dimensionar los perfiles.

Es por ello que expondremos las envolventes de cada uno de los esfuerzos que solicitan tanto a los pórticos, como a las correas y los arriostramientos que configuran la cubierta. También mostraremos las deformadas para las situaciones de carga que hayan supuesto mayores flechas o desplazamientos horizontales.

5.1 Envolventes y deformada en pórticos

A continuación se muestran en función de los esfuerzos las envolventes que describen sobre los pórticos.

a) Axiles

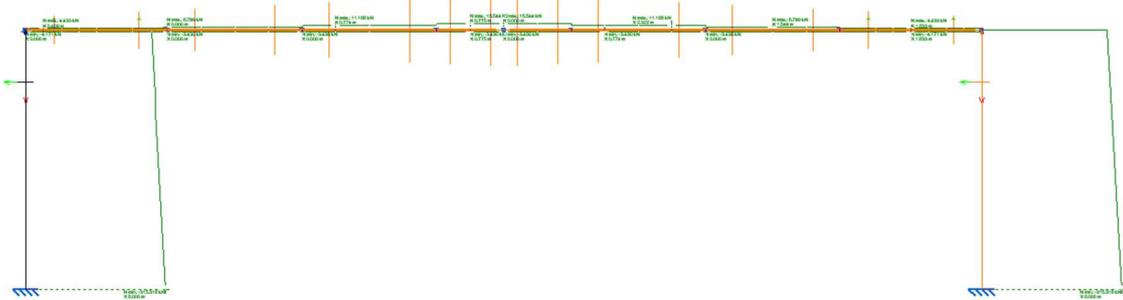


Figura 3.24 Envolvente de esfuerzos axiales del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

Los únicos elementos comprimidos serán los pilares.

b) Momentos en el eje 'y'

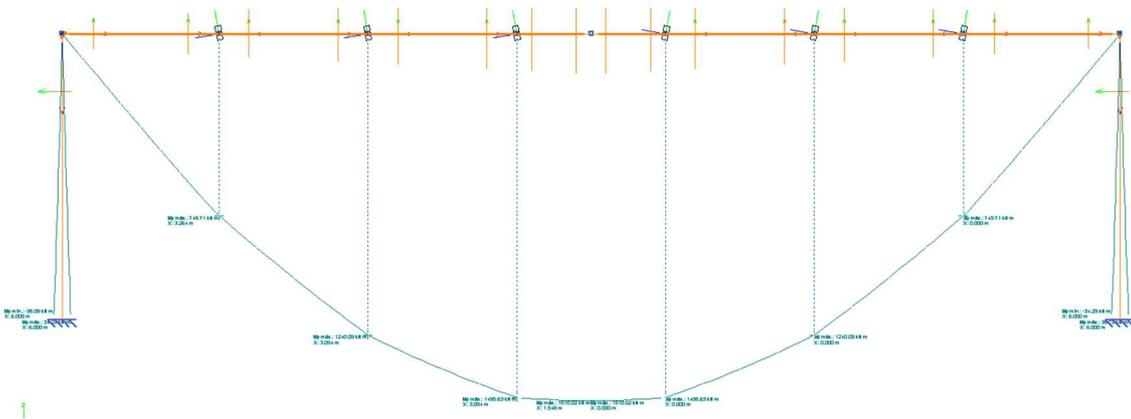


Figura 3.25 Envolvente de esfuerzos flectores del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

El dintel debido a las grandes luces que salva, sufre esfuerzos flectores importantes. Los momentos en el empotramiento del pilar, se deben exclusivamente a las cargas por viento, ya que al ser la unión con el dintel articulada, no se transmiten los momentos de la jácena.

c) Cortantes en el eje 'z'

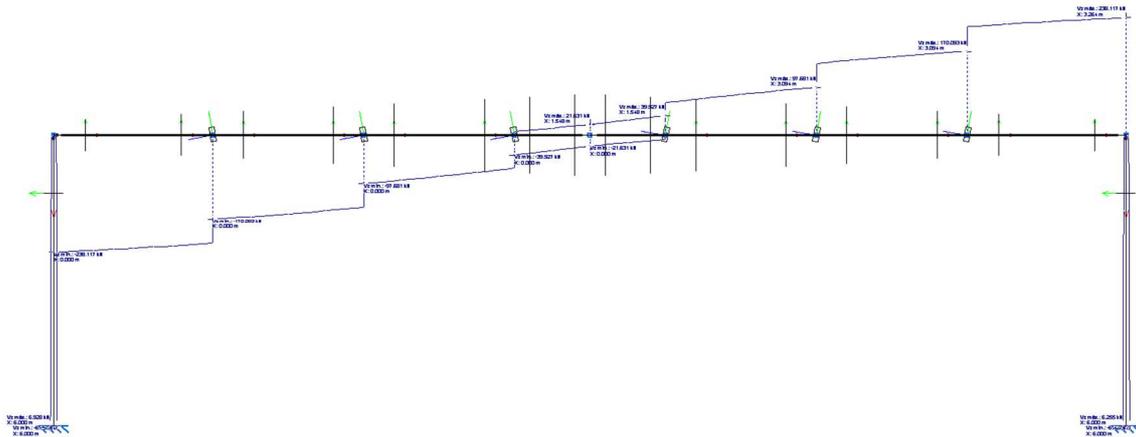


Figura 3.26 Envoltura de esfuerzos Cortantes del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

El dintel se comporta, como una viga biapoyada, es por ello que la ley de esfuerzos cortantes que describe se anulan en el centro de la viga y aumentan de forma lineal hasta alcanzar los máximos en los extremos.

Deformada

A la hora de analizar la deformada, deberemos tener en cuenta por una parte, la que se produce de forma totalmente vertical, debido a las acciones que actúan en por acción de la gravedad, y la que se produce de forma horizontal por efecto de las acciones de viento.

En el caso de estar solicitada por acciones verticales, podemos ver que la jácena será el elemento que más sufrirá estas solicitaciones.

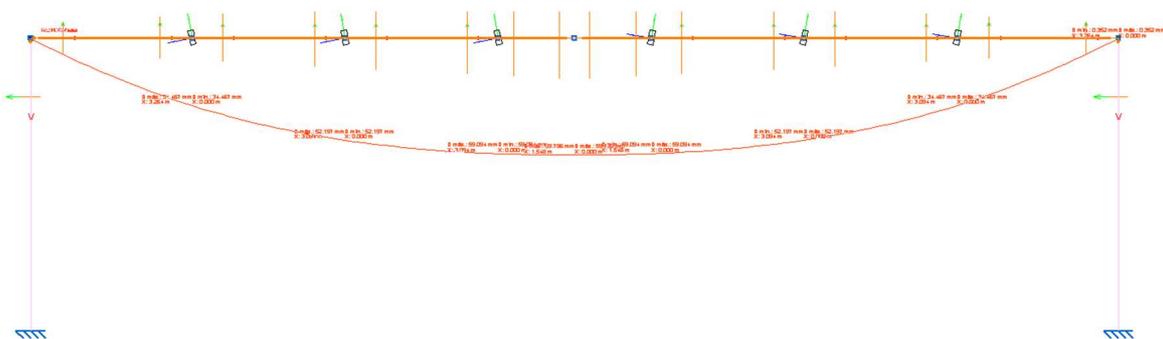


Figura 3.27 Deformada I. Del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

Para la situación en el que los pórticos estén sometidos a componentes horizontales de fuerzas por viento, se puede apreciar desplazamientos horizontales en la cabeza del pilar.

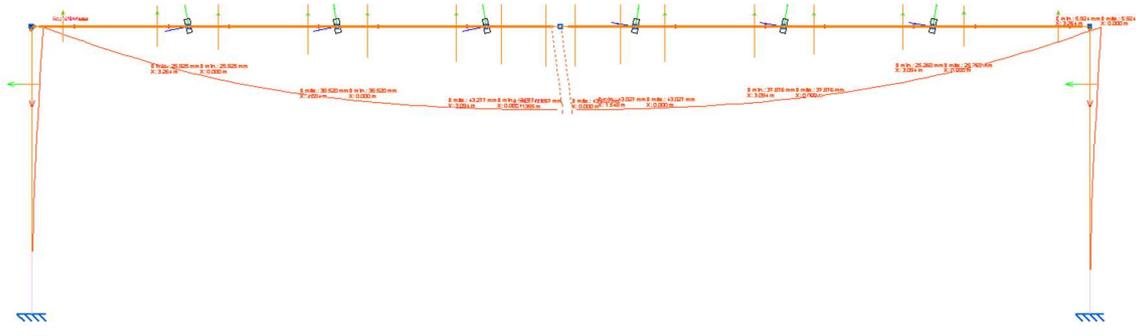


Figura 3.28 Deformada II. Del pórtico generado por Nuevo Metal 3D.

5.2 Envoltentes y deformada en correas

Todas las correas se comportan como vigas biapoyada, los esfuerzos más representativos de los mismos serán los esfuerzos flectores y los esfuerzos cortantes. A continuación se describen las leyes de momentos para las situaciones pésimas, así como su flecha.

a) Momentos en el eje 'y'

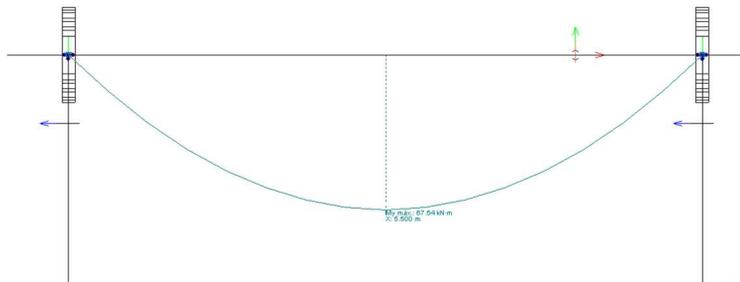


Figura 3.29 Ley de esfuerzos flectores generado por Nuevo metal 3D

b) Cortantes en el eje 'z'

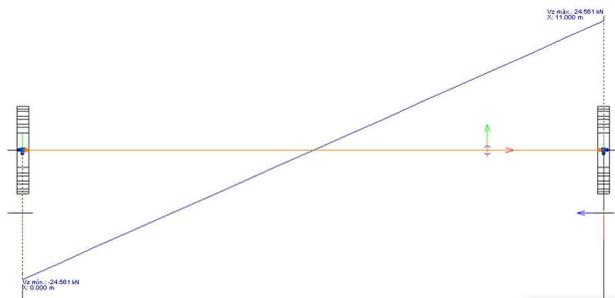


Figura 3.30 ley de esfuerzos cortantes generado por Nuevo metal 3D

c) Flechas

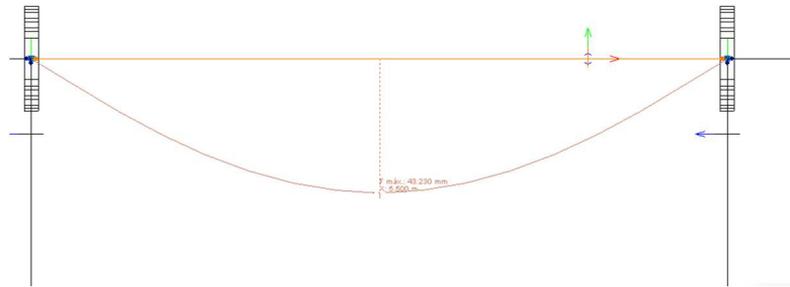


Figura 3.31 Flecha máxima de las correas generado por Nuevo metal 3D

6. Conclusiones

La estructura de hormigón prefabricado ha dado la posibilidad salvar grandes luces, disponiendo de esta manera de un número menor de pórticos que la estructura metálica. Las acciones que mayor influencia tienen sobre la estructura en este caso es la del peso propio de cada una de las unidades estructurales.

Tanto las correas como las jácenas en este caso se comportan como vigas biapoyadas, siendo su análisis bastante sencillo. El catálogo Prainsa tiene bastante estandarizados, todos los elementos que conforman una nave industrial, y su diseño se ha basado en comprobar que el número de correas que deben soportar el peso propio de la cubierta y las sobrecargas, fuera suficiente.

Las componentes horizontales en la cimentación se deben exclusivamente a las solicitaciones horizontales provocadas por las sobrecargas de viento, o por sismo. Estos últimos, dado el mayor peso de la estructura y el reducido valor del coeficiente de ductilidad que la norma establece para estructuras prefabricadas, han sido más significativos que para la estructura de Acero. Sin embargo, no eran mayores que las solicitaciones por viento y tan solo se ha tenido en cuenta a la hora de limitar el deslizamiento de la zapata al ser los coeficientes por accidentales más restrictivos.

Al estar el nudo entre el pilar y el dintel articulado, no se transmiten esfuerzos flectores del dintel a la cimentación, estando esta solicitada principalmente a compresión siendo las componentes horizontales y momentos, como ya se ha mencionado, poco significativos. Es por ello, que el área eficaz de las zapatas apenas se veía reducida, pudiendo disponer, de esta forma, a pesar de las mayores cargas que recaían sobre cada pilar, zapatas de iguales dimensiones que las dispuestas para la estructura metálica.

CAPITULO 4: Valoración económica y justificación de la solución adoptada.

1. Introducción

En el siguiente apartado, partiendo de las dos alternativas de proyecto de la cancha deportiva cubierta, se ha decidido, atendiendo principalmente al criterio económico, cuál de las dos soluciones ha sido la finalmente adoptada.

Se ha realizado una estimación rápida de los precios de cada uno de los elementos, teniendo en cuenta tanto el montaje, como el transporte de cada una de los materiales que conforman las estructuras. Se realizará a partir de unidades de obra extraídas del generador de precios de CYPE.

Una vez analizado el criterio económico se han valorado otros aspectos de las mismas como la funcionalidad y la estética.

2. Valoración Económica de la alternativa I

2.1 Cálculo de precios orientativos

2.1.1 Acero laminado

Se ha dado un precio al kilo de acero laminado, teniendo en cuenta, en el mismo, tanto los costes directos como los indirectos del mismo.

Se ha debido tener en cuenta tanto los equipos y elementos auxiliares de soldadura eléctrica, como la mano de obra necesaria para construir los elementos en obra, mediante un oficial montador de estructura metálica y un ayudante montador de estructura metálica.

También se ha tenido en cuenta la necesidad de contratar una grúa autopropulsada, con una capacidad de elevación de 12t y altura máxima de 20m.

En el desglose del mismo también se ha tenido en cuenta el transporte de los elementos diferenciando entre transporte de vigas de hasta 6 metros de longitud, y vigas de hasta 12 metros.

CAPÍTULO 4: Valoración económica y justificación de la solución adoptada

a) Para vigas de menos de 6 metros de longitud.

Los kilos de acero en pilares son:

$$91E - 4 * 7850 * 6 * 18 = 7714,98kg$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Pilares HEB220	2,15	7714,98kg	16.587,20€

Los kilos de acero en correas son:

$$20,1E - 4 * 7850 * 5,5 * 96 = 8331,048kg$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Correas IPE360	2,15	8331,04kg	17.911,75€

Los kilos de acero de arriostamientos de correas son:

$$6,48E - 4 * 7850 * 2,2 * 88 = 984,8kg$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
L100X65X12	2,15	984,8kg	2.117,32€

Los kilos de acero para cartelas HEB220:

$$91E - 4 * 7850 * 1,5 * 18 = 2314,5kg$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Pilares HEB220	2,15	2314,5kg	4.976,162€

Los kilos de acero para cartelas IPE 360:

$$20,1E - 4 * 7850 * 3 * 9 = 426,02kg$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Correas IPE360	2,15	426,02kg	915,94€

b) Para vigas de menos de hasta 12 metros de longitud.

Los kilos de acero en jácenas son:

$$72,7E - 4 * 7850 * 11,181 * 18 = 11485,7kg$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
IPE 360	2,70	11485,7kg	16.587,20€

CAPÍTULO 4: Valoración económica y justificación de la solución adoptada

2.1.2 Placas de anclaje

El coste de las placas de anclaje, y el pasador que articula las bases de los pilares con todos sus componentes, chapas de 10mm, juegos de arandelas, tuerca y contra tuerca, pasadores, rigidizadores y mortero auto-nivelante expansivo. Además del coste de ejecución del mismo con la necesidad de contratar un 1er oficial montador y un ayudante montador será de 77,03€ por unidad.

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Placa de anclaje y Pasador	77,03	18	1.386,54€

2.1.3 Cimentación

Al tratarse de una cimentación con un armado con 12 redondos del 16, y una vez incluidos, para un hormigón de resistencia característica 30MPa de consistencia blanda, y teniendo en cuenta los trabajos de puesta en obra de la ferralla, de los encofrados, separadores ejecutados por un oficial ferrallista, un oficial estructurista y un ayudante de obra. El precio por metro cúbico de zapata de cimentación de hormigón armado será de 145,1€.

$$1,5 * 1,5 * 0,7 * 9 + 1,5 * 2 * 0,7 * 9 + 0,4 * 0,4 * 2,5 * 16 = 39,475m^3$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Zapata hormigón armado	145,1	39,475m ³	5.727,8€

Por otra parte la excavación transporte de los materiales excavados y relleno de los mismos tiene un coste por metro cúbico de 10,07€

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Excavación y relleno	10,07	44.24m ³	445,49€

2.1.4 Cubierta de chapa grecada

La cubierta de chapa grecada suministrada por garcopanel, tiene un precio por metro cuadrado de 5,73€.

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Chapa grecada	5,73€	980,1m ²	5.615,97€

2.1.5 Equipamiento

El coste total del sistema de canalización, el suministro y colocación del pavimento, así como el sistema de canalización y los parasoles, tendrán un coste alrededor de los 4.000€

CAPÍTULO 4: Valoración económica y justificación de la solución adoptada

2.2 Resultado de la Valoración

Conocido el precio de todas las unidades de obra, se ha realizado un presupuesto total.

PRECIO	
ACERO LAMINADO	
PILARES HEB220	16587,207
CORREAS IPE160	17911,7532
JÁCENAS IPE360	16587,207
ARRIOSTRAMIENTOS	2117,329
CARTELAS HEB220	4976,162
CARTELAS IPE 360	915,94
PLACAS DE ANCLAJE	1386,54
CIMENTACIÓN	
ZAPATA HORMIGÓN ARMADO	5727,8
EXCAVACIÓN Y RELLENO	397,51
CUBIERTA DE CHAPA GRECADA	5615,973
EQUIPAMIENTO	4000
	TOTAL
	76223,42€

El precio total para ejecutar la alternativa I, será de SETENTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS VEINTITRES EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS.

3. Valoración Económica de la alternativa II

3.1 Cálculo de precios orientativos

3.1.1 Pilares EP44

La unidad de un pilar de 6 metros de dimensiones 40x40, incluyendo el transporte y colocación del mismo, el alquiler de una grúa con capacidad de elevación de 30t y 27m de altura máxima de trabajo y la mano de obra necesaria, es de 430€.

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Pilar Prefabricado	430€	10	4.300€

3.1.2 Vigas Dalla AL30

La unidad de Viga Dalla AL30 de 11 metros, incluyendo el transporte y colocación del mismo, el alquiler de una grúa con capacidad de elevación de 30t y 27m de altura máxima de trabajo y la mano de obra necesaria, es de 1.460€.

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Viga Dalla	1.460€	24	35.040€

CAPÍTULO 4: Valoración económica y justificación de la solución adoptada

3.1.3 Vigas Portacanalón CH4

La unidad de una viga Portacanalón CH4 de 11 metros, incluyendo el transporte y colocación del mismo, el alquiler de una grúa con capacidad de elevación de 30t y 27m de altura máxima de trabajo y la mano de obra necesaria, es de 980€.

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Viga Portacanalón	980€	8	7.840€

3.1.4 Vigas Delta 2 pretensadas

La unidad de un pilar de 6 metros de dimensiones 40x40, incluyendo el transporte y colocación del mismo, el alquiler de una grúa con capacidad de elevación de 30t y 27m de altura máxima de trabajo y la mano de obra necesaria, es de 430,18€.

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Delta 2 pretensada	3.300€	4	13.200€

3.1.5 Cimentación

Se trata de una cimentación con armado de reparto, armado inferior, armado vertical y de cortantes en la parte superior del cáliz, con un acero 500SD, con un hormigón de resistencia característica 30MPa de consistencia blanda, y teniendo en cuenta los trabajos de puesta en obra de la ferralla, de los encofrados, separadores ejecutados por un oficial ferrallista, un oficial estructurista y un ayudante de obra. El precio por metro cúbico de zapata de cimentación de hormigón armado será de 165,2€.

$$1,5 * 1,5 * 1 * 5 + 1,5 * 2,5 * 1 * 5 + 0,4 * 0,4 * 8 * 8 = 40,24m^3$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Zapata hormigón armado	165,2	40,24m ³	6.647,64€

Por otra parte la excavación transporte de los materiales excavados y relleno de los mismos tiene un coste por metro cúbico de 10,07€

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Excavación y relleno	10,07	44.24m ³	445.49€

3.1.6 Cubierta de chapa grecada

La cubierta de chapa grecada suministrada por Garcopanel, tiene un precio por metro cuadrado de 5,73€.

Unidad	Precio unitario	Cantidad	PRECIO TOTAL
Chapa grecada	5,73€	980,1m ²	5.615,97€

3.1.7 Equipamiento

El coste total del sistema de canalización, el suministro y colocación del pavimento, así como el sistema de canalización y los parasoles, tendrán un coste alrededor de los 4.000€

CAPÍTULO 4: Valoración económica y justificación de la solución adoptada

3.2 Resultado de la Valoración

Conocido el precio de todas la unidades de obra, podemos realizar un presupuesto total del

	PRECIO
PILAR EP44	4300
VIGAS DALLA AL30	35040
VIGAS PORTACANALÓN CH4	7840
VIGA DELTA 2 PRETENSADA	13200
CIMENTACIÓN	
ZAPATA HORMIGÓN ARMADO	6647,64
EXCAVACIÓN Y RELLENO	445,49
CUBIERTA DE CHAPA GRECADA	5615,973
EQUIPAMIENTO	4000
	TOTAL
	63902,30€

El precio total para ejecutar la alternativa II, será de SESENTA Y TRES MIL NOVECIENTOS DOS EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS.

4. Solución Adoptada

En el siguiente apartado se contrastarán ambas soluciones, atendiendo a distintos criterios, tanto económicos como de funcionalidad o estética, así como facilidad de ejecución y control en obra.

La solución adoptada finalmente ha sido la alternativa II de hormigón prefabricado, en los siguientes subapartados se justifica dicha conclusión.

4.1 Criterio económico

Una vez, realizada la valoración económica de ambas propuestas se puede ver que la estructura de hormigón prefabricado es casi un 25% más barata.

Si bien es cierto que el transporte de las unidades prefabricadas resulta mucho más caro debido a los problemas que conlleva transportar elementos con grandes luces, dado que se disponen casi la mitad de pórticos en la estructura de hormigón, el número de elementos se reduce considerablemente, siendo por lo tanto la alternativa de hormigón prefabricado la más barata.

Con respecto a las zapatas, si bien ha sido necesario mayores cantidades de acero para el correcto armado de los cálces con respecto al armado empleado en las zapatas de la estructura metálica, al tener dimensiones muy parecidas, pero ser en el caso de la estructura de hormigón menor número, el precio era muy similar.

Si atendemos al criterio económico, será la Alternativa II de hormigón prefabricado la elegida para ejecutarse finalmente.

4.2 Criterio Funcional

No se debe olvidar cuál es la finalidad de la estructura objeto de proyecto. Nuestra cubierta pretende ofrecer un servicio como instalación deportiva por lo que conseguir espacios lo más diáfanos posibles y evitar que los jugadores choquen durante sus actividades deportivas con elementos constructivos de la misma será un factor a tener en cuenta.

Dado que la estructura de hormigón prefabricado dispone a lo largo de su perímetro menos pilares, y tampoco precisa de arriostramientos laterales que impiden el paso, tanto de los deportistas como de los espectadores, se ha considerado como solución más válida la de hormigón prefabricado.

4.3 Criterio Estético

Desde un punto de vista estético, la estructura de hormigón prefabricado ofrece superficies más homogéneas y líneas más suaves que en el caso de la estructura de acero laminado. Además la ausencia de pórticos intermedios, crean un espacio más diáfano dando una mayor sensación de amplitud que la estructura metálica.

BIBLIOGRAFÍA

[1] - *Código técnico de la edificación (CTE)*, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y posteriores modificaciones aprobadas en el Real Decreto 1371/2007 de 19 de octubre, el Real Decreto 1675/2008 de 17 de octubre, y el Real Decreto 173/2012 de 19 de febrero, destacándose los siguientes Documentos Básicos: *Seguridad Estructural. (DB SE)*, *Seguridad Estructural: Acciones en la Edificación. (DB SE-AE)*, *Seguridad Estructural: Cimientos. (DB SE-C)*, *Acero (DB SE-C)*.

[2] - *Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)*, aprobado por el Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.

[3] - *Normas de construcción sismorresistente (NCSE-02)*. Ministerio de fomento. Aprobada por el Real Decreto 997/2002, el 27 de Septiembre del 2002.

[4] MONTALVÁ SUBIRATS J.M, SAURA ARNAU H. "Construcción y Arquitectura Industrial Colección de problemas resueltos." 2ª Edición

[5] SÁNCHEZ-OSTIZ GUTIERREZ A. "Cerramientos de edificios, Cubiertas". 2ª edición 2007.

[6] CTICM y SCI. STEEL BUILDINGS IN EUROPE, Edificios de una sola planta, Parte 4: diseño de detalle de pórticos de naves".