



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

Diseño y valoración económica de cubierta de la pista  
deportiva del C.E.I.P. San Julián en Cuenca

---

*Presentado por*

Vindel Vicente, Eduardo

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2017/2018*

*Fecha: Julio de 2018*

*Tutor: Pelufo Carbonell, María José*



## Agradecimientos

Quiero iniciar expresando mi agradecimiento a mi tutora, Dra. Ingeniera María José Pelufo Carbonell, por ofrecerme la oportunidad de realizar este proyecto, prestarme su atención y apoyo y allanarme el esfuerzo con su punto de vista.

A mi familia, en especial a mis padres, a mi hermana, a mi tío y a mis abuelos por confiar en mí en todo momento y por ser los primeros en alegrarse con mis éxitos y en apoyarme simplemente.

Y por último, dar las gracias a todas aquellas personas que han estado a mi lado en el transcurso de estos años, apoyándome y ayudándome a crecer como persona y como no, como estudiante.

Sin ellos haber llegado hasta aquí hubiera sido impensable.



## ÍNDICE

<i>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</i> .....	5	3.1.- Acciones Permanentes.....	19
1.- Introducción.....	7	3.1.1.- Peso de la estructura.....	19
2.- Objeto.....	7	3.2.- Acciones Variables.....	20
3.- Antecedentes y Situación Actual.....	7	3.2.1.- Sobrecarga de uso.....	20
4.- Localización.....	8	3.2.2.- Sobrecarga de viento.....	20
5.- Estudio geológico y geotécnico.....	9	3.2.3.- Sobrecargas de nieve.....	21
6.- Descripción del Proyecto.....	10	3.2.4.- Acciones térmicas.....	22
6.1.- Dimensionamiento General de la Estructura.....	10	3.3.- Acciones Accidentales.....	22
7.- Normativa y Reglamentos de Aplicación.....	11	3.3.1.- Sismo.....	22
7.1.- Normas aplicadas.....	11	3.3.2.- Incendio.....	23
7.2.- Hipótesis de Cálculo Consideradas.....	11	4.- Alternativa I. Estructura Metálica.....	23
7.2.1.- Capacidad Portante.....	11	4.1.- Descripción de la estructura.....	23
7.2.1.1.- Verificación Estabilidad.....	11	4.2.- Conclusión.....	24
7.2.1.2.- Verificación Resistencia Material.....	11	5.- Alternativa II. Estructura de Hormigón Prefabricado.....	24
7.2.1.3.- Combinación de Acciones.....	11	5.1.- Descripción de la estructura.....	24
7.2.2.- Aptitud al Servicio.....	11	5.2.- Conclusión.....	26
7.2.2.1.- Combinación de Acciones.....	11	6.- Alternativa III. Estructura de Madera.....	26
7.2.2.2.- Flechas.....	12	6.1.- Descripción de la estructura.....	26
7.2.2.3.- Desplazamientos Horizontales.....	12	6.2.- Conclusión.....	26
7.2.3.- Seguridad al Vuelco.....	12	7.- Análisis comparativo de las soluciones estudiadas.....	27
7.2.4.- Agotamiento del Terreno.....	12	7.1.- Introducción.....	27
7.2.5.- Coeficientes de Mayoración de Acciones.....	13	7.2.- Análisis Comparativo de los Materiales.....	27
7.3.- Materiales.....	13	7.3.- Valoración económica.....	28
7.3.1.- Acero Estructural.....	13	7.3.1.- Alternativa I.....	28
7.3.2.- Hormigón.....	13	7.3.2.- Alternativa II.....	29
7.3.3.- Hormigón de Limpieza.....	15	7.3.3.- Alternativa III.....	30
7.3.4.- Madera estructural.....	15	7.4.- Evaluación estructural.....	31
<i>CAPÍTULO 2. ALTERNATIVAS, ANÁLISIS COMPARATIVO Y JUSTIFICACIÓN</i> .....	17	7.4.1.- Criterio Económico.....	31
1.- Introducción.....	19	7.4.2.- Criterio Funcional.....	31
2.- Programa de cálculo y diseño.....	19	7.4.3.- Criterio Estético.....	32
3.- Acciones sobre la estructura y su combinación.....	19	8.- Descripción de la solución adoptada.....	32
		<i>CAPÍTULO 3. DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL</i> .....	33
		1.- Consideraciones previas.....	35

1.1.- Uso de la cubierta.....	35	2.4.- Solera .....	52
1.2.- Requisitos funcionales .....	35	2.5.- Estructura.....	53
1.3.- Comportamiento de la madera frente al fuego.....	35	2.6.- Cubierta .....	53
1.4.- Factores que le influyen a la madera.....	36	2.7.- Instalación sistema contraincendios .....	53
1.5.- Elección del modelo estructural .....	37	2.8.- Pintura y protecciones .....	53
2.- Diseño estructural .....	38	2.9.- Instalaciones .....	53
2.1.- Descripción de las unidades diseñadas.....	38	2.10.- Varios.....	53
2.2.- Pórticos y pilares .....	39	3.- Planificación de la obra .....	53
2.3.- Cubierta.....	39	<b>CAPÍTULO 5. VALORACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>56</b>
2.4.- Correas .....	40	1.- Introducción.....	58
2.5.- Fachadas.....	40	2.- Cuadro de precios .....	58
2.6.- Descripción de los nudos .....	40	2.1.- Cuadro de mano de obra.....	58
2.6.1.- Vinculación externa .....	40	2.2.- Cuadro de materiales .....	58
2.6.2.- Vinculación interna .....	40	2.3.- Cuadro de maquinaria.....	61
2.7.- Descripción de las barras .....	41	2.4.- Cuadro de precios auxiliares.....	61
2.8.- Estados de pandeo y deformación.....	42	2.5.- Cuadro de precios descompuestos .....	61
2.8.1.- Coeficientes de pandeo .....	42	3.- Presupuesto final.....	68
2.8.2.- Flechas .....	42	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>69</b>
2.9.- Diagramas de análisis de la estructura .....	43	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>71</b>
2.9.1.- Axiles .....	43	Anejo nº 1: Estudio geotécnico.....	71
2.9.2.- Cortantes .....	43	1-1.- Bascañana de San Pedro.....	71
2.9.3.- Momentos.....	43	2-2.- Villanueva de los Escuderos.....	72
2.9.4.- Flechas máximas .....	44	Anejo nº 2: Cálculo de las alternativas propuestas .....	73
2.9.5.- Deformada.....	45	Anejo nº 3: Cálculo de la solución adoptada .....	73
2.10.- Uniones y placas de anclaje .....	45	Anejo nº 4: Listado resumen de comprobaciones .....	73
3.- Combinación de Acciones.....	46	Anejo nº 5: Lista, características y mediciones de los elementos .....	73
<b>CAPÍTULO 4. PLAN DE OBRA .....</b>	<b>50</b>	<b>PLANOS .....</b>	<b>74</b>
1.- Introducción .....	52		
2.- Actividades.....	52		
2.0.- Inicio de la obra.....	52		
2.1.- Operaciones previas .....	52		
2.2.- Movimiento de tierras .....	52		
2.3.- Cimentación .....	52		



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN



## 1.- Introducción

Hoy en día nos encontramos en un momento crucial en la historia de la civilización humana, en el que el mayor aumento de población urbana jamás conocido coincide con el reconocimiento de que hemos llegado al límite de nuestra huella sobre el planeta. De esta forma, mientras nos preparamos para alojar a billones de personas en ciudades nuevas y existentes durante las próximas décadas, deberemos necesariamente reconsiderar la relación entre arquitectura y naturaleza.

La naturaleza siempre ha sido un bienpreciado para el ser humano desde tiempos inmemorables. Es por eso que estar en contacto con ella conlleva numerosos beneficios ya que sin ella no podríamos desarrollar nuestra vida. Cada vez es más frecuente la construcción de obras en las que prevalezca ese lazo entre naturaleza y el hombre.

Dicha relación no es esencial pero es necesaria para el beneficio de la humanidad, aporta tranquilidad y ayuda a la regeneración de zonas verdes. Resumiendo, el contacto directo con la naturaleza está íntimamente ligado con una mejora de la calidad de vida.

Es por eso que se ha tenido en cuenta fundamentalmente esta conexión que es tan importante entre naturaleza e arquitectura en la redacción de parte de un proyecto básico de una cancha deportiva con cubierta, centrandolo trabajo en el proyecto de ingeniería estructural. Se han propuesto varias alternativas atendiendo a los materiales a emplear: acero, hormigón o madera. Los criterios de diseño que predominarán serán el económico, funcional y estético.

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, la segunda por elementos de hormigón y la tercera por elementos de madera.

## 2.- Objeto

El proyecto básico se presenta como “DISEÑO Y VALORACIÓN ECONÓMICA DE CUBIERTA DE LA PISTA DEPORTIVA DEL C.E.I.P. SAN JULIÁN EN CUENCA”, y tiene como objetivo la completa definición, justificación y valoración del diseño de una cubierta para una pista deportiva, para dar solución a la ejecución de actividades físicas con condiciones climáticas adversas.

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 pista 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.

Se valoraran dichos elementos y se especificaran las prescripciones técnicas para su ejecución.

## 3.- Antecedentes y Situación Actual

El “colegio de educación infantil y primaria San Julián” fue construido en el año 1978, en sus inicios constaba únicamente del edificio central en el cual se trataban todas las actividades puesto que no albergaba una cantidad desmesurada de alumnos. Se construyó a las afueras de la ciudad intentando crear un “colegio diferente” y romper con lo habitual.

Se trataba de una escuela rural, este tipo de escuela es una realidad que forma parte del Sistema Educativo Español, a través de ella se intenta dar respuesta a las necesidades educativas que requieren los alumnos que residen en pequeñas poblaciones y que por falta de alumnado se ven obligado a compartir aula con otros niños y niñas de diferente edades y ciclos.

La heterogeneidad del alumnado a la que se ve obligada la escuela rural junto con la poca dotación de medios y la provisionalidad del profesorado, había alertado que suponía un déficit o carencia que repercutía en sus alumnos y como consecuencia provocaba un mayor fracaso escolar o menor preparación académica que se reflejaba al pasar a niveles educativos superiores. Con el presente trabajo se busca desmitificar dichas ideas y demostrar que el trabajo con grupos heterogéneos en la escuela rural, resulta ser una propuesta adecuada que además, permite al alumnado alcanzar mejores expediente académicos.

Posteriormente debido al gran crecimiento de las comarcas aledañas se tuvo que estudiar la ampliación del colegio debido a la gran demanda de alumnos, se construyó un edificio nuevo que alberga hoy en día todas las aulas en las que se imparten las clases de todos los cursos desde primaria hasta sexto, también se construyó conjuntamente una pista deportiva y se reformó la antigua.

Existe una necesidad vigente en las instalaciones de uso deportivo y ocio, es por eso que se pretende llamar la atención a la Diputación Provincial de Castilla La Mancha, ya que no tiene previsto suplir este déficit y es de vital importancia porque es el único colegio que no dispone de instalaciones cubiertas para la práctica de deporte en Cuenca.

Dado que el órgano competente aún no tiene en mente realizar la obra, y no se espera que suceda en un corto o medio plazo, se van a proponer diferentes alternativas hasta encontrar la óptima. Este proyecto básico pretende llegar más allá del papel, en la reunión concertada con el órgano encargado de dirigir dicho colegio se propuso por parte del alumno diferentes opciones para llevar a cabo un trabajo de fin de grado que en parte pudiera beneficiar posteriormente al colegio, es por eso que se decidió finalmente la realización de parte de un proyecto de la tan necesaria cubierta deportiva que el colegio lleva años demandando a la Diputación.

Se solicitará por parte del colegio que se realice la construcción de la cubierta por lo que se tendrá que elaborar un estudio minucioso y consecuente de la cubierta para dotarla de un uso permanente, independiente de las inclemencias del tiempo.

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

#### 4.- Localización

La pista deportiva se ubica en la parcela situada en la avenida Cruz Roja, aproximadamente en la mitad de esta. El proyecto ocupará una dieciochoava parte del área total del recinto.

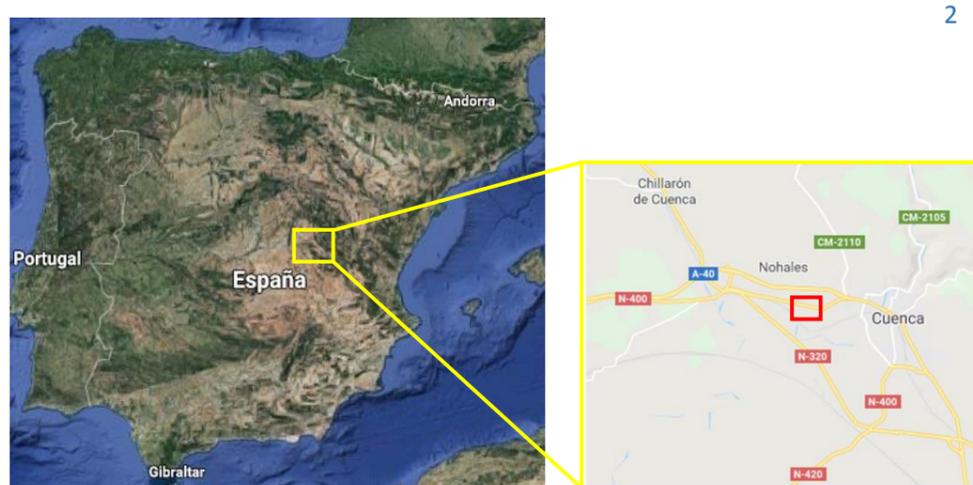


Figura 1. Localización y emplazamiento. Fuente: Google Maps.

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



Figura 2. Vista satélite de la parcela. Fuente: Google Earth.

El tamaño total de la parcela es de 14.488 m<sup>2</sup>, la superficie construida es de 4.496 m<sup>2</sup> y la zona que ocuparemos, sombreada en rojo tiene un tamaño de 1100 m<sup>2</sup>, de 46x24m. Las dimensiones de la pista deportiva las obtendremos más adelante.

Existen muy buenos accesos a la obra por carretera, es posible acceder mediante la N-400 que pasa por la puerta del colegio, no teniendo que transitar ninguna carretera interurbana. Dicha carretera intersecta con la autovía A-40 a unos escasos kilómetros por lo que es sencillo acceder.

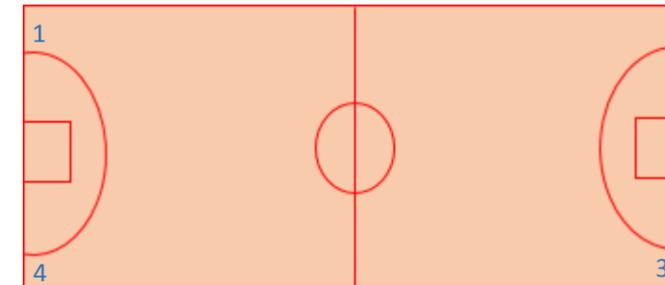


Figura 3. Distribución en planta de la pista deportiva. Fuente: Propia.

Las coordenadas de cada una de las esquinas son las siguientes:

- ESQUINA SUPERIOR IZQUIERDA O ESQUINA 1

- LATITUD 40° 4' 26.79" N
- LONGITUD 2° 10' 34.38" O

- ESQUINA SUPERIOR DERECHA O ESQUINA 2

- LATITUD 40° 4' 26.12" N
- LONGITUD 2° 10' 32.71" O

- ESQUINA INFERIOR DERECHA O ESQUINA 3

- LATITUD 40° 4' 26.12" N
- LONGITUD 2° 10' 32.79" O

- ESQUINA INFERIOR IZQUIERDA O ESQUINA 4

- LATITUD 40° 4' 26.13" N
- LONGITUD 2° 10' 34.42" O

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

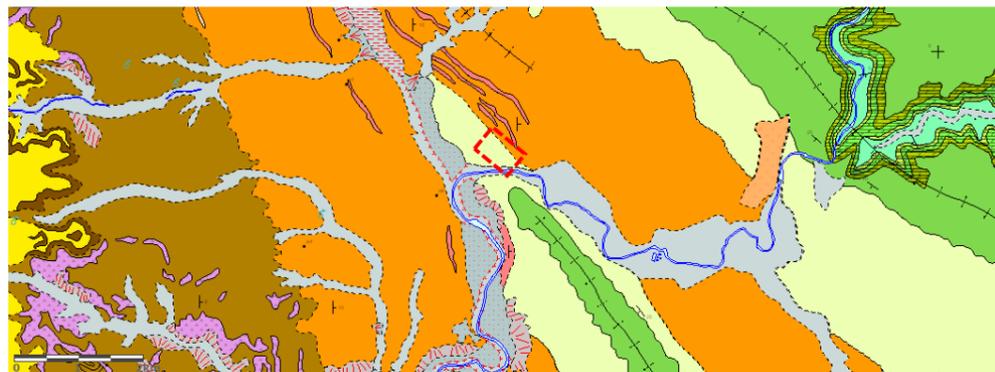
## 5.- Estudio geológico y geotécnico

La topografía en nuestra parcela es uniforme en su gran mayoría pero si observamos detenidamente la *Figura 4* podemos ver que no es en su totalidad, por lo tanto habrá que incluir las labores de desbroce. Sin embargo, no se aprecia ningún desnivel que pueda perjudicar el desarrollo de la obra, ya que se realizó la nivelación de toda la superficie anteriormente en la última actuación de regeneración de la pista deportiva.

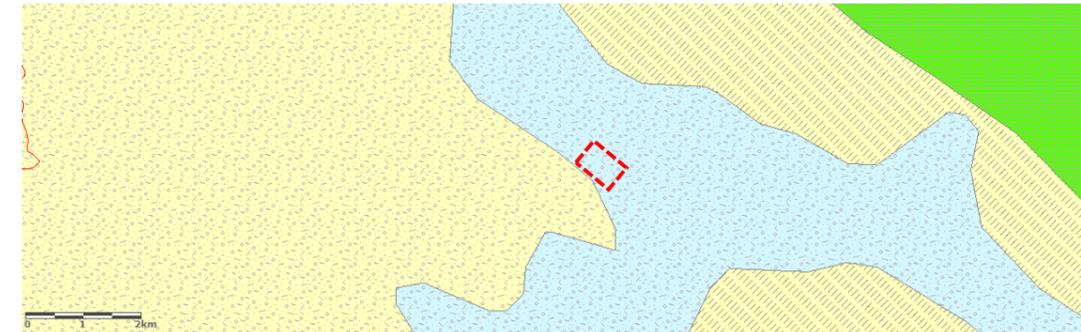


*Figura 4. Vista aérea parcelaria. Fuente: Sede electrónica del catastro.*

Los materiales que componen el terreno sobre el que vamos a cimentar la estructura son fundamentalmente arcillas y/o limos. No se ha detectado la presencia de nivel freático a más de 920m de la superficie.



*Figura 5. Mapa geológico. Fuente: Instituto geológico y minero de España.*

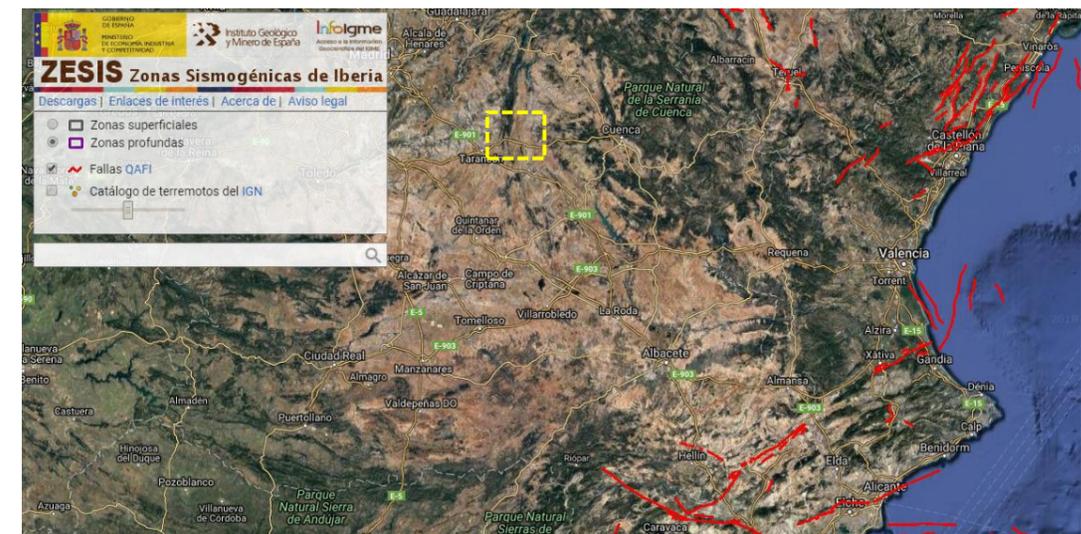


*Figura 6. Mapa Hidrogeológico. Fuente: Instituto geológico y minero de España.*

Como podemos observar en la *Figura 6*, la superficie del colegio está sobre un acuífero mixto que es extenso de permeabilidad y producción moderadas, formado por calizas y dolomías y que no supone ningún inconveniente ante la realización del proyecto.

Se dispone de los datos de dos sondeos: el primero de ellos a una distancia de aproximadamente 11km en dirección oeste, concretamente en la pedanía “*Villanueva de los Escuderos*”, donde se puede observar que en los primeros 25 metros encontramos diferentes materiales: conglomerados, areniscas y arcillas. El segundo sondeo está situado en “*Bascuñana de San Pedro*”, a una distancia de 15km en dirección norte y en el cual nos encontramos margas y arenas en los primeros 100m. En el anejo número 6 adjunto se puede observar la columna litológica.

En lo referente a sismicidad podemos concluir a partir de los datos obtenidos del IGME (Instituto geológico y minero de España) que la zona de actuación no se ve afectada por ningún agente correspondiente a acciones sísmicas, es decir, no hay datos históricos de terremotos, no hay ninguna falla alrededor ni tampoco es una zona de confluencia de placas. Por lo tanto la sismicidad no será un factor limitante en la elaboración del proyecto.



*Figura 7. Mapa de zonas sísmicas. Fuente: Instituto geológico y minero de España.*

Todo lo referente a la geología y geotecnia se presenta detallado en el anejo número 6 adjunto al proyecto.

## 6.- Descripción del Proyecto

El alcance del presente proyecto es dotar al colegio de un servicio del que no dispone, ofreciendo distintas alternativas.

Puesto que la situación económica hoy en día no es propicia, limitaremos al máximo su diseño para que cumpla las condiciones marcadas por la normativa.

Las tres alternativas que van a proponerse, serán una primera formada por 9 pórticos metálicos, la segunda una estructura de hormigón prefabricado con un total de 5 pórticos y la tercera una estructura de madera que describiremos más adelante.

En el siguiente capítulo se detalla el diseño de cada una de las tres propuestas, que serán sometidas a una posterior valoración para determinar su ejecución.

A la hora de construir nunca se debe perder de vista la zona de trabajo. A pesar de que la mayor parte del trabajo a realizar serán cálculos, el trabajo de campo constituye una información fundamental para un ingeniero, figura 2. En ella se puede observar mejor el tipo de terreno sobre el que se va a trabajar.

Mirando los datos de parcelación proporcionados por el PGOU (Plan General de Ordenación Urbana), en la figura 1 se deduce que la parcela utilizada es la número 1,1.

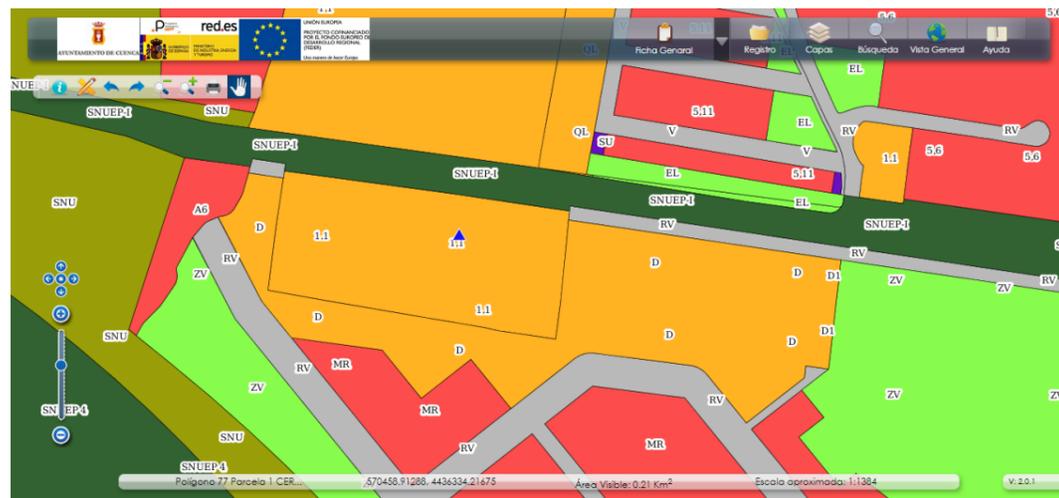


Figura 8. Plano de parcelas que se encuentran en la zona. Fuente: Ayuntamiento de Cuenca.

### 6.1.- Dimensionamiento General de la Estructura

Para esta parcela, considerada edificación con espacio libre privado, Grado II y una edificación aislada, las limitaciones que plantea el Plan General de Ordenación Urbana son las siguientes:

- + Ocupación máxima de la parcela: 90% debiéndose asegurar el ajardinamiento y urbanización de los espacios libres de uso privado.

- + Retranqueos mínimos: No se establece retranqueo obligatorio.

- + Altura máxima:

- Bloque representativo: 3 plantas, 10 m.
- Altura de nave: 10 m.

- + Edificabilidad máxima: 1 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> de parcela bruta.

Como la ocupación máxima es del 90% y la superficie de parcela es de 1100 m<sup>2</sup>, las dimensiones máximas de la nave serán:

$$\text{Superficie de la nave} = \text{Ocupación} \cdot \text{Superficie parcela}$$

$$\text{Superficie Nave} = 0,9 \cdot 1100 = \mathbf{990 \text{ m}^2}$$

A su vez, al ser la edificabilidad máxima 1 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, la superficie de la nave deberá ser como máximo:

$$\text{Superficie de la nave} = \text{Edificabilidad} \cdot \text{Superficie parcela}$$

$$\text{Superficie Nave} = 1 \cdot 1100 = \mathbf{1100 \text{ m}^2}$$

De entre las dos se escoge el valor más restrictivo, es decir, la superficie de nave no debe exceder los 990 m<sup>2</sup>. Para que esta tenga una distribución rectangular, como la pista, la superficie definitiva de la nave será de 968 m<sup>2</sup> (22x44 m).

La inclinación de las cubiertas se fija en el 20% (11,3° ≈ 11,5°) para facilitar la evacuación de cualquier elemento que pueda suponer un peso adicional a la nave (agua de lluvia, nieve). Por lo tanto la fachada de la nave tendrá las dimensiones y la forma que se muestra:

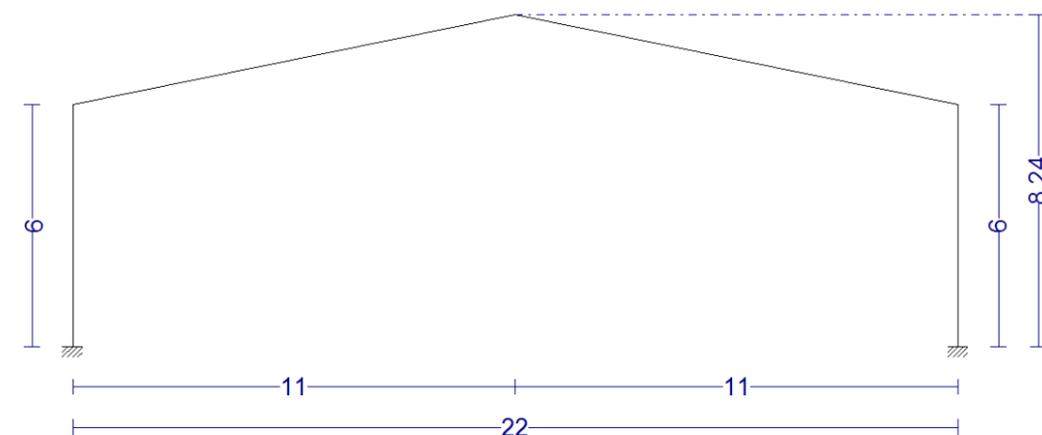


Figura 9. Esquema pótico interior tipo. Fuente: Propia.

Como la altura máxima según el PGOU es de 10m, el proyecto planteado está dentro de la legalidad.

## 7.- Normativa y Reglamentos de Aplicación

En éste punto se incluirán los aspectos que comparten las tres estructuras, evitando así la repetición de la información y haciendo más amena la comprensión del proyecto.

### 7.1.- Normas aplicadas

En el desarrollo de las estructuras, tanto para la cubierta con celosía metálica, como para la de hormigón prefabricado y la de madera se han tenido en cuenta las siguientes normativas y disposiciones legales necesarias para su elaboración.

- + Instrucción de Acero Estructural (EAE), aprobado por el Real Decreto 751/2011, del 27 de Mayo.
- + Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), aprobado por el Real Decreto 1247/2008, del 18 de Julio.
- + Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006, del 17 de Marzo. Y posterior modificación aprobada 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. Cabe destacar el Documentos Básico de Seguridad Estructural (DB SE) y de Seguridad en Caso de Incendio (DB SI).
- + Normas de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02), aprobado por el Real Decreto 997/2002, del 27 de Septiembre.
- + Eurocódigo 1: Acciones en estructuras (UNE-EN 1991-1-1), aprobada por CEN el 30 de Noviembre del 2001.
- + Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera (UNE-EN 1995-1-1: 2006/A1), aprobada por CEN el 10 de Abril del 2008.

### 7.2.- Hipótesis de Cálculo Consideradas

Atendiendo al apartado 4 “*Verificaciones basadas en coeficientes parciales del CTE DB-SE Seguridad Estructural*”.

#### 7.2.1.- Capacidad Portante

Atendiendo al apartado 4.2 del “*CTE DB-SE Seguridad Estructural*”, podemos concluir:

##### 7.2.1.1- Verificación Estabilidad

Se considera que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio o de una parte independiente del mismo, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes se cumple la siguiente condición.  $E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$

Siendo:  $E_{d,dst}$  -- Valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras.

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

##### 7.2.1.2.- Verificación Resistencia Material

Se considera que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de un elemento estructural, sección punto o de una unión entre elementos, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes se cumple la siguiente condición.  $E_d \leq R_d$

Siendo:  $E_d$  -- Valor de cálculo del efecto de las acciones.

$R_d$  -- Valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

#### 7.2.1.3- Combinación de Acciones

+ Situaciones persistentes o transitorias

El valor de cálculo se determina mediante las combinaciones de acciones a partir de la expresión:

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

+ Situaciones extraordinarias

La combinación de carga se determina mediante la expresión:

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

+ Situaciones accidentales sísmicas

Todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente, según la expresión:

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

Para poder emplear las distintas combinaciones de acciones serán necesarios los respectivos coeficientes, se disponen de ellos en el apartado “*8.2.3 Coeficientes de Mayoración de Acciones*” de este mismo capítulo.

#### 7.2.2.- Aptitud al Servicio

Atendiendo al apartado 4.3 del “*CTE DB-SE Seguridad Estructural*”, podemos concluir:

##### 7.2.2.1.- Combinación de Acciones

Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.

+ Combinación de acciones Característica

Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles se determinan mediante combinaciones de acciones, a partir de la 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 esta combinación de acciones emplearemos la 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 esta combinación de acciones emplearemos la expresión:

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

Para conocer todas las combinaciones de acciones con sus respectivos coeficientes introducidos en el programa de cálculo, acuda al 'Capítulo 3: apartado 3. Combinaciones de acciones'.

7.2.2.2- Flechas

Atendiendo al apartado 4.3.3.1 del "CTE DB-SE Seguridad Estructural", para cualquier combinación de acciones característica considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra que conforman nuestra estructura, la flecha relativa deberá ser inferior a 1/300.

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de la cubierta es suficientemente rígida sí, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es inferior a 1/300.

7.2.2.3.- Desplazamientos Horizontales

Atendiendo al apartado 4.3.3.1 del "CTE DB-SE Seguridad Estructural", se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez latera, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor de:

- Desplome total: 1/500 de la altura total del edificio.

- Desplome local: 1/250 de la altura de la planta.

7.2.3.- Seguridad al Vuelco

Para la comprobación del E.L.U. de equilibrio de las zapatas se debe recurrir al CTE DBSE, que para situaciones permanentes o transitorias estipula que la combinación de acciones sea:

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

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de seguridad de las acciones ( $\gamma_F$ ) a utilizar en la expresión de combinación y que para este apartado serán siempre iguales a la unidad.

Situación de dimensionado	Tipo	Materiales		Acciones	
		$\gamma_R$	$\gamma_M$	$\gamma_E$	$\gamma_F$
Persistente o transitoria	Hundimiento	3,0 <sup>(1)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,5 <sup>(2)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Vuelco <sup>(2)</sup>				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9 <sup>(3)</sup>	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacidad estructural	- <sup>(4)</sup>	- <sup>(4)</sup>	1,6 <sup>(5)</sup>	1,0
	Pilotes				
	Arrancamiento	3,5	1,0	1,0	1,0
	Rotura horizontal	3,5	1,0	1,0	1,0

Figura 10. Coeficientes de seguridad parciales para cálculo cimentaciones. Fuente: CTE DB SE-C.

7.2.4.- Agotamiento del Terreno

Para la comprobación de la carga unitaria sobre el terreno se deben verificar todas las combinaciones en situación persistente o transitoria, con los coeficientes de seguridad parciales de las acciones establecidas en el CTE DB SE-C, que tal y como se muestra en la tabla son siempre iguales a la unidad.

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

Situación de dimensionado	Tipo	Materiales		Acciones	
		$\gamma_R$	$\gamma_M$	$\gamma_E$	$\gamma_F$
Persistente o transitoria	Hundimiento	3,0 <sup>(1)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,5 <sup>(2)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Vuelco <sup>(2)</sup>				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9 <sup>(3)</sup>	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacidad estructural	- <sup>(4)</sup>	- <sup>(4)</sup>	1,6 <sup>(5)</sup>	1,0
	Pilotes				
	Arrancamiento	3,5	1,0	1,0	1,0
	Rotura horizontal	3,5	1,0	1,0	1,0

Figura 11. Coeficientes de seguridad parciales para cálculo cimentaciones. Fuente: CTE DB SE-C.

### 7.2.5.- Coeficientes de Mayoración de Acciones

Paralelamente a los anteriores, los de Mayoración de acciones también dependen del material. Con este criterio se observan los coeficientes que a continuación se detallan.

+ Acero laminado, conformado, fabrica y madera

Con relación a los coeficientes  $\gamma_c$  que gravan en las estructuras, se consideran los que establece el Documento Básico Seguridad Estructural, en la tabla 4.1 del capítulo 4.

Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma_c$ ) para las acciones.

Tipo de Verificación	Situación Persistente o Transitoria		
	Efecto Desfavorable	Efecto Favorable	
Resistencia	Permanentes		
	Peso Propio	1,35	0,80
	Empuje Terreno	1,35	0,70
	Presión Agua	1,20	0,90
Estabilidad	Variable		
		1,50	1,00
	Desestabilizadora		
	Estabilizadora		
Estabilidad	Permanente		
	Peso Propio	1,10	0,90
	Empuje Terreno	1,35	0,80
	Presión Agua	1,05	0,95
	Variable		
	1,50	0	

Figura 12. Coeficientes parciales de seguridad. Fuente: DB-Seguridad Estructural.

Coeficientes de simultaneidad ( $\gamma$ ).

	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

Figura 13. Coeficientes de simultaneidad. Fuente: DB-Seguridad Estructural.

### 7.3.- Materiales

#### 7.3.1.- Acero Estructural

El acero a utilizar para los perfiles laminados en caliente será S275JR, que tiene una resistencia característica de 275 N/mm<sup>2</sup> y una resistencia de cálculo tras aplicarle el coeficiente de seguridad  $\gamma_M$ , establecido en el CTE DB SE-A, capítulo 2.3.3.

$$f_{cd} = (f_{ck}/\gamma_M) = (275/1,05) = 261,9 \text{ N/mm}^2$$

Si se requiere utilizar perfiles conformados en frío, el acero a utilizar será S235JR, con una resistencia característica de 235 N/mm<sup>2</sup> y una resistencia de cálculo tras aplicar el coeficiente de seguridad de:

$$f_{cd} = (f_{ck}/\gamma_M) = (235/1,05) = 223,8 \text{ N/mm}^2$$

Para ambos casos, el módulo de elasticidad del acero es  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$ .

#### 7.3.2.- Hormigón

Para las cimentaciones se utilizará hormigón armado, se trata de hormigón fabricado en planta y colocado in situ directamente sobre el terreno. Por lo tanto, debe ser compatible con las acciones químicas a las que se verá sometido, esto se consigue teniendo en consideración el ambiente de la zona donde se va a construir.

Para el municipio de Cuenca donde se encuentra la estructura, se adopta un ambiente IIB y clase específica de exposición H, puesto que la precipitación media anual es de 516mm, la humedad relativa media en invierno es superior a 75% y se superan numerosas veces temperaturas por debajo de  $-5^{\circ}$ . Para estos ambientes la Norma EHE-08 exige una resistencia mínima para el hormigón de  $30 \text{ N/mm}^2$ , por lo tanto se empleará HA-30.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Ob	Oc	Oc	H	F	E
Resistencia mínima (N/mm <sup>2</sup> )	Masa	20	—	—	—	—	—	—	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

Figura 14. Resistencia mínima según ambiente. Fuente: Norma EHE-08.

Al ser un hormigón destinado a la edificación, la consistencia que se exige es blanda y al ser concretamente para cimentaciones, el tamaño máximo del árido puede alcanzar el valor de 40mm, aunque para garantizar una buena trabajabilidad del hormigón se empleará tamaño máximo de 30mm. Por lo tanto, la designación del hormigón será:

**HA-30/B/30/IIb+H**

La resistencia de cálculo del hormigón en una situación persistente o transitoria aplicando el coeficiente parcial de seguridad  $\gamma_c$ , será:

$$f_{cd} = (f_{ck}/\gamma_c) = (30/1,5) = 20 \text{ N/mm}^2$$

Para el hormigón seleccionado y el uso al que se va a destinar, resta por determinar los recubrimientos mínimos del hormigón en cada una de las direcciones de la cimentación.

Atendiendo al apartado 37.2.4 de la “Norma EHE-08”, se define recubrimiento del hormigón como la distancia entre la superficie exterior de la armadura y la superficie del hormigón más cercana. Fijando dicho valor en:

$$r_{nom} = r_{min} (A, t_g, C, f_{ck}) + \Delta r$$

Podemos observar en las tablas 37.2.4.1.a y c de la “Norma EHE-08”, que se establecen los recubrimientos mínimos  $r_{min}$ , en función de diferentes variables como el ambiente (A), vida útil del proyecto ( $t_g$ ), tipo de cemento (C) y la resistencia del hormigón ( $f_{ck}$ ).

Con los datos de nuestro proyecto, es decir, para una clase de exposición IIb, resistencia característica de  $30 \text{ N/mm}^2$  y vida útil de la estructura de 50 años, el recubrimiento mínimo propuesto es de 25 mm.

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón (N/mm <sup>2</sup> )	Vida útil de proyecto ( $t_g$ ), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
		$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
II a	CEM I	$f_{ck} \geq 40$	10	20
		$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$f_{ck} \geq 40$	15	25
		$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
II b	CEM I	$f_{ck} \geq 40$	15	25
		$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$f_{ck} \geq 40$	20	30
		$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35

Figura 15. Recubrimientos mínimos para las clases de exposición I y II. Fuente: Norma EHE-08.

Por otro lado en la tabla 37.2.4.1.c de la “Norma EHE-08”, para una clase específica de exposición H y vida útil 50 años, el recubrimiento mínimo propuesto es de 20mm.

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón (N/mm <sup>2</sup> )	Vida útil de proyecto ( $t_g$ ), (años)	
			50	100
H	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cemento	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	35
		$f_{ck} \geq 40$	10	20

Figura 16. Recubrimiento mínimo para clase específica de exposición H. Fuente: Norma EHE-08.

Entre los dos recubrimientos observados se selecciona el más restrictivo que en este caso es el mayor, por lo tanto, 25mm, a los que habrá que añadir el margen de recubrimiento  $\Delta r$ , que la “Norma EHE-08”, fija en 10mm para casos en los que no se considere un nivel de control intenso.

Por lo tanto, el recubrimiento nominal inferior a considerar será de:

$$r_{inf,nom} = r_{min} + \Delta r = 25 + 10 = 35\text{mm}$$

En los laterales de las zapatas, sin embargo, el recubrimiento mínimo a considerar será superior. El apartado 37.2.4 de la “Norma EHE-08”, nos indica que en piezas hormigonadas contra el terreno, el recubrimiento mínimo será 70mm, salvo que se haya preparado el terreno y dispuesto un hormigón de limpieza.

$$r_{lat,nom} = r_{min} (A, t_g, C, f_{ck}) + \Delta r = 70 + 10 = 80\text{mm}$$

### 7.3.3.- Hormigón de Limpieza

En toda cimentación se debe colocar preceptivamente una solera de asiento según lo establecido en el apartado 4.5.1.2 del “CTE DB SE-C”, el espesor mínimo de la solera de asiento será de 10cm.

El hormigón a emplear en esta solera se caracteriza como un hormigón de limpieza (HL), que es un tipo de hormigón que tiene como fin evitar la desecación del hormigón estructural durante su vertido así como una posible contaminación de éste durante las primeras horas de su hormigonado.

En la identificación de este tipo de hormigón se hace referencia expresa al contenido mínimo necesario de cemento, quedando un único hormigón para este uso, con la siguiente tipificación según el “Anejo 18 de la EHE-08”.

#### HL-150/B/20

Como se indica en la identificación, la dosificación mínima de cemento será de 150kg/m<sup>3</sup>, la consistencia blanda, recomendándose que el tamaño máximo del árido sea inferior a 30mm, para facilitar la trabajabilidad de estos hormigones.

### 7.3.4.- Madera estructural

La llamada madera estructural es la utilizada para fines portantes, es un tipo de madera apenas procesada, sin tratamiento de encolado y sin ensambles de unión dentada. Esta tipología se obtiene aserrando el tronco longitudinalmente y posteriormente cepillándolo. Dependiendo de las dimensiones que se quieran obtener se disponen diferentes piezas como tablonés, tablas, listones, madera escuadrada y madera de gran escuadría.

A la hora de la elección de la tipología a emplear hay que tener muy en cuenta particularidades como pueden ser los nudos, gemas, desviación de la fibra, etc. ya que las grandes dimensiones de las piezas utilizadas en construcción lleva aparejado esta serie de inconvenientes.

Si valoramos ‘a priori’ la estructura interna de la madera como un haz de fibras longitudinales unidas, se puede deducir que existe una gran diferencia de resistencia dependiendo de la dirección en la que se aplique la fuerza. Es por eso que la madera presenta buena resistencia frente a sollicitaciones paralelas a las fibras, o lo que es lo mismo, sollicitaciones normales. Cuando las sollicitaciones son perpendiculares la resistencia disminuye, al igual que la resistencia a cortante.

Existen dos tipos de madera laminada encolada: la homogénea, cuyas láminas están compuestas de madera aserrada de igual clase resistente en toda su sección y la combinada, que alterna láminas de mayor clase resistente en las caras exteriores y de menor clase en el interior. Las láminas externas, deben comprender como mínimo dos láminas y/o las localizadas en un sexto del canto.

Para esta estructura se ha elegido concretamente una madera laminada encolada homogénea, y dentro de éstas, la de clase GL32h (C40), cuyas propiedades asociadas a ésta clase de madera se describen a continuación.

Propiedades	Clases resistentes								
	Laminada encolada homogénea				Laminada encolada combinada				
	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL24c	GL28c	GL32c	GL36c	
<b>Resistencia característica (MPa)</b>									
Flexión	$f_{m,k}$	24	28	32	36	24	28	32	36
Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	16,5	19,5	22,5	26	14	16,5	19,5	22,5
Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6	0,35	0,4	0,45	0,5
Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	24	26,5	29	31	21	24	26,5	29
Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6	2,4	2,7	3,0	3,3
Cortante	$f_{v,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3	2,2	2,7	3,2	3,8
<b>Rigidez (KN/mm<sup>2</sup>)</b>									
Módulo de elasticidad paralelo medio	$E_{0,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7	11,6	12,6	13,7	14,7
Módulo de elasticidad paralelo 5º- percentil	$E_{0,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9	9,4	10,2	11,1	11,9
Módulo de elasticidad perpendicular medio	$E_{90,medio}$	0,39	0,42	0,46	0,49	0,32	0,39	0,42	0,46
Módulo transversal medio	$G_{medio}$	0,72	0,78	0,85	0,91	0,59	0,72	0,78	0,85
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>									
Densidad característica	$\rho_k$	380	410	430	450	350	380	410	430

Figura 17. Valores de propiedades asociadas a las clases resistente. Fuente: CTE DB-SE Madera.





## CAPÍTULO 2. ALTERNATIVAS, ANÁLISIS COMPARATIVO Y JUSTIFICACIÓN



## 1.- Introducción

Este será posiblemente el capítulo más importante del presente proyecto, donde se resolverá la estructura al completo y de forma detallada, mediante el uso de la herramienta CYPE.

Se ha realizado una descripción más detallada de la estructura, analizando los elementos que la conforman, haciendo alusión siempre a las normativas que se han seguido durante las comprobaciones.

A continuación se presenta la estructura como la disposición en planta donde irá ubicada la alternativa que finalmente se disponga.

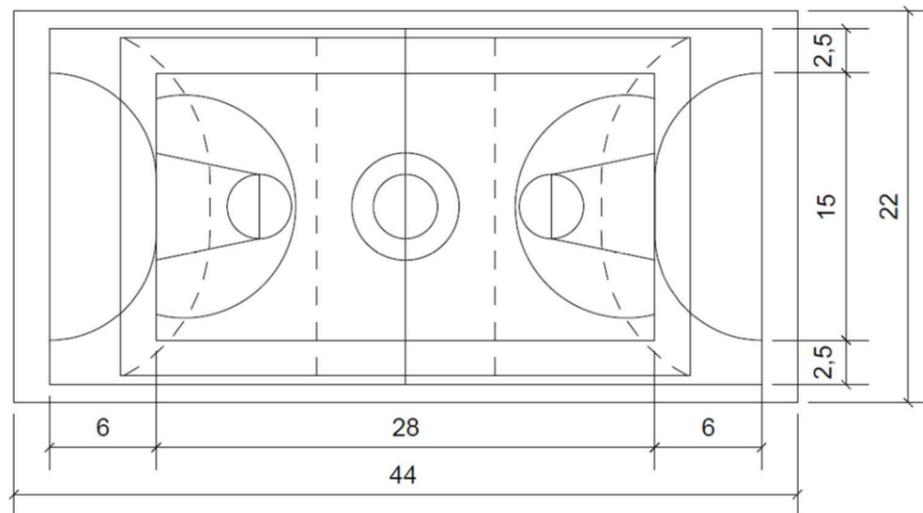


Figura 18. Distribución en planta de la pista deportiva proyectada. Fuente: Propia.

Como ya se ha nombrado anteriormente, la estructura objeto de cálculo será una cubierta a dos aguas que ocupará un área de 44x22m. Y según la alternativa estará formada por una sucesión distinta de pórticos que sostendrán la cubierta, con una separación distinta en cada caso. La altura máxima de los pórticos será de 8m en todos los casos. Cada pórtico salvará una luz de 22m. En el anejo de planos podremos encontrar todos los detalles de cada elemento.

## 2.- Programa de cálculo y diseño

Para calcular y dimensionar la cubierta se emplea el software CYPE 2018, una herramienta de cálculo ampliamente extendida en el campo de la ingeniería y concretamente en estructuras. Dicho programa contempla las normas nacionales de aplicación vigente para dimensionar y comprobar estructuras de acero tanto laminado como armado y conformado, hormigón, madera y mixtas, sometidas a acciones sísmicas, gravitatorias, nieve y viento.

Para alcanzar a comprender como trabaja esta herramienta, se mantendrá la misma estructura de redacción en este capítulo que en el desarrollo normal mediante CYPE, procurando siempre realizar todas las explicaciones y aclaraciones que sean oportunas.

Dentro de CYPE están incluidos numerosos módulos de todo tipo, pero para el análisis de este proyecto se recurrirá principalmente a 'CYPE METAL 3D' y, dentro de éste al subapartado 'Generador de Pórticos'.

El 'Generador de Pórticos' servirá exclusivamente para realizar un predimensionamiento de la nave, que una vez exportado a 'CYPE METAL 3D' servirá para facilitar la introducción de los datos iniciales de la estructura, incluida la dimensión de las correas de cubierta. Una vez dentro de 'CYPE METAL 3D', se tendrá un galpón con la longitud, anchura y altura correspondiente. Aquí es donde comenzará la parte difícil en la cual habrá que dimensionar perfiles, tirantes, nudos, placas de anclaje y cimentaciones.

Se ha realizado un análisis exhaustivo del procedimiento adecuado a realizar por el programa para comprender particularmente los criterios que utiliza el software para dimensionar los perfiles de madera.

## 3.- Acciones sobre la estructura y su combinación

La determinación de las acciones sobre la estructura de la cubierta se ha realizado teniendo en cuenta la aplicación de las normativas que se relacionan en el apartado correspondiente de la presente memoria.

Según el DB SE-AE Acciones en la edificación, las acciones y las fuerzas que actúan sobre un pórtico interior se pueden agrupar en 3 categorías: acciones permanentes, acciones variables y acciones accidentales.

La consideración particular de cada una de ellas se detalla en los siguientes subapartados, y responde a lo estipulado en los apartados 2, 3 y 4 del DB SE-AE.

Algunos de los valores, como los correspondientes al peso propio de la estructura, se desconocen "a priori", por tanto se suponen unos de predimensionado, verificando cuando termine el cálculo que los supuestos hechos son apropiados.

Todos los cálculos realizados en este apartado no serán más que meras estimaciones que más tarde se compararán con los datos suministrados por el software CYPE, donde sí se incluirán todos los elementos que componen la geometría de la nave y sus respectivos pesos. Sin embargo, desarrollar estos cálculos de forma manual resultará muy útil para obtener órdenes de magnitud y tomar futuras conclusiones.

### 3.1.- Acciones Permanentes

Se incluyen dentro de esta categoría todas las acciones cuya variación en magnitud con el tiempo es despreciable, o cuya variación es monótona hasta que se alcance un valor límite. Todos los valores que se comentarán en adelante son valores característicos, debiendo posteriormente ser amplificados por el correspondiente coeficiente de mayoración. Se consideran 3 grupos de acciones permanentes que se detallan a continuación.

#### 3.1.1.- Peso de la estructura

En este apartado se incluyen todos los elementos de la estructura que son objeto de cálculo, por lo tanto sus dimensiones no se pueden conocer antes de realizar el cálculo. Los elementos estructurales considerados en este apartado son: pilares, jácenas, correas, vigas, contraviento, vigas perimetrales y arriostramientos.

Se considerará un valor característico de predimensionado igual a la luz del pórtico dividido por 100 en KN/m<sup>2</sup>, es decir:

$$G_{K,PP} = (24/100) = 0,24 \text{ KN/m}$$

Una vez calculados todos los elementos estructurales, se comprobará que el valor utilizado es válido.

### 3.2.- Acciones Variables

Son las acciones cuya variación en el tiempo no es monótona ni despreciable respecto al valor medio. Se contemplan dentro de esta categoría las sobrecargas de uso que se ha supuesto uniforme en toda la cubierta como una sola acción.

#### 3.2.1.- Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.

Se ha considerado, para el cálculo de los esfuerzos en los elementos estructurales, la aplicación de una carga distribuida uniforme, adoptando los valores característicos de la tabla 3.1 del DB SE-AE.

La cubierta proyectada está formada por un panel sándwich apoyado sobre correas, y sólo va a ser accesible para mantenimiento. Para esta situación, el CTE considera que la categoría de uso es G1 no concomitante con el resto de las acciones variables, de cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento, de valor 0.4kN/m<sup>2</sup>.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4),(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(6)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 19. Valores característicos de las sobrecargas de uso. Fuente: CTE DB SE-AE.

Aplicando las acciones sobre los pórticos de la estructura:

$$q_{K,P \text{ int}} = Q_K s_p = 0,4 \cdot s_p$$

$$q_{K,P \text{ int}} = Q_K s_p/2 = 0,4 \cdot s_p/2$$

#### 3.2.2.- Sobrecarga de viento

Para el caso del viento se han supuesto 6 opciones distintas de carga en función de la dirección en la que sopla el viento sobre la cubierta. En dicho caso basta con comprobar las dos direcciones normales que provocan los esfuerzos más desfavorables sobre la estructura, las cuales son perpendiculares a cada una de las fachadas. También se han comprobado si las fuerzas actuantes sobre la cubierta provocaban levantamiento o hundimiento.

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



Figura 20. Distribución de las cargas del viento. Fuente: Propia.

### 3.2.3.- Sobrecargas de nieve

El cálculo de la acción de la nieve sobre el edificio se realiza según lo establecido en el artículo 3.5 del “CTE DB SE-AE y en el anejo E”.

Como valor característico de la carga de la nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, debe tomarse:

$$q_{k,n} = \mu S_k$$

Donde:

$\mu$  -- Coeficiente de forma de la cubierta. Al tener la cubierta una inclinación menor de 30°, el coeficiente de forma será igual a la unidad (no se produce descarga de la nieve sobre el terreno puesto que la inclinación es pequeña).

$S_k$  -- Valor característico de la nieve. El valor de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal en las capitales de provincia y ciudades autónomas puede tomarse en la figura 20. La estructura se encuentra en la región de Cuenca pero a una altitud topográfica de 920m.

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

Figura 21. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal. Fuente: Anejo E, CTE DB SE-AE.

Interpolando para una zona de clima invernal tipo 5 (en la que se sitúa Cuenca) y una altitud de 920m, la sobrecarga de nieve será de 0.82 KN/m<sup>2</sup>.

Calculados ambos factores, el valor característico de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal es:

$$q_{k,n} = \mu S_k = 1 \cdot 0,82 = 0,82 \text{ KN/m}^2$$

Para el caso de la sobrecarga de nieve, se han considerado 3 opciones distintas entre sí.

- Distribución en el lado izquierdo de la cubierta [Nieve 1].
- Distribución en el lado derecho de la cubierta [Nieve 2].
- Distribución a ambos lados de la cubierta [Nieve 3].

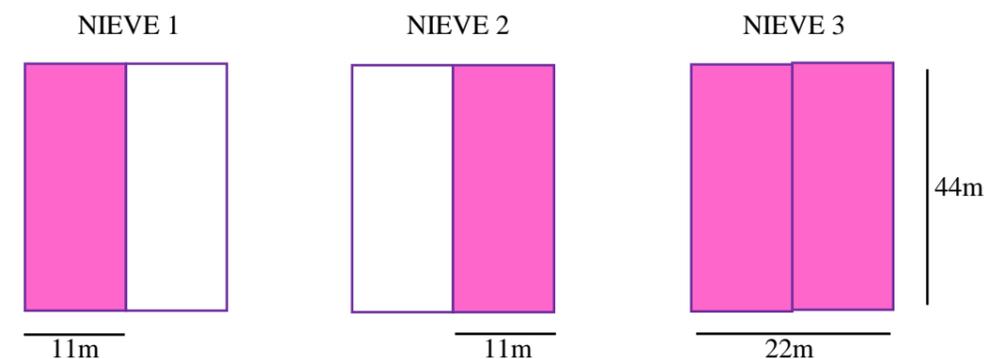


Figura 22. Distribución de las cargas de nieve. Fuente: Propia.

No se considerarán acumulaciones de nieve, pues no se prevé la instalación de parapetos en los finales de los faldones de la cubierta, sino habría que incrementar la carga en las zonas susceptibles de sufrir las acumulaciones.

### 3.2.4.- Acciones térmicas

En este apartado se trata lo estipulado en el “*artículo 3.4.1.3 del CTE DB SE-A*”.

“Los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura exterior. La magnitud de las mismas depende de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales constructivos y de los acabados o revestimientos y del régimen de calefacción y ventilación interior, así como del aislante térmico”.

“Las variaciones de la temperatura en el edificio conducen a deformaciones de todos los elementos constructivos, en particular, los estructurales, que en los casos en los que estén impedidas, producen tensiones en los elementos afectados”.

“La disposición de juntas de dilatación puede contribuir a disminuir los efectos de las variaciones de temperatura. En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40m de longitud. Para otro tipo de edificios, los DB incluyen la distancia máxima entre juntas de dilatación en función de las características del material utilizado”.

En el caso del edificio que se está calculando, no se dispondrá ningún elemento continuo de más de 40m de longitud, ni tampoco juntas de dilatación. Por lo tanto, no será necesario realizar el cálculo de las acciones térmicas.

### 3.3.- Acciones Accidentales

#### 3.3.1.- Sismo

En la determinación de las acciones sísmicas se ha considerado la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02).

Dicha norma, en el artículo 1.2., apartado 2º, establece una clasificación de las construcciones en función de su uso, según el siguiente criterio:

De importancia moderada: son las que con muy poca probabilidad su ruina por terremoto pueda causar víctimas, interrumpir un servicio primario o producir daños económicos relevantes a terceros.

De importancia normal: son las que su destrucción por terremoto puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni que su destrucción pueda dar lugar a efectos catastróficos.

De importancia especial: son las que su destrucción por terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

Según el anterior criterio y dadas las características de uso del edificio, éste se ha catalogado de importancia normal.

Por otro lado, la aceleración sísmica de cálculo  $a_c$ , de acuerdo con el artículo 2.2 de la mencionada norma, se ha calculado según la expresión:

$$a_c = S \rho a_b$$

Donde:

$a_c$  -- aceleración sísmica de cálculo.

$S$  -- aceleración sísmica básica.

$\rho$  -- coeficiente de riesgo

$a_b$  -- coeficiente de amplificación del terreno, que toma el valor:

$$\text{Para: } \rho \cdot a_b \leq 0.10 \cdot g \quad S = C/1,25$$

$$\text{Para: } 0.10 \cdot g < \rho \cdot a_b < 0.40 \cdot g \quad S = C/1.25 + 3.33 \cdot (\rho \cdot a_b / g - 0.1) \cdot (1 - C/1.25)$$

$$\text{Para: } 0.40 \cdot g < \rho \cdot a_b \quad S = 1.0$$

C: coeficiente del terreno, según características geotécnicas toma el valor:

TIPO DE TERRENO		COEF. SUELO C
I	Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso.	1.0
II	Roca fracturada, suelo cohesivo duro o granular denso.	1.3
III	Suelo granular de compacidad media o cohesivo de consistencia firme a muy firme.	1.6
IV	Suelo granular suelto o suelo cohesivo blando.	2.0

Figura ..... Fuente: Propia.

Se adoptará como valor de C el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes  $C_i$  de cada estrato, en los 30 primeros metros respecto de la superficie, con su espesor  $e_i$ , mediante la expresión:  $C = \sum (C_i \cdot e_i) / 30$



Figura 23. Mapa de peligrosidad sísmica. Fuente: Norma de Construcción Sismorresistente.

Atendiendo al mapa de peligrosidad sísmica y teniendo en cuenta que es una construcción de importancia normal, tenemos:

Aceleración sísmica básica,  $a_b$  y el coeficiente de riesgo  $\rho$ : Localidad: **Cuenca**  
 $a_b$ : **< 0.04g**  
 $\rho$ : **1.0**

El “apartado 1.2.3 del NCSE-02”, excluye su aplicación en las construcciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  sea inferior a 0,04g. Este es el caso, por lo que no habría que considerar la acción del sismo.

### 3.3.2.- Incendio

Por resistencia al fuego entendemos según el código técnico de la edificación, el tiempo durante el cual una estructura sometida a una situación de incendio es capaz de seguir cumpliendo su función estructural, y por lo tanto, cuantifica la seguridad de la estructura frente al incendio.

La clasificación de los materiales respecto a su resistencia al fuego se definen en la norma UNE-EN 13501-1:2002. La cual distingue 5 tipos:

- M0** -- no combustible.
- M1** -- combustible pero no inflamable.
- M2** -- combustible y difícilmente inflamable.
- M3** -- combustible y medianamente inflamable.
- M4** -- combustible y fácilmente inflamable.

Dependiendo del material y del tratamiento será de una categoría u otra.

## 4.- Alternativa I. Estructura Metálica

### 4.1.- Descripción de la estructura

Esta alternativa estará formada por la sucesión de 9 pórticos, generando así 8 huecos con una separación de 5,5m. Los pórticos estarán compuestos por pilares de 6m de altura, y vigas de 11,5° de inclinación.

La primera información que solicita el programa es el número de vanos de la nave y la separación entre pórticos. En el anterior capítulo de este proyecto, se hizo un predimensionamiento de la nave, concretamente la estructura metálica ya que era la primera que trataríamos. Estipulando que tendría una luz de 22m y una longitud de 44m.

La separación entre pórticos, por criterios económicos, suele situarse entre 5 y 6 metros. Teniendo en cuenta que una mayor separación implica una reducción en el coste de la estructura pero un incremento en el coste de las correas, se opta por tomar un sistema estructural basado en pórticos a dos aguas con una separación entre ellos de 5,5m. En ocasiones, la separación entre el primer y el segundo pórtico (S1) puede ser diferente de las demás

(S1<S) pero para garantizar un mayor equilibrio y homogeneidad de la estructura se decide que tengan las mismas dimensiones.

La nave quedará dividida en 9 pórticos en total, separados 5,5m entre sí. Esto se refleja en la siguiente figura.

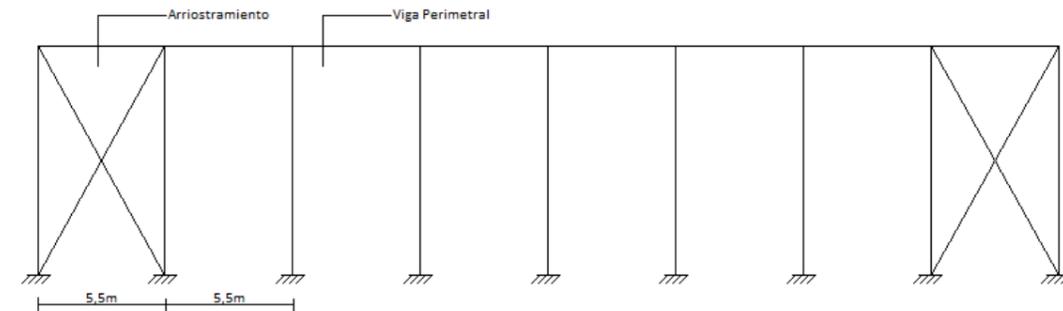


Figura 24. Esquema de las crujeas. Fuente: Propia.

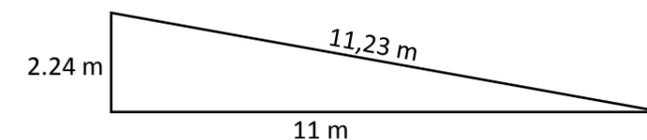
Ante la elección de la tipología estructural de la cubierta se tratará con pórticos rígidos biarticulados. Ésta solución presentará nudos rígidos tanto en la unión jácena-pilar, como en la unión central. Ambas bases permiten el giro en el plano que describe la fachada corta de nuestra estructura. Se tratará con pórticos intraslacionales, puesto que se han dispuesto elementos que arriostran la estructura.

En cuanto a las correas se empotrarán sus extremos entre sí para que cada correa trabaje desde la fachada principal hasta la posterior como viga continua.

Para empotrar estas correas entre sí se pueden soldar unas a otras y al dintel sobre el que descansen, pero mucho mejor es disponer ejiones, que sirven para conectar rígidamente correas.

-- Separación entre correas: es la distancia que se debe tomar entre dos correas consecutivas. Para ello, se necesita calcular la longitud del alero, descontando lo que ocupe el canalón y todo lo que reste espacio en el lateral, como petos o cerramientos. También se debe restar el espacio que quedará entre la correa más alta y la cumbre, que suele ser de unos 10 centímetros para cubiertas tipo sándwich. Al espacio resultante se le debe dividir por 1.80 metros para el caso de cubierta sándwich. Con esto, se calcula cuántos vanos de correas se necesitan, de manera aproximada, redondeando el resultado obtenido al número entero más cercano. Una vez hallado este valor, se debe dividir la distancia del alero a cubrir con correas por el número de vanos.

Se calcula la longitud del alero, utilizando el teorema de Pitágoras, como se muestra a continuación.



A este valor se le deben descontar el espacio del canalón y la separación de la última correa de la cumbre.

$$\text{Anchura útil} = 11,23 - 0,2 - 0,1 = 10,93 \text{ m}$$

Como se van a utilizar paneles tipo sándwich para la cubierta, se deberá dividir la anchura útil por 1,8m.

$$(10,93/1,8) = 6,072 \text{ vanos de correas.}$$

Este valor obtenido, se redondeará al número entero más cercano y superior. En este caso, a 6 vanos de correas. Por lo tanto, la distancia real entre correas será la división entre la anchura útil y el número de vanos de correas.

$$\text{Distancia real entre correas} = (10,93/6) = 1,8 \text{ m}$$

Por lo tanto se utilizan perfiles CF 300x2.5, contruidos con acero S275JR.

La base de los pilares hastiales se ha decidido que sea articulada porque así se elimina la posibilidad de que transmitan momento a la zapata, lo que conllevará un ahorro considerable de hormigón.

La cubierta estará formada por un cerramiento con placa de poliéster de espesor 2mm y peso 1,58 kg/m<sup>2</sup>, al que finalmente se le otorgan 0,10KN/m<sup>2</sup> para tener en cuenta el peso de la tornillería y los accesorios de montaje. Un factor importante de haber elegido este tipo de cubierta es que es una placa translúcida y permite una transmisión lumínica del 85%.

Las jácenas están compuestas por perfiles IPE 400 inclinados 11,5° sobre la horizontal. Tanto la unión entre vigas como entre jácena y pilar se ha solventado mediante una soldadura. Se han dispuesto 18 vigas que forman 9 jácenas, una por cada pórtico.

Para los pilares, 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.

Para evitar la apariencia de pandeo se recurrirá al arriostramiento de los pórticos de fachada disponiendo tirantes en forma de cruz.

En el caso de los cerramientos laterales se opta por paneles de hormigón prefabricado. La gran diferencia es que estos no se cuelgan de la estructura como en el caso de los paneles tipo sándwich, sino que se introducen en los huecos de los perfiles y se apoyan directamente en el suelo. Serán de altura igual a los pilares, es decir, 6m y con la capacidad de arriostrar los pilares a pandeo.

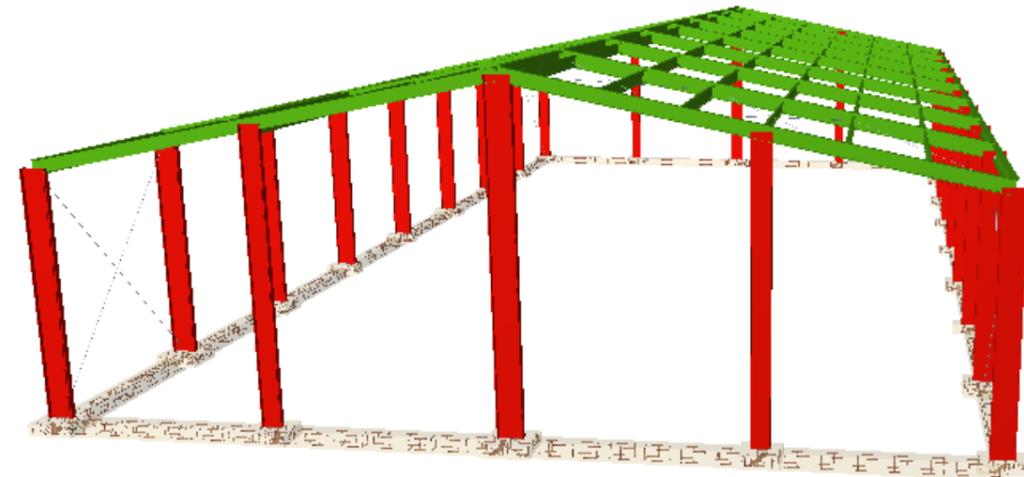


Figura 25. Vista 3D de la cubierta metálica. Fuente: Metal 3D.

#### 4.2.- Conclusión

Las acciones de viento cobran gran importancia al tratarse de una estructura ligera y diáfana, por eso se ve solicitada por mayores fuerzas horizontales en comparación con las de la estructura.

También hay que añadirle los momentos que se ven provocados por la unión de la viga con el pilar, que se transmiten hasta la cimentación y acentúan los esfuerzos horizontales.

Con la intención de aumentar de rigidez al pórtico, se han aumentado los perfiles de las jácenas para cumplir la limitación impuesta por el CTE de la flecha relativa. Se ha tratado con especial cuidado el pandeo lateral en las fibras inferiores próximas al nudo de la jácena.

Para evitar que las dimensiones de la cimentación sean excesivamente grandes, se han articulado las bases de los pórticos, esta modificación ha ocasionado que las flechas en el centro del pórtico sean mayores, provocando así que la estructura se deforme.

En las correas el factor limitante ha sido la flecha relativa al igual que las jácenas.

En cuanto a pilares se refiere, se han tenido que reforzar con un perfil mayor con la finalidad de aumentar la inercia de las secciones en la cabeza del pilar ya que eran las más solicitadas y así no agotaran por la interacción de esfuerzos y pandeo.

### 5.- Alternativa II. Estructura de Hormigón Prefabricado

#### 5.1.- Descripción de la estructura

La estructura que a continuación vamos a analizar estará formada por menos pórticos que la anterior alternativa, ya que las estructuras de hormigón prefabricado logran soportar mayores esfuerzos por lo tanto las luces aumentan.

Concretamente serán 5 pórticos los que sustentarán la estructura con una separación de 11m. Los pórticos con una altura máxima de 8.07m, estarán sustentados por pilares de 6m de altura, y una viga delta sobre la horizontal. Cada pórtico salvará una luz de 22m. Cada pilar estará unido al siguiente por una viga Delta tipo G.

Los diferentes elementos que se han empleado en la elaboración de la estructura los podemos encontrar en el catálogo de la empresa de prefabricados "Pretersa-Prenavisa". Como consecuencia el diseño de la cubierta estará condicionado por las condiciones establecidas en dicho catálogo.

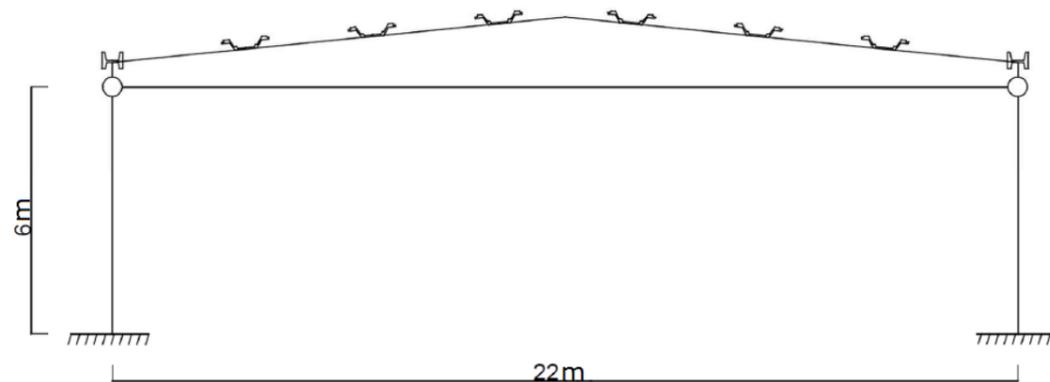


Figura 26. Croquis del pórtico con estructura de hormigón prefabricado. Fuente: Propia.

Ante la elección de la tipología estructural de la cubierta se tratará con pórticos biempotrados articulados en la unión viga-pilar. Los pórticos están formados por una viga prefabricada Delta que se encuentra apoyada sobre ambos pilares, y estos a su vez están empotrados al terreno mediante cimentación. Por lo tanto estaremos ante pórticos intraslacionales.

En cuanto a las correas se dispondrán 6 por vano, es decir, 3 por cada agua de la cubierta y con una separación 2,75m entre cada una. Estarán conformadas por vigas Dalla del tipo AL30. La unión entre el dintel y las diferentes correas será articulada, mediante una unión atornillada especificada por el fabricante.

La cubierta estará formada por un cerramiento con placa de poliéster de espesor 2mm y peso 1,58 kg/m<sup>2</sup>, al que finalmente se le otorgan 0,10KN/m<sup>2</sup> para tener en cuenta el peso de la tornillería y los accesorios de montaje. Un factor importante de haber elegido este tipo de cubierta es que es una placa translúcida y permite una transmisión lumínica del 85%.

Las vigas portacanalón del tipo CH4 están dispuestas a lo largo de los extremos de las fachadas, con una longitud de 11m cada una se apoyarán sobre los pilares. Estas vigas se encargan de desaguar la lluvia que recoja la cubierta y también se encargan de unir pórtico con pórtico.

Para los pilares, se han empleado el de tipo exterior para todos los pórticos de nuestra estructura, tanto para los de fachada como para los interiores. En total se han dispuesto 10 pilares, dos por cada uno de los pórticos. Con unas dimensiones de 40x40cm, con una altura de 6m.

En el caso de los cerramientos laterales se opta por paneles de hormigón prefabricado, estos se introducen en los huecos de los pilares y se apoyan directamente en el suelo. Serán de altura igual a los pilares, es decir, 6m y con la capacidad de arriostrar los pilares a pandeo.

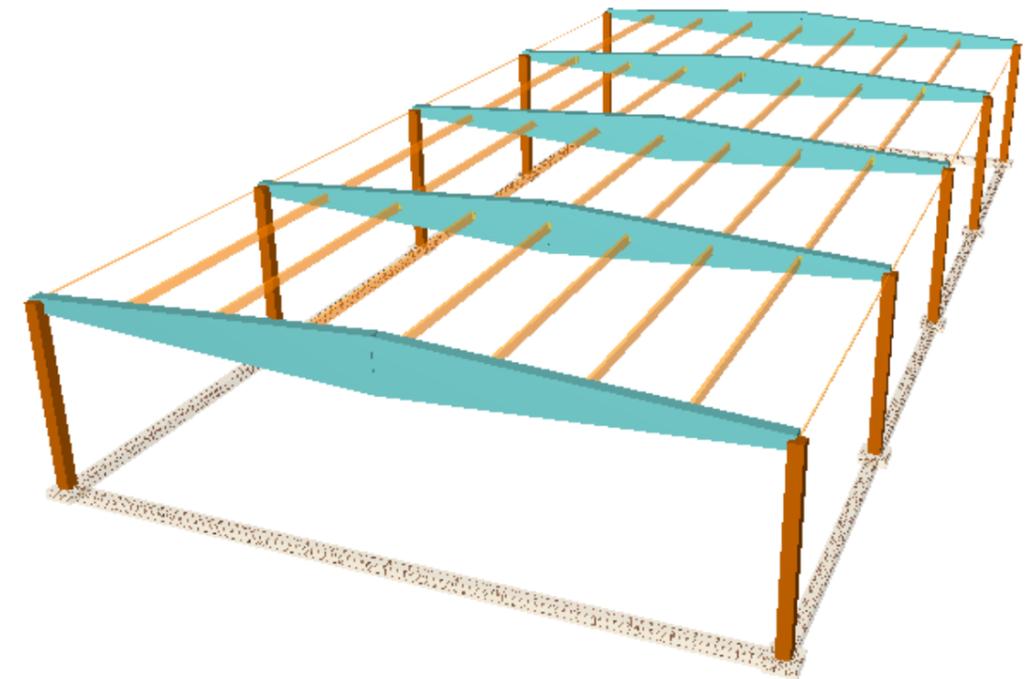


Figura 27. Croquis del pórtico con Estructura Hormigón Prefabricado. Fuente: Propia.

En cuanto al cálculo de la estructura, se ha utilizado el modelo lineal para el cálculo de la estructura de hormigón prefabricado. También se ha verificado que los pórticos son intraslacionales comprobando la relación de rigidez con la carga vertical que llega a la cimentación.

Al considerar la estructura arriostrada será suficiente con un análisis elástico.

El tratamiento de uso del software CYPE ha sido más costoso que con la anterior alternativa, ha debido realizarse con especial cuidado puesto que no se disponía de los datos suficientes para definir cada pieza en detalle.

Se ha introducido cada uno de los elementos a modo de perfiles genéricos, al no disponer de la cantidad de armadura activa o pasiva de cada elemento prefabricado se han introducido solo las características mecánicas brutas. Las correas al estar inclinadas 10° se han calculado las inercias brutas una vez girados los ejes.

Tanto los pilares, correas como las vigas portacanalón se han asemejado lo máximo posible a la realidad calculando el área, área de cortante y la inercia a flexión y se ha supuesto que al tratarse de piezas prefabricadas la resistencia característica del hormigón es de 45MPa.

En el caso del dintel se ha implementado como dos barras rectangulares de canto variable, variando como está descrito en el catálogo de 40cm hasta 167cm.

## 5.2.- Conclusión

Las estructuras prefabricadas dan la viabilidad de salvar mayores luces que las estructuras cotidianas situando así un menor número de pórticos. Sin embargo estas estructuras tienen un inconveniente que es el peso propio.

En cuanto a las jácenas y correas, ambas se comportan como vigas biapoyadas, pudiendo así analizarlas fácilmente. Todos los elementos prefabricados que conforman una nave industrial están bastante estandarizados en el catálogo Pretersa-Prenavisa, su diseño se ha basado principalmente en comprobar que el número de correas fuera suficiente para soportar el peso propio de la cubierta y las sobrecargas.

Las sobrecargas de viento producen solicitaciones horizontales que se transmiten a la cimentación, ya que la acción sísmica en la zona de actuación es aproximadamente nula.

La unión pilar-dintel al ser articulada no se transmite esfuerzos flectores a la cimentación, estando ésta solicitada a compresión principalmente siendo poco significativos las componentes horizontales y los momentos. Por eso el área eficaz de las zapatas apenas se ve reducida, pudiendo utilizarse zapatas de las mismas dimensiones que para la solución metálica a pesar de que las cargas son mayores que recaen sobre cada pilar.

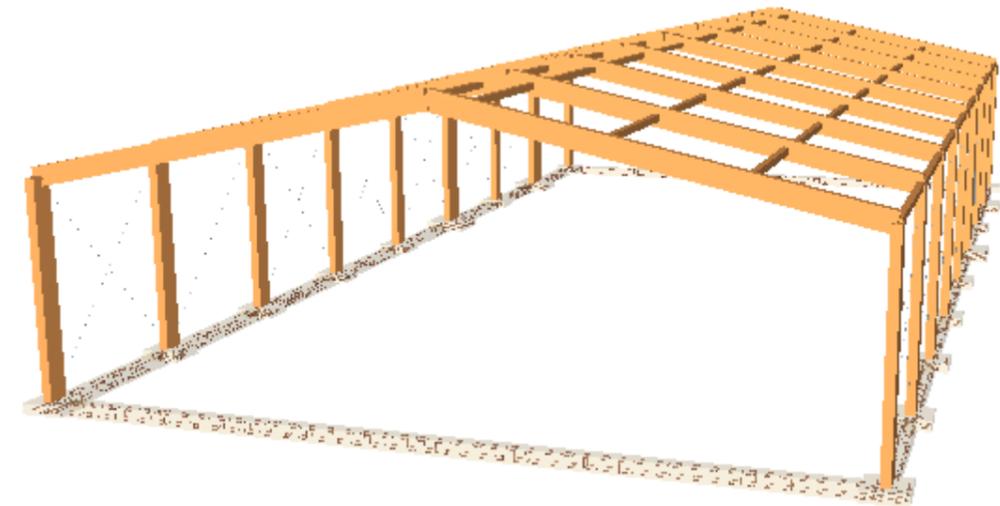


Figura 28. Croquis del pórtico con Estructura Hormigón Prefabricado. Fuente: Propia.

## 6.- Alternativa III. Estructura de Madera

### 6.1.- Descripción de la estructura

Esta alternativa estará formada por la sucesión de 9 pórticos, generando así 8 huecos con una separación de 5,5m. Los pórticos estarán compuestos por pilares de 6m de altura, y vigas de 12° de inclinación, siguiendo la normativa del "Eurocódigo 5".

La separación entre pórticos, por normativa y fundamentalmente por criterios económicos, suele situarse entre 5 y 10 metros. Cuanto más nos aproximemos en la medida de lo posible a la separación de 10m estaremos reduciendo considerablemente el coste de la estructura, pero también implica un aumento en las dimensiones de las vigas y mayores costes de las correas, se opta por tomar un sistema estructural basado en pórticos a dos aguas con una separación entre ellos de 5,5m.

Partiendo de que los momentos en las articulaciones serán nulos, se opta por la opción de un pórtico triangular triarticulado pues es un buen modelo para trabajar con la madera, ya que es difícil crear empotramientos perfectos en las uniones con este material y seguiríamos con la metodología llevada a cabo hasta ahora con las dos anteriores alternativas. Pero nos encontramos con un problema, el de realizar el encuentro del pilar con la cimentación.

Una vez implementada la estructura en el software con el que estamos trabajando se plantea la duda de donde situar las articulaciones y los empotramientos, por lo que contemplamos las dos opciones y observamos que situando las articulaciones en las bases de los pilares los momentos son inferiores en este modelo, al igual que los cortantes también son inferiores y que resulta mucho más fácil el realizar el empotramiento entre elementos del mismo material (viga de madera con pilar de madera) y las articulaciones en las bases de los pilares con su encuentro con la cimentación.

Una vez escogido el modelo estructural, procedemos como anteriormente al dimensionado de los elementos constructivos, calculando primero las correas, luego las vigas y finalmente los pilares. Las medidas finales de los elementos se han ajustado al perfil inmediatamente superior de las dimensiones que nos ofrecen las casas comerciales para dichos elementos.

Respecto a las correas se dispondrán 8 por vano, es decir, 4 por cada agua de la cubierta y con una separación 3,5m entre cada una. Estarán conformadas por vigas cuadradas de 180mm. La unión entre el dintel y las diferentes correas será rígida, mediante una unión atornillada especificada por el fabricante.

Para la cubierta se utilizarán placas de la casa comercial "ONDULINE", concretamente la placa translúcida plana de policarbonato, de 4mm de espesor, con una transmisión de luminosidad del 90%.

Para los pilares, se ha empleado el mismo diseño tanto para los de fachada como para los interiores. En total se han dispuesto 18 pilares, dos por cada uno de los pórticos. Con unas dimensiones de 580x260mm, con una altura de 6m.

En el caso de los cerramientos laterales se realizarán con placa de poliéster plana de 4mm de espesor en su parte inferior (hasta una altura de 3m) y en doble cristal de seguridad hasta la altura de encuentro con la cubierta.

### 6.2.- Conclusión

Las cubiertas de madera hay que analizarlas con especial detenimiento ya que no son estructuras convencionales, los mayores inconvenientes que presentan son la materialización de las uniones y su transporte que al igual que los elementos de hormigón prefabricado encarece considerablemente el presupuesto final.

La situación más difícil de abordar es la disposición de las articulaciones en el pórtico, que se analizó detenidamente comparando el diagrama de momentos y cortantes según se modificaban las posiciones de las articulaciones.

Otro factor sobre el que reflexionar son las jácenas, en ésta estructura no es necesario su utilización, con el uso de correas laterales es necesario puesto que todas las correas están empotradas a los pórticos y no apoyadas, de ahí que doten de una mayor rigidez al pórtico y sirvan de unión entre ellos.

En cuanto a cimentación se refiere ya que tiene especial dificultad unir hormigón con madera, se ha tenido que realizar lo que se suele denominar “articulación ficticia”, en el que el herraje que abraza el pilar de madera queda anclado al hormigón solo en la parte central, para no coartar completamente el giro.

La unión pilar-dintel al ser articulada no transmite esfuerzos flectores a la cimentación, estando ésta solicitada a compresión principalmente siendo poco significativos las componentes horizontales y los momentos. Por eso el área eficaz de las zapatas apenas se ve reducida en comparación con las dimensiones que para la solución metálica.

La unión pilar-dintel al ser articulada no se transmite esfuerzos flectores a la cimentación, estando ésta solicitada a compresión principalmente siendo poco significativos las componentes horizontales y los momentos. Por eso el área eficaz de las zapatas apenas se ve reducida, pudiendo utilizarse zapatas de las mismas dimensiones que para la solución metálica a pesar de que las cargas son mayores que recaen sobre cada pilar.

## 7.- Análisis comparativo de las soluciones estudiadas

### 7.1.-Introducción

En este apartado se realizará una comparativa de diferentes aspectos de la estructura para ver que opción de entre las que se han presentado es la idónea para realizar la cubierta, teniendo en cuenta principalmente el material.

### 7.2.- Análisis Comparativo de los Materiales

Los tres materiales más usados en la construcción son madera, acero y hormigón. A continuación vamos a ver las diferencias entre estructuras de madera, acero y hormigón y comparar estos tres productos característicos, según los valores del mercado CE.

La madera es un material diseñado para trabajar en dirección de la fibra, las mejores prestaciones de este material son trabajando a flexión con una buena relación resistencia – peso. El hormigón está diseñado para trabajar a compresión donde se obtienen los mejores resultados. El acero tiene muy buenas resistencias pero trabajando a compresión puede presentar problemas de pandeo por su esbeltez.

A partir de los distintos materiales utilizados para la construcción de la estructura, se ha elaborado una tabla a modo de síntesis, otorgándole a cada aspecto analizado una puntuación numérica de 1 a 10. A cada aspecto se le aplica un valor de ponderación dependiendo de la importancia considerada en la estructura de estudio.

MATERIAL	RESISTENCIA	DURABILIDAD	SOSTENIBILIDAD	IMPACTO VISUAL	COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO	TRANSPORTE Y MONTAJE	NORMATIVA	PRECIO	VALORACIÓN
Acero	10	7	6	5	5	7	10	5	6.85
Madera	9	7	9	8	7	8	10	8	8.25
Hormigón	10	9	6	3	8	4	10	10	7.75
PONDERACIÓN (%)	15	15	20	10	15	5	10	10	

Figura 29. Evaluación de las características de los materiales. Fuente: Propia.

La gráfica que se muestra es la representación gráfica de la tabla anterior, en la cual se puede observar que pese a que la valoración final el hormigón y la madera no sean tan dispares, las características de la madera son más regulares en comparación con los otros dos materiales.

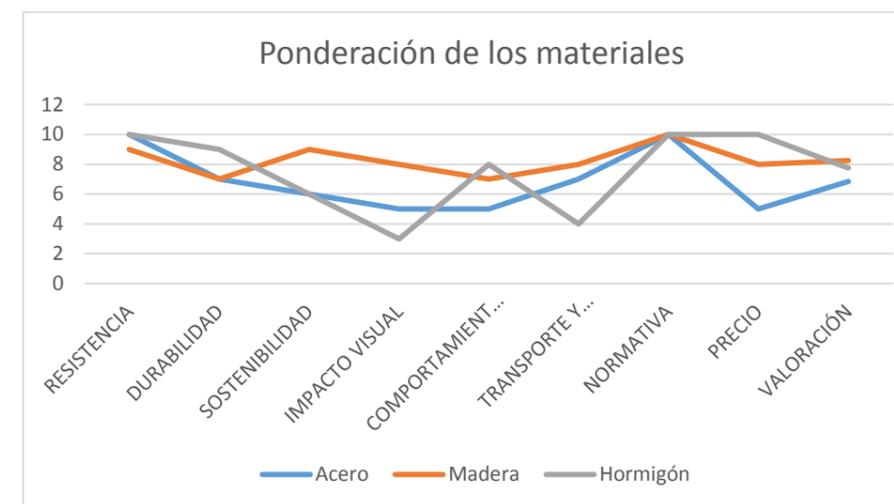


Figura 30. Evaluación de las características de los materiales. Fuente: Propia.

La tabla que se muestra es orientativa para unos materiales concretos, los precios son sólo como referencia de disponibilidad, acabados, propiedades, etc.

Material	Flexión (N/mm2)	Tracción (N/mm2)		Compresión (N/mm2)		Cortante (N/mm2)	Módulo de elasticidad medio (N/mm2)	Densidad (Kg/m3)	Precio (€/m3)
		0°	90°	0°	90°				
Madera- C24	24	14	0,5	21	2,5	2,5	11.000	420	300-400
Hormigón HA25	-	1,79		25		1,79	32.000	2.500	60-80
Acero S275	275	275		275		158	210.000	7.850	8.000

Figura 31. Características de los materiales. Fuente: Propia.

\*Nota: 0° es cuando el esfuerzo va en la dirección de la fibra y 90° cuando el esfuerzo se aplica perpendicular a la fibra de la madera.

El código técnico de la edificación aplica un coeficiente penalizador a la resistencia de cada material; para el acero es de 1,05, para la madera 1,25 y para el hormigón 1,5.

Otra parte muy importante son las emisiones de CO2 equivalente según el sistema constructivo y el carbono almacenado. Según una publicación de la “EPA” (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos del 2016, muestra las diferencias de emisiones netas de CO2 en la producción de diferentes materiales y el carbono almacenado. Los árboles en su formación y por la fotosíntesis almacenan carbono, además de emitir menos dióxido de carbono en su transformación por ello, frente al acero o hormigón contribuyen a frenar el cambio climático generando menos emisiones e incluso almacenando carbono con emisiones negativas, es decir, almacenando más carbono del que emiten. En la siguiente tabla vemos una comparación de emisiones entre madera, hormigón y acero.

Material	Emisiones netas (kg CO2/t)	Almacenado (kg CO2/t)
Madera	33	490
Hormigón	265	0
Acero	694	0

Figura 32. Emisiones y almacenamiento de CO2 según material. Fuente: Propia.

La madera tiene muchas otras prestaciones, de por sí es un aislante natural, no como el hormigón o acero, es higroscópico y regula la humedad en el interior de forma que en verano cede humedad al ambiente y en invierno absorbe humedad aumentando la confortabilidad y tiene una mayor calidad estética y muchas veces se decide dejar sin recubrimientos para su apreciación.

La madera es la solución más ecológica, además compite en precio con los otros materiales. En España el uso de la madera estructural no está muy instaurado y esto se debe en gran parte al desconocimiento de este material que compite perfectamente con el acero y el hormigón, más arraigados a la cultura constructiva de esta última mita de siglo español.

### 7.3.- Valoración económica

Partiendo de las tres alternativas del proyecto básico, se han valorado cada uno de los elementos estructurales teniendo en cuenta los costes directos como indirectos. En cada estructura se han tenido en cuenta los elementos auxiliares necesarios para el desarrollo del presupuesto final.

#### 7.3.1.- Alternativa I

Como inicio para calcular el presupuesto total se ha dado un precio al kilo de acero laminado sumando todos los costes.

En ésta estructura se ha tenido que contar con la contratación de un camión con pluma de capacidad de elevación de 15t y altura máxima de 10m.

Un coste que ha encarecido el presupuesto ha sido la contratación de equipos y elementos auxiliares de soldadura eléctrica y el transporte de las vigas, por eso se distingue entre vigas de hasta 6m y 12m de longitud.

#### + Vigas hasta 6m de longitud

Cantidad de acero en pilares =  $156E - 4 \cdot 7850 \cdot 6 \cdot 18 = 13225,68 \text{ kg}$

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Pilares IPE 600	2.35	13225.68	31080.35

Cantidad de acero en correas =  $20,1E - 4 \cdot 7850 \cdot 5,5 \cdot 96 = 8331,05 \text{ kg}$

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Correas IPE 360	2.15	8331.05	17911.76

Cantidad de acero de tirantes =  $(0,23 \cdot 8) \cdot (7,068 + 8,637) + (0,64 \cdot 8,139 \cdot 8) = 70,6 \text{ kg}$

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Tirantes	2.2	70.6	155.32

#### + Vigas hasta 12m de longitud

Cantidad de acero en jácenas =  $84,5E - 4 \cdot 7850 \cdot 11,226 \cdot 18 = 13403,7 \text{ kg}$

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
IPE 400	2.75	13403.7	36860.18

Cantidad de acero en pilares =  $156E - 4 \cdot 7850 \cdot ((6,886 \cdot 4) + (8,240 \cdot 2)) = 5391,2 \text{ kg}$

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Pilares IPE 600	2.35	5391.2	12669.32

#### + Placas de anclaje

Se han dispuesto chapas de 10mm de espesor, con sus correspondientes pasadores, tuercas y arandelas. Además de tener que contar con la contratación del personal necesario para su montaje. Por lo que el coste asciende a 77,08€ por unidad.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (ud)	Precio total (€)
Placas de anclaje	77.08	18	1387.44

#### + Cimentación

Se trata de una cimentación convencional con un hormigón de resistencia característica de 30 MPa con armado de 12 redondos de diámetro 16. Y teniendo en cuenta los trabajos necesarios de puesta en obra como encofrar, ferrallar, separadores, personal especializado, etc. El coste por asciende a 145,1€/m<sup>3</sup>.

$$(1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,7 \cdot 9) + (1,5 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 9) + (0,4 \cdot 0,4 \cdot 2,5 \cdot 16) = 39,475 \text{ m}^3$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad (m3)	Precio total (€)
Zapatas	145.1	39.475	5727.83

Para poder realizar la cimentación es necesaria la excavación, transporte y vertido de los materiales excavados tiene un coste de 9,87€/ m<sup>3</sup>.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (m3)	Precio total (€)
Excavación	9.87	44.23	436.55

+ Cubierta de placa de poliéster

La cubierta de placa de poliéster suministrada por onduline, tiene un precio de 17,64€/ m<sup>2</sup>.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (m2)	Precio total (€)
Placas de poliéster	17.64	988.24	17432.55

+ Equipamiento

A tener en cuenta los costes del suministro y rectificación del pavimento, así como el sistema de canalización. Con un coste de alrededor de 3.500€.

Como resultado a la valoración económica de la alternativa I, se ha elaborado el presupuesto total.

COSTE	
<b>Acero Laminado</b>	
Pilares IPE 600	43749.67
Correas IPE 360	17911.76
Tirantes	155.32
Jácenas IPE 400	36860.18
<b>Placas de anclaje</b>	1387.44
<b>Cimentación</b>	
Zapatas	5727.82
Excavación	436.55
<b>Cubierta placas de poliéster</b>	17432.55
<b>Equipamiento</b>	3.500
<b>Total (€)</b>	<b>127161.29</b>

El precio total para la construcción de la alternativa I, será de CIENTO VEINTISIETE MIL CIENTO SESENTA Y UNO EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS.

Cabe añadir que la estructura de acero tiene un peso total de 63.481,10 Kg.

7.3.2.- Alternativa II

El precio que a continuación se desglosa es meramente orientativo, por ello no quiere decir que sea erróneo, ya que está calculado minuciosamente con el generador de precios del software CYPE, con los precios del mercado actual.

En ésta estructura se ha tenido que contar con la contratación de un camión grúa de capacidad de elevación de 30t y altura máxima de 20m.

Un coste que ha encarecido el presupuesto ha sido la contratación de mano de obra especializada y el transporte de las vigas.

+ Pilares rectangulares 40x40

El transporte de los pilares no supone ninguna limitación, ya que tienen 6m de luz. El coste del transporte, colocación y mano de obra asciende a 440€ por unidad.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Pilares prefabricados	440	8	3520.00

+ Vigas portacanalón

El coste de la viga portacanalón tipo CH4 de 11m de luz, incluyendo transporte, colocación y mano de obra asciende a 970€ por unidad.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Viga Portacanalón	970	8	7760.00

+ Vigas Dalla

El coste de la viga Dalla tipo AL30 de 11m de luz, incluyendo transporte, colocación y mano de obra asciende a 1.550€ por unidad.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Viga Dalla	1550	28	43400.00

+ Vigas Delta G

El coste de una unidad de viga Delta tipo G de 22m de luz incluyendo transporte, colocación y mano de obra asciende a 3.450€.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Delta G	3.450	5	17250.00

+ Cimentación

Se trata de una cimentación convencional con un hormigón de resistencia característica de 30 MPa con armado de 12 redondos de diámetro 16. Y teniendo en cuenta los trabajos necesarios de puesta en obra como encofrar, ferrallar, separadores, personal especializado, etc. El coste por asciende a 145,1€/m<sup>3</sup>.

$$(1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,7 \cdot 9) + (1,5 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 9) + (0,4 \cdot 0,4 \cdot 2,5 \cdot 16) = 39,475\text{m}^3$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad (m3)	Precio total (€)
Zapatas	145.1	39.475	5727.83

Para poder realizar la cimentación es necesaria la excavación, transporte y vertido de los materiales excavados tiene un coste de 9,87€/ m<sup>3</sup>.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (m3)	Precio total (€)
Excavación	9.87	44.23	436.55

+ Cubierta de placa de poliéster

La cubierta de placa de poliéster suministrada por onduline de 4mm de espesor, tiene un precio de 19,85€/ m<sup>2</sup>.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Placa poliéster	19.85	988.24	19616.56

+ Equipamiento

A tener en cuenta los costes del suministro y rectificación del pavimento, así como el sistema de canalización. Con un coste de alrededor de 3.500€.

Como resultado a la valoración económica de la alternativa II, se ha elaborado el presupuesto total.

COSTE	
Pilar prefabricado	3520.00
Viga Dalla	43400.00
Viga Portacanalón	7760.00
Viga Delta	17250.00
<b>Cimentación</b>	
Zapatas	5727.82
Excavación	436.55
<b>Cubierta placas de poliéster</b>	19616.56
<b>Equipamiento</b>	3500.00
<b>Total (€)</b>	<b>101210.94</b>

El precio total para la construcción de la alternativa II, será de CIENTO Y UN MIL DOSCIENTOS DIEZ EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Cabe añadir que la estructura de hormigón tiene un peso total de 808.963,1 Kg.

7.3.3.- Alternativa III

+ Pilares rectangulares

El transporte de los pilares no supone ninguna limitación, ya que tienen 6m de luz. El coste del transporte, colocación y mano de obra asciende a 1140€ por unidad.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (ud)	Precio total (€)
Pilares	1140	18	20520.00

+ Correas

El coste de una unidad de correa de 5,5m de luz incluyendo transporte, colocación y mano de obra asciende a 230€.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (ud)	Precio total (€)
Correas	230	64	14720.00

+ Jácnas

El coste de una unidad de correa de 11,246m de luz incluyendo transporte, colocación y mano de obra asciende a 1510€.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (ud)	Precio total (€)
Jácnas	1510	18	27180.00

+ Tirantes

Cantidad de acero de tirantes =  $(0,23 \cdot 32 \cdot 8,139) = 59,9$  kg

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Tirantes	2.2	59.9	131.78

+ Cimentación

Se trata de una cimentación convencional con un hormigón de resistencia característica de 30 MPa con armado de 12 redondos de diámetro 16. Y teniendo en cuenta los trabajos necesarios de puesta en obra como encofrar, ferrallar, separadores, personal especializado, etc. El coste por asciende a 145,1€/m<sup>3</sup>.

$$(1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,7 \cdot 9) + (1,5 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 9) + (0,4 \cdot 0,4 \cdot 2,5 \cdot 16) = 39,475\text{m}^3$$

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Zapatas	145.1	39.475	5727.83

Para poder realizar la cimentación es necesaria la excavación, transporte y vertido de los materiales excavados tiene un coste de 9,87€/ m<sup>3</sup>.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (kg)	Precio total (€)
Excavación	9.87	44.23	436.55

+ Cubierta de placa de policarbonato

La cubierta de placa de policarbonato plana de 4mm de espesor suministrada por onduline, tiene un precio de 37,28€/ m<sup>2</sup>.

Unidad	Precio unitario	Cantidad (ud)	Precio total (€)
Placa policarbonato	19.82	988.24	19586.92

+ Equipamiento

A tener en cuenta los costes del suministro y rectificación del pavimento, así como el sistema de canalización. Con un coste de alrededor de 3.500€.

Como resultado a la valoración económica de la alternativa III, se ha elaborado el presupuesto total.

COSTE	
<b>Pilar rectangular</b>	20520.00
<b>Jácnas</b>	27180.00
<b>Correas</b>	14720.00
<b>Tirantes</b>	131.78
<b>Cimentación</b>	
Zapatas	5727.82
Excavación	436.55
<b>Cubierta placas de policarbonato</b>	19586.92
<b>Equipamiento</b>	3500.00
<b>Total (€)</b>	<b>91803.07</b>

El precio total para la construcción de la alternativa III, será de NOVENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS TRES EUROS CON TRES CÉNTIMOS.

Cabe añadir que la estructura de madera tiene un peso total de 19.795,36 Kg.

7.4.- Evaluación estructural

Una vez elaborados los presupuestos de las tres alternativas se analizan mediante distintos criterios las alternativas facilitando así la elección final.

7.4.1.- Criterio Económico

Se observa que la estructura de madera es casi un 11% más barata que la estructura de hormigón y casi un 40% más barata que la alternativa metálica

En el caso de la alternativa de hormigón el transporte de las unidades prefabricadas resulta mucho más caro debido a los numerosos problemas que supone transportar elementos con grandes luces, aunque el número de elementos se reduzca considerablemente, siendo por lo tanto la alternativa más cara.

En la alternativa de acero se ha tenido que tener en cuenta los equipos y elementos auxiliares de la soldadura eléctrica, teniendo que contar con un soldador especializado en la obra lo que ha encarecido el presupuesto final.

Con respecto a la alternativa de madera, ha sido necesario aumentar las dimensiones de las zapatas con respecto al armado empleado por la estructura de hormigón, en cuanto a las uniones puesto que tenemos una gran cantidad y son especiales para materializarlas no suponen una gran carencia respecto al total.

Respecto al tiempo de ejecución respecto a los sistemas tradicionales, la ejecución de la estructura en madera puede reducir hasta un 50% los costes.

Atendiendo a este criterio será la estructura de madera, es decir, la alternativa III la elegida para ejecutarse finalmente.

7.4.2.- Criterio Funcional

No se debe olvidar el fundamento de la estructura objeto de estudio. La cubierta tiene que cumplir su función de dar servicio como instalación deportiva, por lo tanto debe conseguir la mayor cantidad de espacio diáfano posible y en medida de lo posible evitar que los alumnos se vean limitados durante la realización de las actividades deportivas con elementos estructurales.

Puesto que la cubierta de madera dispone a lo largo de su perímetro más pilares, y precisa de arriostramientos laterales, se ha considerado como la solución más válida la estructura de madera.

Un factor importante al cual se le tiene que dar la importancia que le corresponde es el peso estructural, siendo la estructura de madera la más ligera de las tres alternativas y con una cifra más que sorprendente, ya que es posible realizar una estructura que trabaje de la misma forma sin gastar cantidades tan desmesuradas solo dependiendo del material que se utilice.

Material	Unidades de energía
Madera	1
Hormigón	4
Acero	244

Figura 33. Consumo de energía de madera respecto a otros materiales. Fuente: Propia.

Si nos fijamos en la anterior figura, podemos ver a nivel comparativo el consumo energético y observamos que el hormigón podría ser una posibilidad, pero el acero consume demasiada energía para su producción. Lo que nos tiene que hacer recapacitar hacia donde está evolucionando la construcción estructural, si hacia un futuro industrial y contaminante o por el contrario y no por ello más costoso como hemos visto en el apartado anterior, a estructuras compuestas de material natural.

#### 7.4.3.- Criterio Estético

Desde el punto de vista de la estética, la estructura de madera ofrece superficies más homogéneas y líneas más ligeras que en el caso de la alternativa de acero laminado. Además contempla la ausencia de pórticos intermedios, creando así un espacio diáfano mayor dando una sensación de amplitud que esta alternativa.

En cuanto a la conexión con el medio además es la opción más idónea, ya que se introduce como un elemento más sin destacar. El color que ofrece la madera combina con el pinar del que está rodeado el colegio pasando desapercibida.

#### 8.- Descripción de la solución adoptada

Finalmente la solución adoptada ha sido la alternativa III de madera, esta solución no se tomará al pie de la letra con el diseño anterior, sino que se analizará minuciosamente cada elemento de la estructura.

Cabe añadir que pese a que las estructuras de madera son costosas por su mantenimiento se tiene, primero una madera tratada previamente que disminuye considerablemente el presupuesto del mantenimiento y segundo, un amplio margen de presupuesto respecto a las otras dos alternativas



### CAPÍTULO 3. DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL



## 1.- Consideraciones previas

En toda estructura referida a una nave industrial existe una serie de condiciones y requisitos que deben ser tenidos en cuenta al llevar a cabo la primera fase del diseño. Este capítulo girará en torno a ellos, dividiéndose en varios apartados.

Existe una diversa cantidad de consideraciones y requisitos que se deben valorar antes de comenzar el diseño de una cubierta pero quizás la más reseñables sean los que se plantean a continuación.

### 1.1.- Uso de la cubierta

Antes de diseñar cualquier estructura se debe conocer el uso que a ésta se le va a dar para así contar con todos los posibles elementos e instalaciones que va a necesitar y dimensionarla acorde a ellos. Además, según el material a almacenar o la actividad a desarrollar por la cubierta, puede ser necesario determinar requisitos de protección activa (para las instalaciones) y pasiva (para la estructura), que deberá cumplir el proyecto. La cubierta diseñada en Cuenca es de uso deportivo así que en principio no requerirá una protección muy exhaustiva.

### 1.2.- Requisitos funcionales

Dentro de los requisitos funcionales se incluyen el confort climático, lumínico y los requisitos acústicos.

El confort climático depende del volumen de aire y de la diferencia de temperatura en el interior y en el exterior de la nave. Este factor influirá en la elección de las pendientes de los faldones de cubierta, el espesor de los cerramientos, la existencia o no de marquesinas y los remates de canalones en aleros.

Los requisitos de luminosidad también han de ser considerados al decidir la magnitud y tipo de lucernarios y ventanas. Los lucernarios se dimensionan de modo que su área represente un determinado porcentaje de la cubierta, dependiendo del nivel de iluminación deseado y de la luz natural disponible (en función de la latitud, estación, contaminación ambiental, nubosidad y otros factores).

Por último, se imponen una serie de requisitos acústicos a cumplir para garantizar un nivel de ruido máximo aceptable por los usuarios y para no afectar negativamente a las zonas habitadas próximas.

### 1.3.- Comportamiento de la madera frente al fuego

La clasificación de la reacción al fuego en materiales está regularizada según la norma "UNE-EN 13501-1:2002", que distingue diferentes clases:

M0	-----	no combustible
M1	-----	combustible pero no inflamable
M2	-----	combustible y difícilmente inflamable
M3	-----	combustible y medianamente inflamable
M4	-----	combustible y fácilmente inflamable

Generalmente la madera y los tableros se clasifican como clase M3, pero con la ayuda de tratamientos ignífugos pueden alcanzar clasificaciones de clase M2 y M1.

Para calcular el comportamiento de la madera frente al fuego, es necesario saber cómo actúa ésta frente a éste fenómeno.

En la siguiente figura observamos lo que le ocurre a la madera frente a una situación de incendio, donde se pueden diferenciar principalmente tres zonas: la primera es la zona más afectada por el fuego, llamada carbonizada, la segunda continúa ardiendo y se denomina zona de pirólisis y por último la zona intacta.

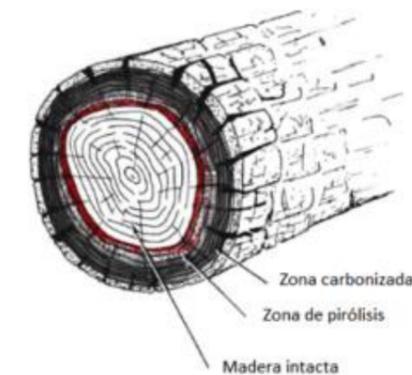


Figura 34. Zonas de reacción de la madera frente al fuego. Fuente: Página web de Madera.

Por tanto, la pérdida de la capacidad portante del elemento se debe a la reducción de su sección y no tanto al deterioro de las propiedades del material. Es por esto que se debe evitar el uso de elementos de pequeñas dimensiones porque en poco periodo de tiempo perdería la sección resistente entrando la estructura en colapso. Por el contrario, una pieza de mayores dimensiones puede permitirse perder una proporción de sección antes de colapsar.

Las grietas también disminuyen la resistencia a fuego, por eso la madera laminada que apenas contiene grietas tiene una velocidad de carbonización inferior que la madera maciza. No se debe dejar de lado el aspecto de la densidad, ya que es un factor determinante, cuanto mayor sea su valor, menor será la facilidad que tendrá la madera para arder y más lenta será su combustión. Este aspecto hace que la madera según la especie a la que pertenezca se comporte de manera diferente al fuego.

Se proponen dos métodos según la normativa del "Eurocódigo 5", el método de la sección residual y el de la resistencia y rigidez reducidas. En ambas opciones se tiene que determinar el límite de la zona carbonizada para poder calcular la resistencia de la zona sin carbonizar.

Es la zona intacta la que se tiene que conservar sin que sufra ningún cambio durante el tiempo que debe resistir la estructura indicado por la norma. Para el caso de estudio de este proyecto básico se deberá obtener una EF-90, según el tipo de madera utilizado se obtiene un coeficiente " $\beta$ " que determina el consumo de madera por cada minuto, expresado en mm/min

	$\beta_n$ (mm/min)
<b>Coníferas y haya</b>	
Madera laminada encolada con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,70
Madera maciza con densidad característica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,80
<b>Fronosas</b>	
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica de $290 \text{ kg/m}^3$ <sup>(1)</sup>	0,70
Madera maciza o laminada encolada de frondosas con densidad característica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55
<b>Madera microlaminada</b>	
Con una densidad característica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,70

Figura 35. Velocidad de carbonización nominal de cálculo. Fuente: CTE DB-SE.

En el caso de la estructura objeto de estudio, como se ha reseñado en la figura el coeficiente “ $\beta$ ” equivaldrá a 0,70 mm/min.

#### 1.4.- Factores que le influyen a la madera

La madera como elemento estructural, presenta ciertas propiedades y características mecánicas que dependen de factores como el contenido en humedad y duración de la carga. En ausencia de la degradación, la edad de la estructura no influye en la resistencia que ofrecen sus materiales.

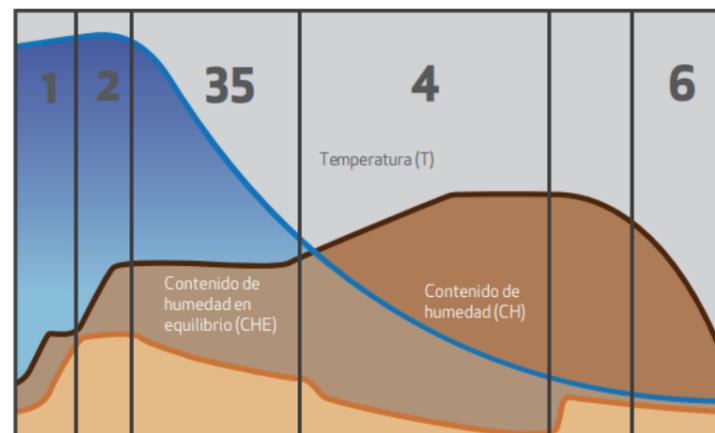


Figura 36. Humedad relativa de equilibrio de la madera. Fuente: Diagrama de Keylwerth.

#### + Duración de la carga

Las estructuras más sensibles a las cargas de larga duración son las compuestas de madera, fundamentalmente las cargas permanentes que aun siendo menores que otras, sus actuaciones pueden ocasionar situaciones más desfavorables sobre el resto de elementos resistentes. Pero desde otro punto de vista, este factor proporciona un correcto funcionamiento frente a cargas sísmicas o de viento.

A continuación en la siguiente figura se muestra la clase de servicio en función de la tipología de estructura que estemos tratando, y cómo podemos observar en el caso de la cubierta que se está llevando a cabo al ser una estructura cubierta y cerrada se trata del tipo “CS1”.

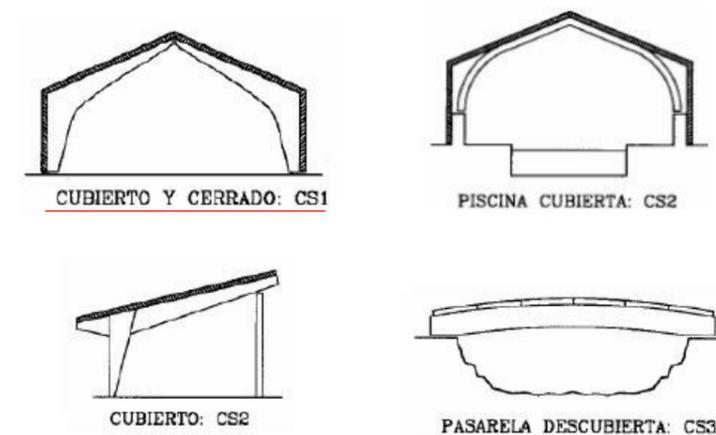


Figura 37. Clasificación de servicio según la estructura. Fuente: CTE DB-SE M.

La clase de servicio también se escoge dependiendo de los factores atmosféricos a los que va a estar sometida la madera de la cubierta.

Clase de servicio	Humedad en la madera	Humedad relativa del aire
CS 1	Correspondiente a una temperatura de $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$	$> 65\%$ pocas semanas al año
CS 2	Correspondiente a una temperatura de $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$	$> 85\%$ pocas semanas al año
CS 3	Condiciones ambientales que originen contenidos de humedad superiores a los correspondientes a la clase de servicio 2	

Figura 38. Clasificación de servicio según la humedad. Fuente: CTE DB-SE M.

Por tanto como la zona en la que se encuentra ubicada la cubierta supera pocas veces el margen del 65% de humedad ambiental, podemos concluir que se trata de clase “CS1”.

Una vez obtenida la clase se procede a identificar la duración de la acción que se considere.

Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	> 10 años	Peso propio, permanente
Larga	< 10 años > 6 meses	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	< 6 meses > 1 semana	Sobrecarga de uso, nieve (altitud > 1000 m)
Corta	< 1 semana	viento, nieve (altitud < 1000 m)
Instantánea	algunos segundos	sismo

Figura 39. Clasificación de duración de la acción. Fuente: CTE DB-SE M.

Material	Factor	Propiedad modificada	Condición*	Ejemplos				
Madera aserrada	$k_k = \left(\frac{150}{h}\right)^{0.2} \leq 1.3$	$f_{m,k}$ $f_{t,0,k}$	$h < 150 \text{ mm}$	h	< 40	70	100	$\geq 150$
				$k_h$	1,30	1,20	1,10	1,00
Madera laminada encolada	$k_k = \left(\frac{150}{h}\right)^{0.2} \leq 1.3$	$f_{m,g,k}$ $f_{t,0,g,k}$	$h < 600 \text{ mm}$	h	< 240	300	400	$\geq 600$
				$k_h$	1,10	1,07	1,04	1,00
	$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0.2} \leq 1$	$f_{t,90,g,k}$	$V > 0,01 \text{ m}^3$	h	< 0,010	0,015	0,020	0,030
			$k_{vol}$	1,00	0,92	0,87	0,80	

Figura 41. Factores y propiedades modificados. Fuente: CTE DB-SE M.

Con respecto a la anterior tabla, nos encontramos con una estructura que se proyecta para más de 10 años, por lo tanto se trata de duración permanente.

Material	Clase de Servicio	Clase de duración de la carga				
		Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera aserrada o madera laminada encolada	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Figura 40. Clasificación de duración de la acción según material. Fuente: CTE DB-SE M.

Una vez obtenidas la clase de servicio así como la clase de duración, observamos que la resistencia del material frente a cargas permanentes es un 30% inferior que frente a cargas de corta duración. Por lo tanto se debe adoptar el valor más desfavorable que en este caso corresponde con la acción de menor duración.

#### + Contenido de humedad

En ambientes cubiertos y cerrados, es decir, interiores con la humedad controlada y tipo de servicio 1, la madera alcanza su equilibrio higroscópico. Las propiedades mecánicas se ven modificadas con un aumento de la humedad, como son la resistencia y el módulo de elasticidad.

#### + Sección de la pieza

En numerosos casos las características geométricas de los diferentes elementos de la estructura también modifican los valores característicos de las propiedades de la madera, como la tracción o la flexión y tanto las propiedades que se ven afectadas como los factores se encuentran recogidos en la siguiente figura.

#### + Calidad de la madera

Para su clasificación es fundamental el conocimiento de la calidad de acuerdo a las clases resistentes. Dicha clasificación se puede llevar a cabo mediante inspección visual que relacione los defectos de la madera con la resistencia, mientras que por medio de los ensayos se determine el módulo de elasticidad a flexión relacionado con las propiedades resistentes.

En el caso de la estructura que se está llevando a cabo se utiliza madera laminada encolada por lo que estos defectos nombrados anteriormente no afectan apenas, no como en el caso de la madera aserrada.

#### 1.5.- Elección del modelo estructural

La primera decisión a tomar en el diseño de una cubierta es el sistema estructural a emplear. Toda edificación debe contar con un sistema estructural que permita el flujo adecuado de las fuerzas que generan las distintas acciones de diseño, para que dichas fuerzas puedan ser transmitidas de manera continua y eficiente hasta la cimentación.

De entre los sistemas más utilizados en la actualidad se destacan los que utilizan una metodología de pórtico a dos aguas ya que es lo que se ha estudiado anteriormente en las tres alternativas, por lo que se destacan los siguientes:

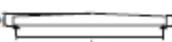
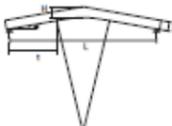
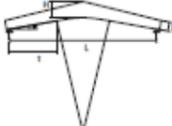
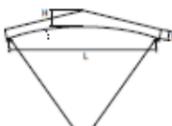
	Pendiente de la cubierta°	Separación m	Luces habituales m	Predimensionado
 Viga recta de canto constante	0	5-7	10-30	$h = L/17$
 Viga a un agua	3-15	5-7	10-30	$h = L/30$ $H = L/15$
 Viga a dos aguas	3-15	5-7	10-30	$h = L/30$ $H = L/15$
 Viga peraltada. Intradós curvo-recto (extremos de canto constante)	5-15	5-7	10-35	$h = L/30$ $H = L/15$ $a < 12^\circ$ $t = \frac{7}{20} \cdot L$
 Viga peraltada. Intradós curvo-recto (extremos de canto variable)	5-15	5-7	10-35	$h = L/30$ $H = L/15$ $t = \frac{7}{20} \cdot L$ $a < 12^\circ$
 Viga peraltada. Intradós curvo	5-15	5-7	10-35	$h = L/30$ $H = L/15$

Figura 42. Predimensionamiento de estructuras en madera laminada. Fuente: Catálogo EGOIN.

Una vez se tienen todas las necesidades que hay que cumplir, se debe elegir el modelo estructural que mejor se adapte a los requisitos. Para la elección del tipo de estructura con la que se trabajará para cubrir la pista deportiva

se parten de 6 modelos principales, los cuales se irán tratando con detenimiento y descartando justificadamente hasta llegar a la estructura que mejor se comporte frente a las solicitaciones.

El primero y el segundo de ellos tratan de una viga recta y de una viga a un agua, y no estudiaremos los casos por presentar alta probabilidad de sufrir problemas para desaguar el agua de lluvia y acumulación de nieve, por lo que quedan descartados.

El tercer modelo es una viga recta a dos aguas y es el primer caso que vamos a tratar con detenimiento, esta solución cumple los requisitos de la estructura en estudio, pero implica un gran coste debido a la gran cantidad de material que se utiliza, pudiendo aligerarla con cerchas o como se verá a continuación con vigas de canto variable.

El disponer de una viga de gran canto o disponer una cercha inferiría ventajas a los pilares y a la cimentación, porque las cerchas se articularían a las cabezas de los pilares para que no les transmitieran momentos y, por tanto, estos no solicitarían excepcionalmente a la cimentación. Por otra parte, esto va en contra de la habitabilidad de la nave, ya que normalmente, las cerchas tienen el cordón inferior entre cabezas de pilares, impidiendo el uso bajo cubierta hasta este nivel y desperdiciándose un volumen que puede ser muy útil.

Además del inconveniente ya comentado de la pérdida de la habitabilidad bajo cubierta, tenemos otros dos inconvenientes importantes, el precio y el fuego. Estas soluciones constructivas requieren mucha más mano de obra que un pórtico y eso repercute muy negativamente en el precio. Esa es la razón de que antes se usaran mucho y ahora sólo se usan en casos muy justificados.

Las últimas tres estructuras las vamos a estudiar como si fueran una debido a que actúan de la misma manera, pero cada una de ellas se adapta mejor según va aumentando la curva hasta llegar a la última que es la más favorable en la que la curvatura aborda toda la viga.

La solución de hacer uso de pórticos realizados con elementos de sección variable y, por tanto, con inercia variable. Es decir, no vamos a hacer uso de perfiles comerciales que mantienen su sección en toda su longitud, es mucho más sensato ir adaptando su inercia a medida que la sección va estando más o menos solicitada. Esto supone diseñar un perfil a medida para cada elemento de la estructura.

En este tipo de estructuras se consigue no transmitir momentos a la cimentación, ni desde la cubierta ni desde los pilares. En este tipo de estructura se suele modular la nave a doble distancia que en los pórticos tradicionales. Este hecho suele compensar económicamente el mayor coste en la estructura siempre que la nave sea relativamente grande.

El único gran inconveniente que presentan es las grandes dimensiones que tienen este tipo de vigas ya que tienen que salvar una luz de 22m, por lo que al ser transportadas desde fábrica pueden llevarse desmontadas en dos piezas por ejemplo, lo que haría más fácil su colocación y transporte, reduciendo así costes.

Una vez descartadas las anteriores alternativas, se comienza a elaborar una viga peraltada con intradós curvo, lo que generaría un mayor ahorro de material y sería la opción más favorable con respecto a las dos opciones similares que también presentan intradós curvo pero no en toda la viga.

## 2.- Diseño estructural

### 2.1.- Descripción de las unidades diseñadas

De la misma forma que anteriormente en el diseño de las alternativas se ha diseñado la estructura, partiendo de la base que debe ser una estructura de madera.

Estudiando minuciosamente el diseño estructural de las cubiertas de madera se ha observado que en numerosas ocasiones se utiliza la terminología de pórticos de madera y pilares de acero que disminuyan la dificultad de las uniones y aporten una mayor rigidez a la estructura. Es por eso que se ha decidido optar por esta opción “mixta” si así podemos denominarla.

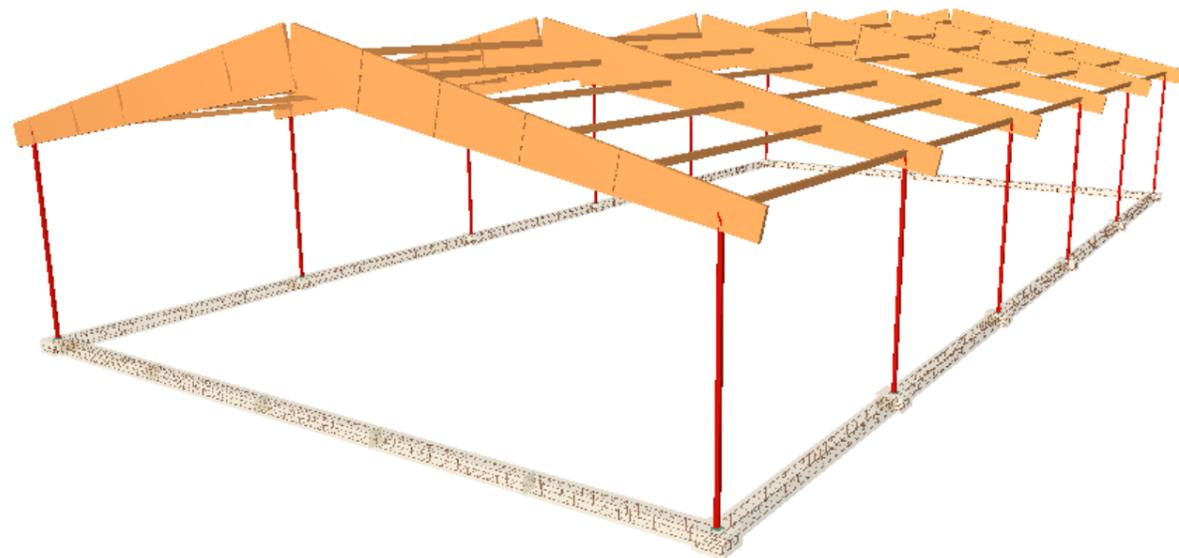


Figura 43. Croquis del pórtico con estructura de acero y madera. Fuente: Propia.

Se procede a describir el diseño de los elementos así como la geometría de los mismos.

## 2.2.- Pórticos y pilares

Utilizando la tipología ya descrita de viga peraltada con intradós curvo como observamos en la figura es una viga continua por lo que no tiene que tratarse el encuentro entre ambas jácenas.



Figura 44. Partes del panel TDMH. Fuente: Thermochip.

Con el software elegido se simula esta viga como si fuera rectangular de canto variable, con ello trataremos una situación más desfavorable, logrando que la estructura cumpla con su función más holgada si cabe.

En cuanto a los pilares, se han dispuesto dos perfiles UPN en cajón soldados realizándose así una distribución de cargas sobre una superficie mayor. Conforman un total de 12 pilares, la única dificultad que presentarán será la unión con el pórtico, pero beneficia en dotar de una mayor rigidez a la estructura y una solución constructiva más sencilla en la unión con la cimentación.

## 2.3.- Cubierta

Estará formada por una placa plana de policarbonato de 10mm de espesor, se trata de una placa translúcida que logra una transmisión lumínica del 90% y un aislamiento térmico al espacio interior (entre 3,6 y 2 W/m<sup>2</sup> K), también presenta una alta resistencia mecánica y al impacto, contando además con una buena resistencia al fuego.



Figura 45. Placa plana de policarbonato. Fuente: Onduline.

Se ha decidido emplear la metodología del alero para desviar el agua de lluvia, pero a partir de este elemento se ha decidido emplearlo para proteger y regular el ingreso de los rayos de sol. Es por eso que se ha diseñado una hoja Excel para calcular las dimensiones del alero conforme al asoleamiento.

Teniendo en cuenta la trayectoria del sol y el diagrama solar, observamos en la siguiente figura las dimensiones del alero del que va a disponer la cubierta, cumpliendo también con su función de desviar el agua de lluvia lo suficiente para no impedir el tránsito debajo de los aleros.



Figura 46. Dimensiones del alero. Fuente: Propia.

Los cálculos del alero se adjuntan en el anejo de cálculo.

#### 2.4.- Correas

Sobre cada pórtico apoyan 11 correas, se puede decir que apoyan 10 y la restante una la cumbrera de los pórticos, están separadas entre sí una distancia de 2,25 metros.

Una vez conformada la distancia entre correas se dimensiona según el tipo de perfil, se utilizan los perfiles comunes a las viguetas/cabios de madera en este caso se ha optado por unas dimensiones de 180 x 140 mm, y para el caso de las correas de alero será suficiente con 260 x 120 mm.

#### 2.5.- Fachadas

Las fachadas laterales tienen como función principal arriostrar los pilares de los pórticos y la estructura en su conjunto disminuyendo así el coeficiente de pandeo. Como se ha nombrado anteriormente, las fachadas laterales miden 44 metros de longitud por 6 metros de altitud hasta el encuentro del pórtico con el pilar.

No se va a utilizar ningún tipo de arriostramiento ya que al ser una cubierta no necesita de arriostramientos puesto que sino entraríamos en un sistema estructural de polideportivo no cubierta que es lo que se está tratando en este proyecto básico.

Se utilizarán protecciones rígidas cuadradas en los pilares, formadas por dos piezas rígidas en forma de L unidas mediante velcro.

La fachada frontal y la trasera se resolverán siguiendo la misma metodología que las laterales.

#### 2.6.- Descripción de los nudos

Se diferencian dos tipos distintos de nudos según su vinculación, interna y externa.

##### 2.6.1.- Vinculación externa

Referido al tipo de apoyo que presenta cada uno de los pilares de la cubierta. En este caso están empotrados al terreno, eso significa que dicho nudo tiene tanto los desplazamientos como los giros impedidos en los tres ejes. Este nudo por lo tanto obliga a asegurar que la obra se construirá de forma que estas condiciones se cumplan, para ello se debe conseguir que la deformada del pilar sea tangente a la disposición original como se muestra en la figura siguiente.



Figura 50. Deformada pilar empotrado. Fuente: Apuntes asignatura acero estructural.

La correcta ejecución de la cimentación garantiza que el desplazamiento sea nulo, por ello se debe diseñar una correcta unión del pilar a la cimentación para impedir el giro en ese punto de la barra. En la figura que se muestra se ha realizado un acartelamiento del pilar a la placa de anclaje.

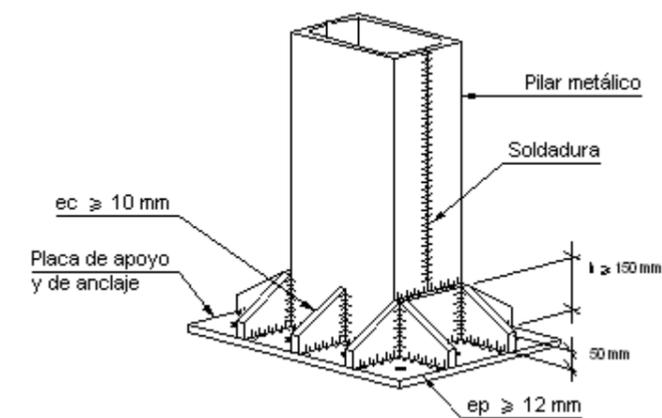


Figura 51. Arranque pilar (2 UPN) en cimentación. Fuente: Detalles constructivos CYPE.

##### 2.6.2.- Vinculación interna

Referida a los nudos que no tienen ninguna coacción externa, estos suelen encontrarse en la parte superior de la estructura. Todos funcionan como empotramientos o como nudos rígidos.

En el caso de que sea empotrado, se refiere a que el ángulo que forman las barras entre sí antes de someterse a cualquier clase de sollicitación va a permanecer tras cargar la estructura. Por lo tanto, las deformadas de las barras

que se encuentran en el nudo van a mantener el ángulo original entre sí en ese punto concreto. Esto significa que los nudos se dimensionan para ser lo más rígidos posible.

En el caso de nudos rígidos, la rigidez de estos se puede conseguir de diversas formas, pero la más utilizada es el uso de rigidizadores.

En el caso particular de la estructura que estamos tratando tenemos que materializar la unión de dos materiales distintos, por lo que habrá que realizar uniones diferentes a las comunes.

Para el nudo que une el pilar con la viga pórtico se utilizarán conectores que permitan anclar el pilar de acero con la viga de madera, podemos observar en la siguiente figura que hay dos tipologías principales, la primera está unida a un muro y teóricamente no se podría aplicar para pilares metálicos pero se podría soldar al perfil y la segunda unión sería la adecuada a priori. Por lo que se va a optar por elegir una opción intermedia, es decir, emplear un herraje metálico liso en su base para crear la unión soldada con el pilar y en su parte superior que sean dos placas de mayores dimensiones como la primera figura.

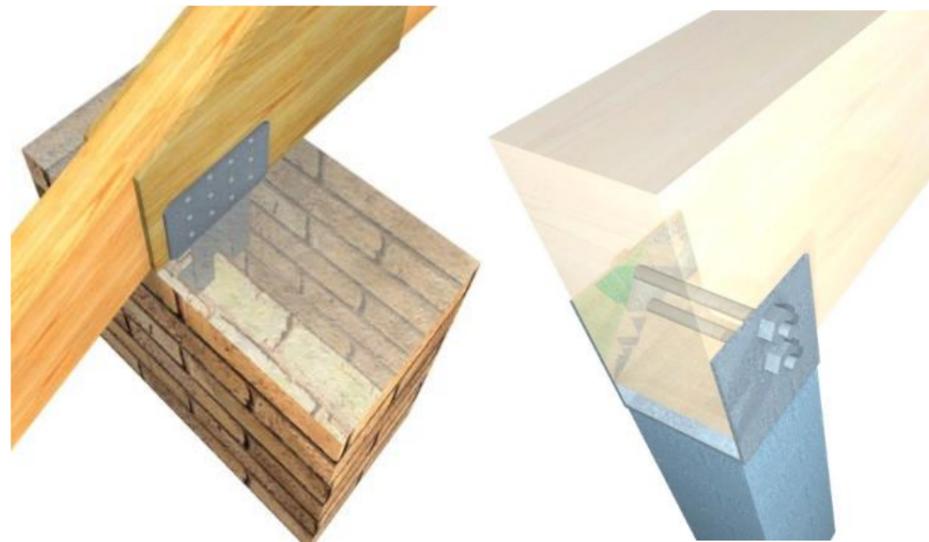


Figura 52. Unión de viga peraltada a pilar metálico y/o a muro. Fuente: Arauco.

Al ser una viga continua de pilar a pilar no es necesario hablar de nudo en la cumbre, ya que la completa rigidez está ya garantizada.

Por último falta tratar el nudo que generan las correas con respecto a la viga dintel, se solucionará mediante un herraje que debe estar a dos tercios del canto de la correa, quedando la vigueta enrasada con la viga.

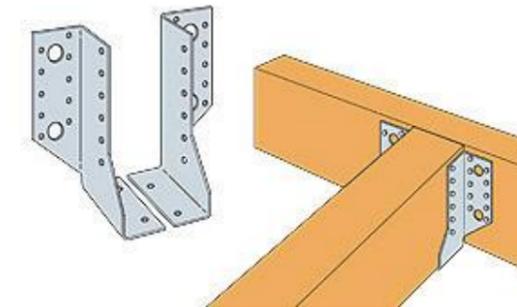


Figura 53. Unión de correa a viga peraltada. Fuente: Arauco.

## 2.7.- Descripción de las barras

Una vez la estructura está realizada, es decir, la geometría de la cubierta está terminada y las cargas colocadas, se puede realizar un dimensionado con cierta seguridad.

Se dispone de una gran cantidad de barras, gracias a que muchas pueden agruparse porque tienen condiciones iguales y también, presentan características que admiten que su predimensionado sea más sencillo.

Es por eso que resulta de gran utilidad acertar con el predimensionado de las barras porque esto permitirá al software llegar a solución correcta rápidamente, aun así dispone de las herramientas necesarias para calcular si cumplen todos los perfiles de la misma serie.

No será necesario diferenciar las barras de los pórticos, puesto que los pórticos interiores y hastiales se han tratado como semejantes.

### + Pilares

Para pórticos de luces inferiores a 30m es común utilizar perfiles laminados, por eso se suelen utilizar perfiles HEA O HEB, pero en este caso se utilizarán 2 UPN en cajón soldados con soldadura continua que es más robusto y así soportará mejor la compresión y los momentos. Cuyas dimensiones son 100x100x6mm.

### + Pilares de esquina

Se utilizarán el mismo perfil que para los demás pilares y de igual dimensión 100x100x6mm.

### + Dintel

Como ya se ha nombrado anteriormente se trata de una viga peraltada continua con intradós curvo, por lo tanto las dimensiones van cambiando dependiendo del punto en el que se sitúe, parte en el alero con unas dimensiones de 676x100mm, en la unión del pilar el canto aumenta a 700mm y en la cumbre, punto donde el canto es máximo alcanza los 1485mm.

### + Correas

Se distinguen distintas correas: las de cumbre tienen una dimensión de 180x100mm, las que unen los pilares 160x120mm y por último el resto 160x120mm

## 2.8.- Estados de pandeo y deformación

Una vez predimensionada la estructura, son añadidos los coeficientes de pandeo y las limitaciones de flecha correspondientes para el adecuado funcionamiento de la cubierta antes de analizarla y optimizarla.

### 2.8.1.- Coeficientes de pandeo

Pandeo se denomina al fenómeno de inestabilidad por compresión en el que se alcanza un equilibrio elástico y una nueva configuración deformada, distinta de la inicial y con movimientos transversales, para ciertos valores de la carga de compresión aplicada.

Habrà que tratar tanto la madera como acero. En el caso de elementos metálicos a compresión dependen de la resistencia tanto de su sección como de la barra frente a las inestabilidades y también del pandeo a flexión, a flexotorsión y a torsión.

En este caso todos los elementos de la cubierta estarán sometidos a compresión. El software emplea unos coeficientes de pandeo siguiendo el código técnico de edificación, es por eso que resulta necesario revisarlo y comprobarlo cuando sea necesario.

Por definición el coeficiente de pandeo “ $\beta$ ” tiene un valor mayor o igual a cero que pondera la longitud de la barra para calcular la longitud de pandeo.

$$L_n = \beta \cdot L$$

Para determinar este coeficiente se recurrirá al CTE SE y a los materiales que se han aplicado: acero y madera.

El material del que se componen las barras no será totalmente determinante, pero sí las vinculaciones a las que estará sometida la barra. En la figura siguiente se observan las distintas relaciones que se presentan de los coeficientes de pandeo.

Condiciones de extremo	biarticulada	biempotrada	empotrada articulada	biempotrada desplazable	en ménsula
Longitud $L_k$	1,0 L	0,5 L	0,7 L	1,0 L	2,0 L

Figura 54. Longitud de pandeo barras canónicas. Fuente: CTE DBSE-A.

Es fundamental antes de realizar ningún cálculo verificar el comportamiento de la estructura, si actuará traslacional o intraslacionalmente.

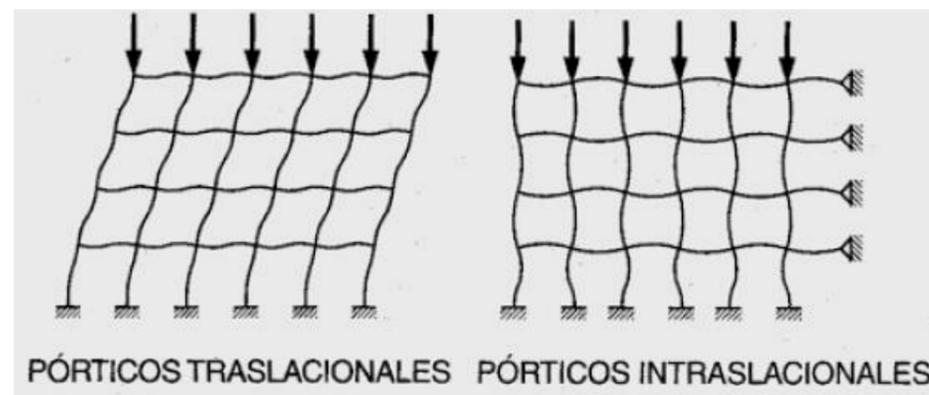


Figura 55. Esquema de funcionamiento barras traslacionales e intraslacionales Fuente: CTE DBSE-A.

La estructura se comportará de modo traslacional en el plano de los pórticos, por el contrario será intraslacional cuando la rigidez que le confieren los elementos secundarios y los materiales de cierre sea suficiente.

A continuación se realiza un análisis exhaustivo del pandeo en los elementos principales de la cubierta.

Para el caso de los dinteles, no será necesario seleccionar ninguno ya que todos se comportan de la misma forma. Se asignará un coeficiente de pandeo conjunto a todos los dinteles.

El software admite los coeficientes de pandeo para el plano fuerte (XZ) como para el plano débil (XY). Para el plano de inercia débil, los planos XY de los elementos coinciden con el pandeo en el plano de cada alero para cada elemento, en dichos planos se encuentran las correas que anclan la cubierta. Estas correas arriostran los cabios en el plano XY produciendo que el plano pandee serpenteando por todos los puntos de contacto con las correas. Esta acción produce que la longitud de pandeo sea la distancia entre correas, que es de 2,25 metros.

Por lo tanto, el coeficiente de pandeo se calcula de la anterior fórmula, quedando:

$$\beta = L_n / L = (2,25/11,25) = 0,2$$

Para el plano XY se adoptará un valor de pandeo de 0,2.

En el caso del plano de inercia fuerte (XZ), los cabios están biempotrados en sus extremos al pilar del siguiente cabio, por lo tanto se estimará que en ese plano la pieza se comporta como una biempotrada traslacional y se adoptará un coeficiente de pandeo con valor 1.

Pasando ahora a tratar los pilares, el cerramiento se dispone entre caras laterales ya que no dispone de alas en las que se pueda embeber como si se tratará de un perfil IPE, HEB, etc. Los cerramientos dotarán de suficiente rigidez para no permitir que pandee en el plano débil, por lo que el coeficiente de pandeo se tomará como 0.

En cuanto al eje fuerte de los pilares, están biempotrados produciendo una imposibilidad de giro y desplazamiento, pero en su conexión con el dintel puede existir un desplazamiento del nudo. Es por eso que se debe acotar el coeficiente de pandeo entre 0,5 (barra biempotrada sin opción de desplazamiento en extremos) y menos que 1 (barra biempotrada con posibilidad de desplazamiento), se establece un coeficiente de pandeo de 0,7.

### 2.8.2.- Flechas

Según el CTE DB SE, se debe cumplir la verificación de la flecha que debe cumplir la estructura, siendo esta 1/300, el caso menos exigente de los posibles.

Previo a la limitación de flechas de la cubierta es propicio saber las tipologías de flechas aplicables en estructuras y sus peculiaridades:

- Flecha instantánea: se averigua al aplicar la totalidad de las cargas. Se obtiene por doble integración de las curvaturas, en función del momento flector y la rigidez a flexión (EI).
- Flecha diferida: es aquella que aparece por el transcurso del tiempo, es decir, por la acción de cargas de larga duración, teniendo en cuenta los efectos de fluencia y retracción. Es difícil de medir al depender de numerosos coeficientes muy imprecisos (humedad, curado, temperatura...).

Paravalorar la flecha diferida no debe partirse de la totalidad de las cargas, sólo de aquellas que tengan carácter permanente o de larga duración.

- Flecha total a plazo infinito: es igual a la suma de la flecha instantánea más la flecha diferida, y se debe a la totalidad de las cargas actuantes.

Como valores límite se pueden considerar (artículo 50.1): flecha total a plazo infinito  $< L/250$

$$< L/500 + 1\text{cm}$$

- Flecha activa: es la producida en un primer elemento a partir del momento en que se construye el segundo elemento.

$$\text{Flecha activa} = \text{flecha total} - \text{flecha producida hasta el instante de construcción del elemento}$$

Como valor límite se puede considerar (artículo 50.1): flecha activa  $< L/400$

El software se encarga de comprobar la flecha y de introducir las restricciones, por lo que para situar a la estructura del lado de la seguridad se decide por limitar la flecha máxima de modo relativo a  $L/300$ , tanto en el eje fuerte (XZ) como en el débil (XY).

## 2.9.- Diagramas de análisis de la estructura

Una vez dimensionada y calculada la estructura con el software CYPE se procede a analizar los distintos diagramas que se obtienen.

### 2.9.1.- Axiles

Gráfico envolventes de Axiles en Pórtico 1:

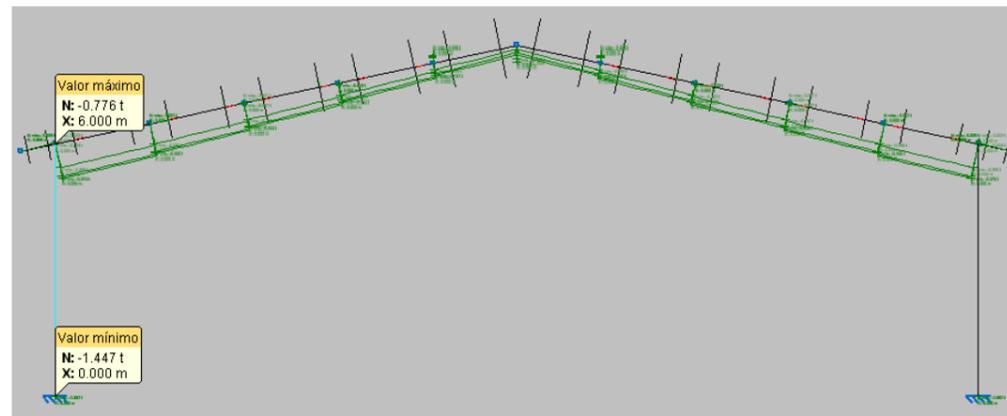


Figura 56. Envolvente de axiles. Fuente: CYPE Metal 3D.

### 2.9.2.- Cortantes

Gráfico envolventes de cortantes eje y en Pórtico 1:

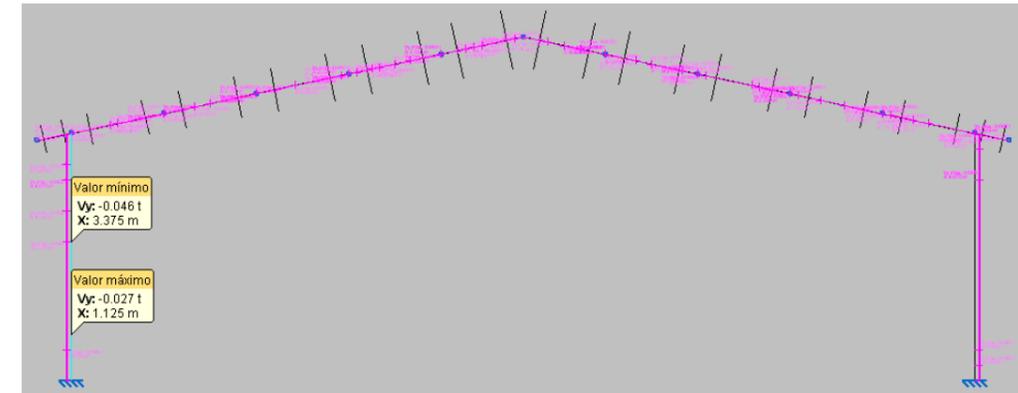


Figura 57. Envolvente de cortantes eje y. Fuente: CYPE Metal 3D.

Gráfico envolventes de cortantes eje z en Pórtico 1:

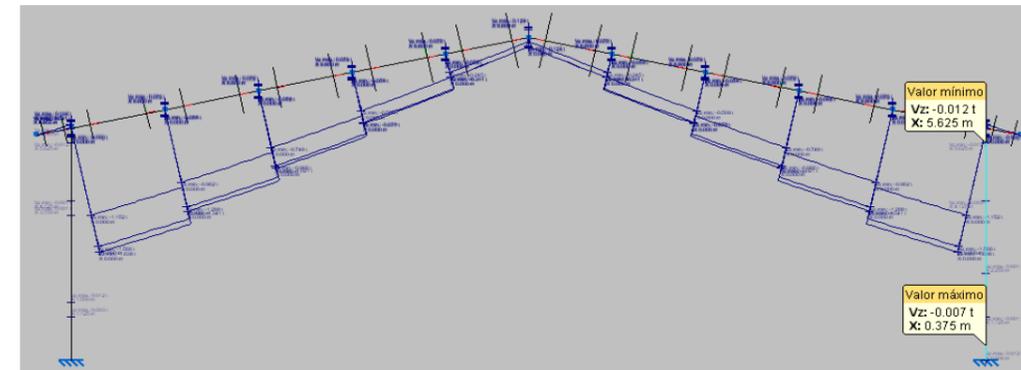


Figura 58. Envolvente de cortantes eje z. Fuente: CYPE Metal 3D.

### 2.9.3.- Momentos

Gráfico envolventes de momento torsor en Pórtico 1:

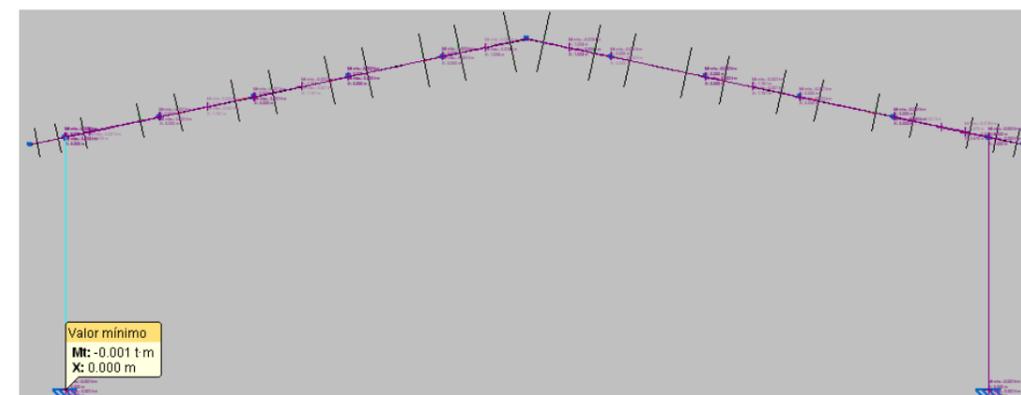


Figura 59. Envolvente de momentos torsores. Fuente: CYPE Metal 3D.

Gráfico envolventes de momentos eje y en Pórtico 1:

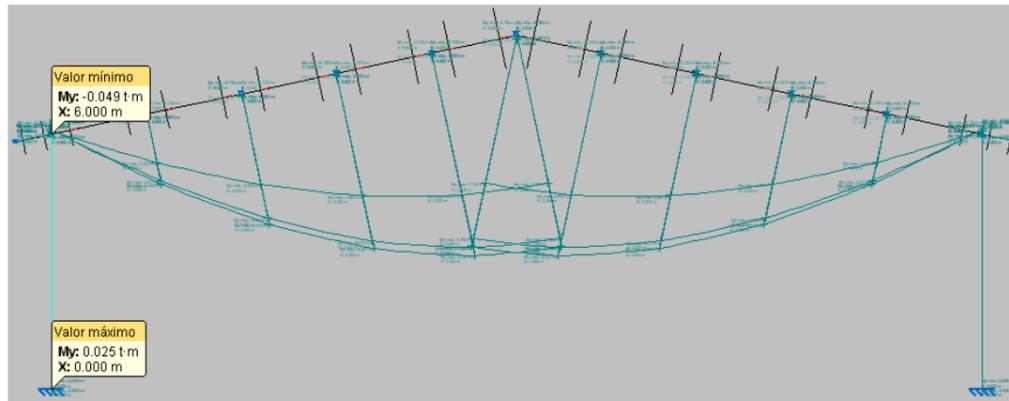


Figura 60. Envolvente de momentos de eje y. Fuente: CYPE Metal 3D.

Gráfico envolventes de momentos eje z en Pórtico 1:

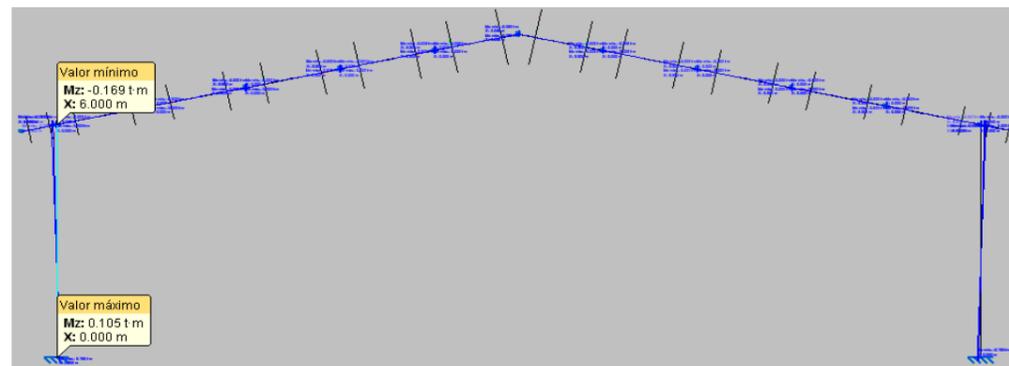


Figura 61. Envolvente de momentos de eje z. Fuente: CYPE Metal 3D.

Gráfico envolventes de momentos:

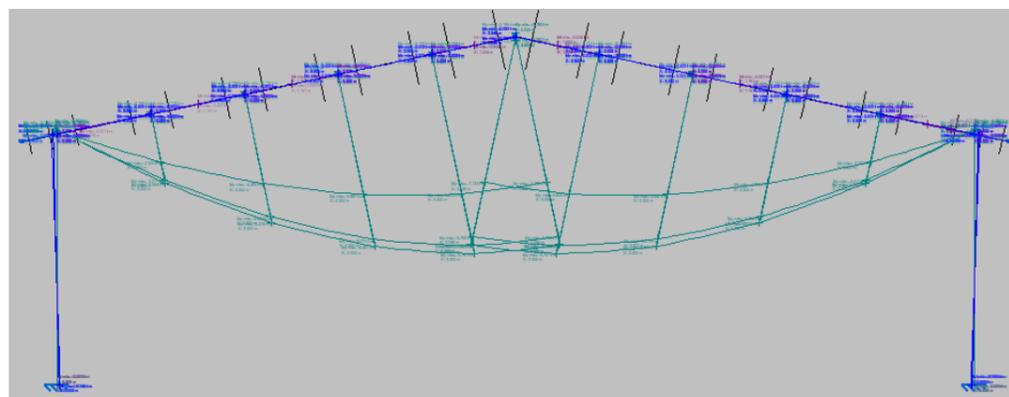


Figura 62. Envolvente de momentos. Fuente: CYPE Metal 3D.

2.9.4.- Flechas máximas

Gráfico envolventes de flecha ejes xy en Pórtico 1:

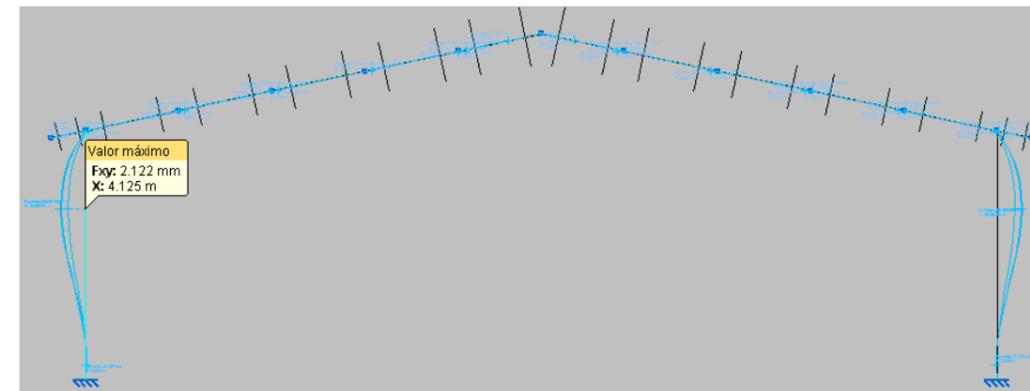


Figura 63. Envolvente de flecha ejes xy. Fuente: CYPE Metal 3D.

Gráfico envolventes de flecha ejes xz en Pórtico 1:

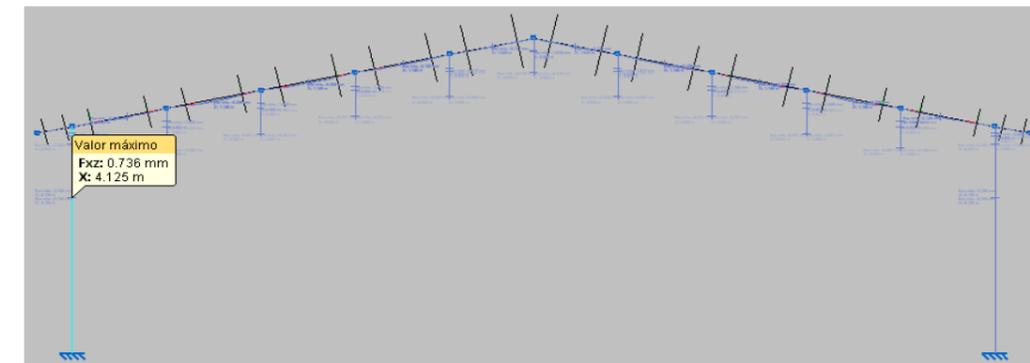


Figura 64. Envolvente de flecha ejes xz. Fuente: CYPE Metal 3D.

Gráfico envolventes de flecha en Pórtico 1:

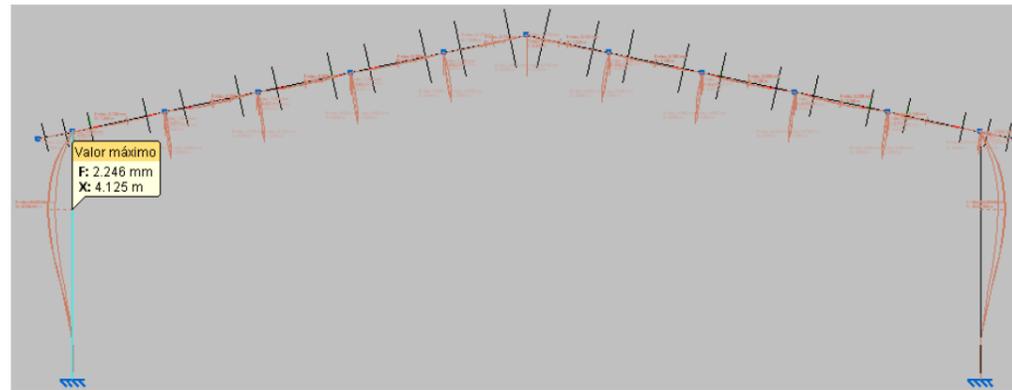


Figura 65. Envolvente de flecha. Fuente: CYPE Metal 3D.

2.9.5.- Deformada

Gráfico envolventes de la deformada:

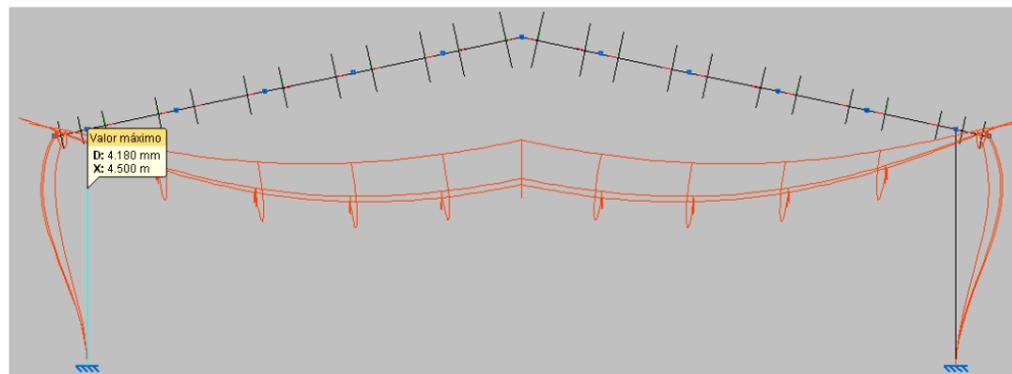


Figura 66. Envolvente de la deformada. Fuente: CYPE Metal 3D.

2.10.- Uniones y placas de anclaje

Todas y cada una de las estructuras están formadas por distintos elementos, que uniéndose entre sí forman en su conjunto la estructura. Las uniones y las placas de anclaje se realizan para garantizar la resistencia global de la estructura que se consigue con la ejecución correcta de las uniones así como la perfecta transmisión de esfuerzos entre los diferentes elementos.

En el caso de las placas de anclaje son utilizadas para garantizar la perfecta unión de los pilares metálicos a la cimentación, transmitiendo rigidez al conjunto de la estructura.

A continuación se tratan estos dos elementos con detenimiento para posteriormente dimensionarlos siguiendo la normativa CTE DB SE tanto para acero como madera.

+ Uniones

Estos elementos son de vital importancia y concretamente en este proyecto al tratarse de puntos críticos de unión entre el acero y la madera.

No sólo es importante su función estructural, su repercusión económica también es relevante puesto que representa una gran suma del presupuesto de materiales. Por eso, deben simplificarse al modelo más sencillo que sea posible, suprimiendo elementos innecesarios.

Probablemente el análisis de las uniones es una de las partes más delicadas de la construcción de una estructura, ya que en ellas se encuentran unas de las mayores concentraciones de esfuerzos de la cubierta y la valoración de las deformaciones y tensiones que se producen sólo pueden calcularse mediante un análisis experimental.

Se distinguen las siguientes uniones:

- Las que se utilizan para plantear un cambio de dirección, como las uniones pilar-viga triangulada, viga-correa.
- Las utilizadas cuando sucede un cambio de material o componente, como las uniones con cerramientos y las bases de los pilares.

El estudio de dimensionamiento de cualquier unión abarca su diseño, el análisis de los esfuerzos que tendrá que soportar y el cálculo de los diferentes elementos y medios de unión que lo forman.

En el anejo número 6 se pueden ver todas las comprobaciones aplicadas a las uniones.

+ Placas de anclaje

Son los elementos encargados de transmitir los esfuerzos de compresión en los extremos de los perfiles en este caso de acero a la cimentación de hormigón, disminuyendo con ello las presiones sobre las zapatas que al ser de hormigón la tensión admisible será menor.

Un factor importante de las placas de anclaje es el espesor que dependerá de los esfuerzos a transmitir y también tendrá que tener un correcto anclaje a la zapata asegurando que no se produce ningún despegue entre ambas superficies.

Para conseguir un adecuado dimensionamiento es necesario tener en cuenta: predimensionamiento de la placa teniendo en cuenta los criterios de diseño, comprobación de las dimensiones considerando todos los esfuerzos y disposición de las armaduras suficientes para el anclaje a la cimentación.

Al tratarse de un empotramiento, la unión entre el perfil y la placa de anclaje que está compuesta de acero y también la unión de la placa con la cimentación, tendrán que ser capaces de transmitir correctamente los axiles, cortantes y los momentos. Es por eso que los anclajes se deberán colocar más lejos del borde de las alas, con la función de sujetar las cabezas de los perfiles asegurando la coacción de giro en el empotramiento.

Gracias a la ayuda del software empleado NUEVO METAL 3D se han dimensionado más rápidamente las placas base, utilizando un acero laminado de clase S275, con pernos de anclaje tipo B400S y hormigón HA-25. Como se ha nombrado anteriormente todos los pórticos se tratan por igual por lo que no se distingue ningún tipo en concreto sino que todas serán iguales.

Se dimensionarán todas y cada una de ellas con la placa más solicitada y se comprobarán una a una.

En el anejo número 6 se pueden ver todas las comprobaciones realizadas a las placas de anclaje.

### 3.- Combinación de Acciones

A continuación se adjuntan las comprobaciones, generadas por el software CYPE NUEVO METAL 3D.

#### E.L.U. de rotura. Acero laminado

##### 1. Coeficientes para situaciones persistentes o transitorias

Comb.	PP	V(0°) H1	V(0°) H2	V(90°) H1	V(180°) H1	V(180°) H2	V(270°) H1	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
1	0.800									
2	1.350									
3	0.800	1.500								
4	1.350	1.500								
5	0.800		1.500							
6	1.350		1.500							
7	0.800			1.500						
8	1.350			1.500						
9	0.800				1.500					
10	1.350				1.500					
11	0.800					1.500				
12	1.350					1.500				
13	0.800						1.500			
14	1.350						1.500			
15	0.800							1.500		
16	1.350							1.500		
17	0.800	0.900						1.500		
18	1.350	0.900						1.500		
19	0.800		0.900					1.500		
20	1.350		0.900					1.500		
21	0.800			0.900				1.500		
22	1.350			0.900				1.500		
23	0.800				0.900			1.500		
24	1.350				0.900			1.500		
25	0.800					0.900		1.500		
26	1.350					0.900		1.500		
27	0.800						0.900	1.500		
28	1.350						0.900	1.500		
29	0.800	1.500						0.750		
30	1.350	1.500						0.750		
31	0.800		1.500					0.750		
32	1.350		1.500					0.750		
33	0.800			1.500				0.750		
34	1.350			1.500				0.750		
35	0.800				1.500			0.750		
36	1.350				1.500			0.750		
37	0.800					1.500		0.750		
38	1.350					1.500		0.750		
39	0.800						1.500	0.750		
40	1.350						1.500	0.750		
41	0.800								1.500	
42	1.350								1.500	
43	0.800	0.900							1.500	

44	1.350	0.900								1.500
45	0.800		0.900							1.500
46	1.350		0.900							1.500
47	0.800			0.900						1.500
48	1.350			0.900						1.500
49	0.800				0.900					1.500
50	1.350				0.900					1.500
51	0.800					0.900				1.500
52	1.350					0.900				1.500
53	0.800						0.900			1.500
54	1.350						0.900			1.500
55	0.800	1.500								0.750

Comb.	PP	V(0°) H1	V(0°) H2	V(90°) H1	V(180°) H1	V(180°) H2	V(270°) H1	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
56	1.350	1.500							0.750	
57	0.800		1.500						0.750	
58	1.350		1.500						0.750	
59	0.800			1.500					0.750	
60	1.350			1.500					0.750	
61	0.800				1.500				0.750	
62	1.350				1.500				0.750	
63	0.800					1.500			0.750	
64	1.350					1.500			0.750	
65	0.800						1.500		0.750	
66	1.350						1.500		0.750	
67	0.800									1.500
68	1.350									1.500
69	0.800	0.900								1.500
70	1.350	0.900								1.500
71	0.800		0.900							1.500
72	1.350		0.900							1.500
73	0.800			0.900						1.500
74	1.350			0.900						1.500
75	0.800				0.900					1.500
76	1.350				0.900					1.500
77	0.800					0.900				1.500
78	1.350					0.900				1.500
79	0.800						0.900			1.500
80	1.350						0.900			1.500
81	0.800	1.500								0.750
82	1.350	1.500								0.750
83	0.800		1.500							0.750
84	1.350		1.500							0.750
85	0.800			1.500						0.750
86	1.350			1.500						0.750
87	0.800				1.500					0.750
88	1.350				1.500					0.750
89	0.800					1.500				0.750
90	1.350					1.500				0.750
91	0.800						1.500			0.750
92	1.350						1.500			0.750

##### 2. Coeficientes para situaciones accidentales de incendio

Comb.	PP	V(0°) H1	V(0°) H2	V(90°) H1	V(180°) H1	V(180°) H2	V(270°) H1	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
1	1.000									
2	1.000	0.500								
3	1.000		0.500							
4	1.000			0.500						
5	1.000				0.500					
6	1.000					0.500				
7	1.000						0.500			
8	1.000							0.200		
9	1.000								0.200	
10	1.000									0.200

**E.L.U. de rotura. Hormigón**

Comb.	PP	V(0°) H1	V(0°) H2	V(90°) H1	V(180°) H1	V(180°) H2	V(270°) H1	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
1	1.000									
2	1.350									
3	1.000	1.500								
4	1.350	1.500								
5	1.000		1.500							
6	1.350		1.500							
7	1.000			1.500						
8	1.350			1.500						
9	1.000				1.500					
10	1.350				1.500					
11	1.000					1.500				
12	1.350					1.500				
13	1.000						1.500			
14	1.350						1.500			
15	1.000							1.500		
16	1.350							1.500		
17	1.000	0.900						1.500		
18	1.350	0.900						1.500		
19	1.000		0.900					1.500		
20	1.350		0.900					1.500		
21	1.000			0.900				1.500		
22	1.350			0.900				1.500		
23	1.000				0.900			1.500		
24	1.350				0.900			1.500		
25	1.000					0.900		1.500		
26	1.350					0.900		1.500		
27	1.000						0.900	1.500		
28	1.350						0.900	1.500		
29	1.000	1.500						0.750		
30	1.350	1.500						0.750		
31	1.000		1.500					0.750		
32	1.350		1.500					0.750		
33	1.000			1.500				0.750		
34	1.350			1.500				0.750		
35	1.000				1.500			0.750		
36	1.350				1.500			0.750		
37	1.000					1.500		0.750		
38	1.350					1.500		0.750		
39	1.000						1.500	0.750		

40	1.350								1.500	0.750		
41	1.000										1.500	
42	1.350										1.500	
43	1.000	0.900									1.500	
44	1.350	0.900									1.500	
45	1.000		0.900								1.500	
46	1.350		0.900								1.500	
47	1.000			0.900							1.500	
48	1.350			0.900							1.500	
49	1.000					0.900					1.500	
50	1.350					0.900					1.500	
51	1.000							0.900			1.500	
52	1.350							0.900			1.500	
53	1.000								0.900		1.500	
54	1.350								0.900		1.500	
55	1.000	1.500									0.750	
56	1.350	1.500									0.750	
Comb.	PP	V(0°) H1	V(0°) H2	V(90°) H1	V(180°) H1	V(180°) H2	V(270°) H1	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2		
57	1.000		1.500							0.750		
58	1.350		1.500							0.750		
59	1.000			1.500						0.750		
60	1.350			1.500						0.750		
61	1.000				1.500					0.750		
62	1.350				1.500					0.750		
63	1.000					1.500				0.750		
64	1.350					1.500				0.750		
65	1.000						1.500			0.750		
66	1.350						1.500			0.750		
67	1.000										1.500	
68	1.350										1.500	
69	1.000	0.900									1.500	
70	1.350	0.900									1.500	
71	1.000		0.900								1.500	
72	1.350		0.900								1.500	
73	1.000			0.900							1.500	
74	1.350			0.900							1.500	
75	1.000					0.900					1.500	
76	1.350					0.900					1.500	
77	1.000							0.900			1.500	
78	1.350							0.900			1.500	
79	1.000								0.900		1.500	
80	1.350								0.900		1.500	
81	1.000	1.500									0.750	
82	1.350	1.500									0.750	
83	1.000		1.500								0.750	
84	1.350		1.500								0.750	
85	1.000			1.500							0.750	
86	1.350			1.500							0.750	
87	1.000				1.500						0.750	
88	1.350				1.500						0.750	
89	1.000					1.500					0.750	
90	1.350					1.500					0.750	
91	1.000						1.500				0.750	
92	1.350						1.500				0.750	

### E.L.U. de rotura. Madera

#### 1. Coeficientes para situaciones persistentes o transitorias

Comb.	PP	V(0°) H1	V(0°) H2	V(90°) H1	V(180°) H1	V(180°) H2	V(270°) H1	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
1	1.000									
2	1.350									
3	1.000	1.500								
4	1.350	1.500								
5	1.000		1.500							
6	1.350		1.500							
7	1.000			1.500						
8	1.350			1.500						
9	1.000				1.500					
10	1.350				1.500					
11	1.000					1.500				
12	1.350					1.500				
13	1.000						1.500			
14	1.350						1.500			
15	1.000							1.500		
16	1.350							1.500		
17	1.000	0.900						1.500		
18	1.350	0.900						1.500		
19	1.000		0.900					1.500		
20	1.350		0.900					1.500		
21	1.000			0.900				1.500		
22	1.350			0.900				1.500		
23	1.000				0.900			1.500		
24	1.350				0.900			1.500		
25	1.000					0.900		1.500		
26	1.350					0.900		1.500		
27	1.000						0.900	1.500		
28	1.350						0.900	1.500		
29	1.000	1.500						0.750		
30	1.350	1.500						0.750		
31	1.000		1.500					0.750		
32	1.350		1.500					0.750		
33	1.000			1.500				0.750		
34	1.350			1.500				0.750		
35	1.000				1.500			0.750		
36	1.350				1.500			0.750		
37	1.000					1.500		0.750		
38	1.350					1.500		0.750		
39	1.000						1.500	0.750		
40	1.350						1.500	0.750		
41	1.000								1.500	
42	1.350								1.500	
43	1.000	0.900							1.500	
44	1.350	0.900							1.500	
45	1.000		0.900						1.500	
46	1.350		0.900						1.500	
47	1.000			0.900					1.500	
48	1.350			0.900					1.500	
49	1.000				0.900				1.500	

50	1.350					0.900				1.500
51	1.000						0.900			1.500
52	1.350						0.900			1.500
53	1.000							0.900		1.500
54	1.350							0.900		1.500
55	1.000	1.500								0.750

Comb.	PP	V(0°) H1	V(0°) H2	V(90°) H1	V(180°) H1	V(180°) H2	V(270°) H1	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
56	1.350	1.500							0.750	
57	1.000		1.500						0.750	
58	1.350		1.500						0.750	
59	1.000			1.500					0.750	
60	1.350			1.500					0.750	
61	1.000				1.500				0.750	
62	1.350				1.500				0.750	
63	1.000					1.500			0.750	
64	1.350					1.500			0.750	
65	1.000						1.500		0.750	
66	1.350						1.500		0.750	
67	1.000									1.500
68	1.350									1.500
69	1.000	0.900								1.500
70	1.350	0.900								1.500
71	1.000		0.900							1.500
72	1.350		0.900							1.500
73	1.000			0.900						1.500
74	1.350			0.900						1.500
75	1.000				0.900					1.500
76	1.350				0.900					1.500
77	1.000					0.900				1.500
78	1.350					0.900				1.500
79	1.000						0.900			1.500
80	1.350						0.900			1.500
81	1.000	1.500								0.750
82	1.350	1.500								0.750
83	1.000		1.500							0.750
84	1.350		1.500							0.750
85	1.000			1.500						0.750
86	1.350			1.500						0.750
87	1.000				1.500					0.750
88	1.350				1.500					0.750
89	1.000					1.500				0.750
90	1.350					1.500				0.750
91	1.000						1.500			0.750
92	1.350						1.500			0.750

#### 2. Coeficientes para situaciones accidentales de incendio

Comb.	PP	V(0°) H1	V(0°) H2	V(90°) H1	V(180°) H1	V(180°) H2	V(270°) H1	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
1	1.000									

+ Tensiones sobre el terreno

+ Desplazamientos

Comb.	PP	V(0°) H1	V(0°) H2	V(90°) H1	V(180°) H1	V(180°) H2	V(270°) H1	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
1	1.000									
2	1.000	1.000								
3	1.000		1.000							
4	1.000			1.000						
5	1.000				1.000					
6	1.000					1.000				
7	1.000						1.000			
8	1.000							1.000		
9	1.000	1.000						1.000		
10	1.000		1.000					1.000		
11	1.000			1.000				1.000		
12	1.000				1.000			1.000		
13	1.000					1.000		1.000		
14	1.000						1.000	1.000		
15	1.000								1.000	
16	1.000	1.000							1.000	
17	1.000		1.000						1.000	
18	1.000			1.000					1.000	
19	1.000				1.000				1.000	
20	1.000					1.000			1.000	
21	1.000						1.000		1.000	
22	1.000									1.000
23	1.000	1.000								1.000
24	1.000		1.000							1.000
25	1.000			1.000						1.000
26	1.000				1.000					1.000
27	1.000					1.000				1.000
28	1.000						1.000			1.000



## CAPÍTULO 4. PLAN DE OBRA



## 1.- Introducción

El propósito de este capítulo es la medición del tiempo físico a emplear en la ejecución de las obras necesarias para un adecuado funcionamiento de la estructura en su conjunto.

Para que el ritmo de construcción y la calidad de las obras sean las adecuadas se determinarán las necesidades en factores de producción, ya sea maquinaria o mano de obra.

Por último se establecerán los intervalos de tiempo asignados a cada división de la obra, así como los medios necesarios para su correcta ejecución. Efectuando actividades paralelas con el objeto de reducir tiempos y aprovechar al máximo los bienes disponibles.

## 2.- Actividades

Las actividades se definen en función de las unidades de obra principales que se realizarán de manera independiente sin contar solapes, a no ser que se especifique. A continuación se exponen las tablas con capacidades, donde se indican los procesos a realizar, los recursos necesarios y la capacidad de trabajo de los mismos para determinar la cantidad de tiempo necesario para cada actividad.

### 2.0.- Inicio de la obra

Se crea esta actividad para definir el inicio de la obra, no tiene ni duración ni influye en el desarrollo del proceso constructivo.

#### 2.1.- Operaciones previas

En esta actividad se incluyen los trabajos:

- Replanteo topográfico
- Nivelación en caso de ser necesaria
- Acondicionamiento de la zona de trabajo

Duración: 3 días

#### 2.2.- Movimiento de tierras

Esta actividad está basada en el desbroce de los alrededores de la parcela, en caso de ser necesario incluye excavación del terreno para la nivelación a cota de proyecto y la excavación de la cimentación.

Actividad	Recursos básicos	Capacidad [h/m <sup>2</sup> ]	Cantidad [m <sup>2</sup> ]	Tiempo [h]	Tiempo [días]
Desbroce y limpieza	Peón ordinario	0.005	986.6	7.89	0.99
	Pala neumática	0.008			

Excavación zanjas cimentación	Peón ordinario	0.13	33.72	7.42	0.93
	Pala neumática	0.2			
Excavación pozos cimentación	Peón ordinario	0.13	142.3	32.73	4.09
	Pala neumática	0.21			

Duración: se estima que el tiempo empleado será de 6 días.

### 2.3.- Cimentación

Basada en el encofrado, armado y hormigonado de las zapatas, e incluye el emplazamiento de las placas de anclaje.

Actividad	Recursos básicos	Capacidad [h/m <sup>2</sup> ]	Cantidad [m <sup>2</sup> ]	Tiempo [h]	Tiempo [días]
Hormigón de limpieza	Ayudante encofrador	0.6	14.97	8.982	1.12
	Vibrador hormigón	0.4			
Hormigón armado y encofrado	Oficial de 1ª	0.2	139.8	36.348	4.54
	Vibrador hormigón	0.26			
Placas de anclaje	Oficial de 1ª cerrajero	0.88	12 (ud)	10.56	1.32

Duración: se estima que el tiempo empleado será de 7 días.

### 2.4.- Solera

La solera de la pista deportiva está en buenas condiciones, aun así se dejará un margen en caso de que hubiera que realizar alguna mejora.

Actividad	Recursos básicos	Capacidad [h/m <sup>2</sup> ]	Cantidad [m <sup>2</sup> ]	Tiempo [h]	Tiempo [días]
Solera	Oficial de 1ª	0.55	100	55	6.88
	Peón ordinario	0.5			
	Vibrador hormigón	0.5			

Duración: se estima que el tiempo empleado será de 7 días.

## 2.5.- Estructura

Se realiza la construcción de la base estructural de la nave formada por perfiles de acero.

Actividad	Recursos básicos	Capacidad [h/kg]	Cantidad [kg]	Tiempo [h]	Tiempo [días]
Acero S275	Oficial de 1ª	0,04	1221,46	48,86	6,11
	Ayudante cerrajero	0,02			
	Oficial 1ª Soldador	0,04			

Duración: se estima que el tiempo empleado será de 6 días.

## 2.6.- Cubierta

En esta actividad están incluidas las labores de fabricación, transporte y colocación de las vigas de madera peraltadas con intradós curvo.

Actividad	Recursos básicos	Capacidad [h/kg]	Cantidad [kg]	Tiempo [h]	Tiempo [días]
Vigas peraltadas	Oficial de 1ª	0.04	8198.61	327.94	40.99
	Ayudante	0.02			
Correas	Oficial de 1ª	0.04	4057.99	162.32	20.29
	Ayudante	0.02			

Duración: se estima que el tiempo empleado será de 61,3 días, como la duración es demasiado alta y las actividades no se pueden solapar se aumentará 4 veces los recursos necesarios, quedando así la duración en 15 días.

## 2.7.- Instalación sistema contra incendios

Se incluyen las labores necesarias para una correcta instalación de extintores como pulsadores de emergencia y alumbrado específico.

Actividad	Recursos básicos	Capacidad [h/ud]	Cantidad [ud]	Tiempo [h]	Tiempo [días]
Pulsador alarma	Oficial de 1ª	0.75	2	1.50	0.19
	Ayudante	0.75			
Extintor de polvo	Peón especializado	0.1	5	0.50	0.06
Señal poliestireno	Peón especializado	0.25	7	1.75	0.22
Alumbrado emergencia	Oficial de 1ª	0.6	7	4.20	0.53

Duración: se estima que el tiempo empleado será de 1 día.

## 2.8.- Pintura y protecciones

Incluye la capa de pintura de los perfiles de la estructura con una clase de pintura intumescente y anticorrosiva, así como el repintado del pavimento de la pista deportiva en caso de que fuera necesario.

Actividad	Recursos básicos	Capacidad [h/m2]	Cantidad [m2]	Tiempo [h]	Tiempo [días]
Pintura metalizada mate	Oficial de 1ª	0,22	32,6	7,17	0,90
	Ayudante	0,12			
Protecciones pilares	Oficial de 1ª	0,26	18,6	4,84	0,60
	Ayudante	0,12			

Duración: se estima que el tiempo empleado será de 2 días.

## 2.9.- Instalaciones

Actividad basada en la realización de las instalaciones pertinentes para el correcto funcionamiento de la estructura.

Actividad	Recursos básicos	Capacidad [h/m2]	Cantidad [m2]	Tiempo [h]	Tiempo [días]
Fontanería	Oficial de 1ª	0.5	24.3	11.20	1.52
	Ayudante	0.35			
Electricidad	Oficial de 1ª	0.5	28.7	14.35	1.79
	Ayudante	0.35			
Saneamiento	Oficial de 1ª	0.5	16.2	8.10	1.01
	Ayudante	0.35			
Solera exterior	Oficial de 1ª	0.6	47.3	28.38	3.55
	Peón ordinario	0.4			

Duración: se estima que el tiempo empleado será de 8 días, como la duración es demasiado alta y las actividades no se pueden solapar se aumentará 2 veces los recursos necesarios, quedando así la duración en 4 días.

## 2.10.- Varios

Se incluyen los acabados correspondientes de obra, así como la habilitación de elementos necesarios para acondicionar la estructura.

Duración: se estima un margen de 3 días.

## 3.- Planificación de la obra

Una vez obtenidas las duraciones de las distintas actividades que conforman la estructura, se procede a elaborar la planificación de la obra.

La duración de la obra abarca aproximadamente 2 meses y medio, 53 días en total.

El método a utilizar para la programación de la obra es el denominado como “Diagrama de Gantt”, se basa en diagramas de barras en las que el tiempo es un factor limitante ya que gira todo alrededor de él, permite representar el tiempo empleado en la ejecución de cada actividad, la representación de dichos tiempos y la duración global de la obra.

Se ha diseñado el diagrama de Gantt conforme a una fecha de inicio del 2 de Julio de 2018 y terminarán tras 51 días de trabajo naturales, es decir, el 10 de Septiembre de 2018.

En la siguiente figura se observa el diagrama que se ha realizado con la aplicación online Sinnaps.





## CAPÍTULO 5. VALORACIÓN ECONÓMICA



## 1.- Introducción

A partir del estudio económico se define la viabilidad económica del proyecto, hay que tener en cuenta la gran variación de precios a los que están sometidas las materias primas. Esto como es de esperar influirá en la adquisición de las mismas, debiendo por lo tanto ajustarse los márgenes de beneficio.

Se elabora el siguiente presupuesto en función de los precios proporcionados por el generador de precios de CYPE en España del año 2017.

Para componer el presupuesto son necesarias las distintas unidades de obra que lo forman, así como los precios unitarios de los elementos, los cuales se han ido comparando con la "Base de Precios de la construcción 2017" publicada por la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla-La Mancha con un porcentaje de costes indirectos del 5%.

## 2.- Cuadro de precios

Se procede a la medición de las diferentes unidades de obra más significativas mediante la adjudicación a cada una de ellas de un precio unitario. Por lo que se divide este apartado en diferentes cuadros que nos mostrarán los precios.

### 2.1.- Cuadro de mano de obra

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
001A040	720,00 h	Oficial de 1ª	14,36	10.339,20
001A050	650,00 h	Ayudante	13,58	8.827,00
001A060	92,00 h	Peón especializado	12,89	1.185,88
001A070	376,00 h	Peón ordinario	12,78	4.805,28
001BC041	286,00 h	Oficial de 1ª cerrajero	15,76	4.507,36
001BC042	320,00 h	Ayudante cerrajero	15,03	4.809,60
001BO040	41,50 h	Ayudante encofrador	14,76	612,54
001BE010	46,00 h	Oficial de 1ª cerramiento	15,32	704,72
001BE020	46,00 h	Ayudante cerramiento	14,76	678,96
001BG025	33,00 h	Oficial de 1ª gruista	15,91	525,03
001BG030	38,00 h	Ayudante gruista	14,68	557,84
001BP230	10,00 h	Oficial de 1ª pintor	14,44	144,40
001BP240	10,00 h	Ayudante pintor	13,87	138,70
001BS040	46,00 h	Oficial de 1ª Soldador	14,90	685,40
<b>Grupo M01</b>			<b>38.521,910</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>38.521,910</b>	

### 2.2.- Cuadro de materiales

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
M10HV200	32,642 h	Vibrador hormigón gasolina 70 mm	2,46	80,30
<b>Grupo M10</b>			<b>80,30</b>	
P01AA030	41,243 m3	Arena de río 0/5 mm	13,24	546,06
P01AA100	4,569 m3	Arena de miga cribada	13,16	60,13
P01CC020	1,995 t	Cemento CEM II/B-M 32,5 R	106,24	211,95
P01CC160	0,152 t	Cemento blanco BL-V 22,5	237,24	36,06
P01CC180	0,213 t	Cemento blanco BL-II 42,5R	225,79	48,09
P01CC270	1,100 t	Cemento CEM II/B-P 32,5 N	115,54	127,09
P01CY030	0,100 t	Yeso blanco en sacos	63,03	6,30
P01DW010	3,505 m3	Agua	0,87	3,05
P01DW020	499,50 ud	Pequeño material	0,80	399,60
P01HC086	30,257 m3	Hormigón HA-25/B/32/IIa central	58,60	1773,06
P01HD070	0,254	Horm.elem. no resist.HM-10/B/32 central	43,85	11,14
P01HD160	0,026 m3	Horm.elem. no resist.HM-15/B/16 central	51,36	1,34
P01LT020	652,00 ud	Ladrillo perfora. tosco 25x12x7	0,12	78,24
P01MC010	0,254 m3	Mortero 1/5 de central (M-7,5)	51,63	13,11
P01MC040	0,245 m3	Mortero 1/6 de central (M-5)	47,85	11,72
<b>Grupo P01</b>			<b>3.326,94</b>	
P03AC090	52,210 kg	Acero corrugado B 400 S/SD	1,36	71,01

P03AC210	84,250 kg	Acero corrug. B 500 S/SD pref.	2,03	171,03	P13CX230	5,980 ud	Transporte a obra	78,25	467,94
P03AL095	86,00 ud	Tuerca acero D=16	0,18	15,48	P13TP020	485,36 kg	Pletina 8/30 mm.	0,56	271,80
P03AL160	1221,46 kg	Acero laminado S 275	1,15	1404,68	P13VP070	4,587 ud	Poste galv.D=48 h=1,5 m.escuadra	21,25	97,47
<b>Grupo P03 .....</b>				<b>1.662,19</b>	P13VP080	20,36 ud	Poste galv. D=48 h=1,5 m.inter.	6,41	130,51
P04TW030	24,20 m	Perfil angular remates	0,78	18,88	P13VP090	4,587 ud	Poste galv.D=48 h=1,5 m.jabalcón	21,25	97,47
P04TW040	45,150 ud	Pieza cuelgue perfil TR	0,16	7,22	P13VP100	4,587 ud	Poste galv. D=48 h=1,5 m.torna.	6,12	28,07
P04TW050	186,30 m	Perfilería	1,23	229,15	P13VS070	60,48 m2	Malla anud. galv. 150x18x30/100	2,03	122,77
<b>Grupo P04 .....</b>				<b>255,25</b>	<b>Grupo P13 .....</b>				<b>2.454,89</b>
P05CS016	1065,328 m2	Placa policarbonato plana 10mm	27,40	29.189,99	P15DB090	1,00 ud	Módulo medida indirecta 250 A.	746,35	746,35
P05CW010	605,00 ud	Tornillería y pequeño material	0,10	60,50	P15DB110	1,00 ud	Mód.prot.y medida<63A.1cont.mon.	165,25	165,25
<b>Grupo P05 .....</b>				<b>29.250,49</b>	P15EB010	28,00 m	Conduc. cobre desnudo 35 mm2	7,24	202,72
P07ML040	10,00 ud	Correas 180x140	59,3	593,00	P15GA010	754,00 m	Cond. rígido. 750 V 1,5 mm2 Cu	0,14	105,56
P07ML050	45,00 ud	Correas 260x120	68,7	3.091,50	P15HE100	10,00 ud	Base ench. normal	6,35	63,50
P07ML060	5,00 ud	Vigas peraltadas intradós curvo	1810,2	9.051,00	<b>Grupo P15 .....</b>				<b>1.283,38</b>
<b>Grupo P07 .....</b>				<b>12.735,50</b>	P16BF020	9,00 ud	Conj.lum.espa. 1x36 W. s/acs.	129,45	1.165,05
P11PU040	12,00 ud	Pieza unión viga triangulada - pilar	16,07	192,84	P16CB050	32,00 ud	Luminaria 3x36 W. dif-R AF	174,25	5.576,00
P11PU060	110,00 ud	Pieza unión correa - viga triangulada	14,55	1.600,50	P16EC070	106,00 ud	Tubo fluorescente 33/36 W.	9,23	978,38
P11PD010	28,300 m	Cerco direc.pino melis m.70x50mm	14,05	397,62	P16FA130	8,00 ud	Bloqueo automático emergencia 30 lm.	41,25	330,00
P11TL010	43,20 m	Tapajuntas DM LR pino melis 70x10	1,57	67,82	<b>Grupo P16 .....</b>				<b>8.049,43</b>
P11WP080	102,00 ud	Tornillo ensamble zinc/pavón	0,01	1,02	P23FB100	2,00 ud	Pulsador de alarma	21,05	42,10
<b>Grupo P11 .....</b>				<b>2259,80</b>	P23FJ010	4,00 ud	Extintor polvo ABC 3 kg. pr.inc.	45,69	182,76
P13CC010	22,50 m2	Cancela tubos ac.lamin.frío	55,06	1.238,85					

P23FK010	4,00 ud	Señal poliestireno extintor. Fotolu.	6,84	27,36	P31CR150	120,00 m2	Mallazo 15x15x4-1.330 kg/m2.	0,83	99,60
P23FK100	2,00 ud	Señal poliestir. 1mm. de 210/297.	7,19	14,38	P31IA010	18,00 ud	Casco seguridad homologado	2,46	44,28
<b>Grupo P23 .....</b>				<b>266,60</b>					
P24EI090	19,85 kg	Pintura plástica liso mate	8,87	176,07	P31IA105	3,00 ud	Casco pantalla soldador	11,98	35,94
P24OF040	5,546 kg	Fondo plástico	1,76	9,76	P31IA120	6,00 ud	Gafas protectoras homologadas	2,43	14,58
P24OU050	258,564 kg	Minio electrolítico	10,58	2735,61	P31IA140	6,00 ud	Gafas antipolvo	1,49	8,94
P24PP040	18,60 m2	Protecciones pilares	189,26	3520,24	P31IA160	18,00 ud	Filtro antipolvo	2,14	38,52
P24WW220	8,705 ud	Pequeño material	1,09	9,49	P31IA200	6,00 ud	Cascos protectores auditivos	7,15	42,90
<b>Grupo P24 .....</b>				<b>6.451,16</b>					
P31BA020	1,00 ud	Acometida prov. fonta.a caseta	112,25	112,25	P31IC010	4,65 ud	Cinturón seguridad homologado	20,59	95,74
P31BC080	1,00 ud	Alquiler caseta pref. aseo 6,00x2,35	160,86	160,86	P31IC090	18,00 ud	Mono de trabajo poliéster-algod.	12,32	221,76
P31BC180	1,00 ud	Alquiler caseta ofic.+aseo 6,00x2,44	185,25	185,25	P31IC130	3,50 ud	Mandil cuero para soldador	14,54	50,89
P31BC220	0,50 ud	Transp.100km.entr.y rec.1 módulo	350,20	175,10	P31IM010	18,00 ud	Par guantes de goma látex-antic.	2,18	39,24
P31BM110	1,00 ud	Botiquín de urgencias	94,54	94,54	P31IM030	18,00 ud	Par guantes uso general serraje	1,21	21,78
P31CB030	1,00 m3	Tablón madera pino 20x7 cm.	310,25	310,25	P31IM040	6,00 ud	Par guantes soldador	6,98	41,88
P31CB040	1,00 m3	Tabla madera pino 15x5 cm.	310,25	310,25	P31IP020	6,00 ud	Par botas puntera/planta metálica	21,65	129,90
P31CB090	250,00 m	Alquiler valla enrejado móvil	1,52	380,00	P31IS040	1,00 ud	Arnés am. dorsal regulación hombros	44,71	44,71
P31CB190	6,65 m	Puntal de pino 2,5 m D=8/10	1,22	8,11	P31SB010	35,00 m	Cinta balizamiento bicolor 8 cm.	0,03	1,05
P31CB220	0,65 ud	Brida soporte para barandilla	1,82	1,18	P31SV010	1,00 ud	Señal triang. L=70 cm.reflex. EG	59,98	59,98
P31CB230	1,00 m2	Plancha de acero de e=12 mm.	4,02	4,02	P31SV030	1,00 ud	Señal circul. D=60 cm.reflex. EG	75,35	75,35
P31CE030	4,30 ud	Manguera flex. 750 V. 4x4 mm2.	3,69	15,87	P31SV040	1,00 ud	Señal stop D=60 cm.oct.reflex. EG	75,35	75,35
P31CE080	0,45 ud	Cuadro general obra pmáx. 15 kW.	589,25	265,16	P31SV050	1,00 ud	Poste galvanizado 80x40x2 de 2 m	12,58	12,58
P31CI010	1,00 ud	Extintor polvo ABC 6 kg.	45,57	45,57	P31SV060	1,00 ud	Trípode tubular para señal	31,65	31,65
P31CR020	100,00 m2	Malla tupida tejido sintético	1,64	164,00	P31SV120	1,85 ud	Placa informativa PVC 50x30	6,23	11,53
					P31W050	18,00 ud	Costo mens. formación seguridad	39,78	716,04
					P31W060	1,00 ud	Vigilancia de la salud	55,68	55,68



Grupo P31 ..... 4.202,28

TOTAL ..... 15.266,251

TOTAL ..... 72.278,22

2.4.- Cuadro de precios auxiliares

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
A01AA030	m3	PASTA DE YESO BLANCO	TOTAL -----	65,26
A01AL090	m3	LECHADA CEM. BLANCO BL-V 22,5	TOTAL -----	68,73
A01MA050	m3	MORTERO CEMENTO M-5	TOTAL -----	123,59
A01MA090	m3	MORTERO CEMENTO M-5 C/A. MIGA	TOTAL -----	58,71
A01MB030	m3	MORTERO CEMENTO BLANCO M-10/BL	TOTAL -----	101,37
A01RH040	m3	HORMIGÓN HM-5B/32	TOTAL -----	38,75
A01RH060	m3	HORMIGÓN HM-10/P/40	TOTAL -----	43,80
A01RH070	m3	HORMIGÓN HM-12,5/P/20	TOTAL -----	67,54
A01RP040	m3	HORMIGÓN HA-25/P/20/I CENTRAL	TOTAL -----	55,60

2.3.- Cuadro de maquinaria

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
M02GE200	35,208 h	Grúa telescópica 20-35t	119,49	4.207,004
M02GT120	27,360 h	Grúa torre automontante 30txm	25,06	685,642
<b>Grupo M02</b>			-----	<b>4.892,646</b>
M03HH030	11,250 h	Hormigonera 250l gasolina	2,23	25,088
<b>Grupo M03</b>			-----	<b>25,088</b>
M04EN030	28,340 h	Excavadora hidr. neumáticos 120CV	47,36	1.342,182
M45PC010	3,207 h	Pala cargad. cadenas 50CV/0,6 m3	30,62	98,198
M04PN020	28,547 h	Pala cargad. neumát. 85CV/1 m3	40,23	1.148,446
M04RN025	78,369 h	Retrocargadora neumát. 90CV	37,39	2.930,217
<b>Grupo M04</b>			-----	<b>5.519,043</b>
M05CM020	26,520 h	Compresor port. Diesel m.p. 2m3/min	3,69	97,859
M05ML120	26,520 h	Martillo picador man. neumat.	0,45	11,934
<b>Grupo M05</b>			-----	<b>109,793</b>
M06CB020	162,358 h	Camión basculante 4x2 10t	25,06	4.068,691
M06N060	205,680 h	Canon vertedero de tierra	0,32	65,818
M06N150	156,250 h	Canon gestión tierras	2,16	337,500
<b>Grupo M06</b>			-----	<b>4.472,009</b>
M07RL020	33,540 h	Pisón vibr. 70kg	2,34	78,484
<b>Grupo M07</b>			-----	<b>78,484</b>
M08HV090	70,203 h	Vibrador hormigón gasolina 70mm	2,41	169,189
<b>Grupo M08</b>			-----	<b>169,189</b>

2.5.- Cuadro de precios descompuestos

1.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

E02M040	m2	DESBROCE Y LIMPIEZA TERRENO A MÁQUINA
Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, retirando una capa de 10 cm de espesor aproximadamente, incluyendo la carga por medios mecánicos y el transporte al vertedero, con p.p. de medios auxiliares.		
Suma la partida.....		1,48
Costes indirectos.....	5,00%	0,08

TOTAL PARTIDA ..... 1,56

E02PM030 m3 EXCAVACIÓN POZOS A MÁQUINA T.COMPACT

Excavación en pozos en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares.		
Suma la partida.....		12,75
Costes indirectos.....	5,00%	0,64

TOTAL PARTIDA ..... 13,39

**E02PS020 m3 EXCAVACIÓN ARQUETA SANEAM.A MANO T.DUROS**

Excavación en arquetas o pozos de saneamiento, en terrenos de consistencia dura, por medios manuales, con extracción de tierras a los bordes, y con posterior relleno, apisonado y extendido de las tierras procedentes de la excavación, y p.p. de medios auxiliares.

Suma la partida..... 49,42  
Costes indirectos..... 5,00% 2,48

TOTAL PARTIDA ..... 51,90

**E02T020 m3 TRANSPORTE VERTED.<10km.CARGA MEC**

Transporte de tierras al vertedero, a una distancia menor de 10 km, considerando ida y vuelta, con camión basculante cargado a máquina, canon de vertedero, y con p.p. de medios auxiliares, considerando también la carga.

Suma la partida..... 10,12  
Costes indirectos..... 5,00% 0,51

TOTAL PARTIDA ..... 10,63

**E02ZM030 m3 EXCAVACIÓN ZANJA A MÁQUINA T. COMPACTO**

Excavación en zanjas, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.

Suma la partida..... 11,02  
Costes indirectos..... 5,00% 0,55

TOTAL PARTIDA ..... 11,57

**E02ZS030 m3 EXCAVACIÓN ZANJA SANEAM. T.DURO C/COMP**

Excavación en zanjas de saneamiento, en terrenos de consistencia dura, con compresor, con extracción de tierras a los bordes, y con posterior relleno y apisonado de las tierras procedentes de la excavación y con p.p. de medios auxiliares.

Suma la partida..... 29,78  
Costes indirectos..... 5,00% 1,49

TOTAL PARTIDA ..... 31,27

**E02TTT020 m3 RETIRADA DE TIERRAS N.P. A PLANTA DE VALORIZ. DIST. MÁX. 10 km**

Retira de tierras en obra de nueva planta a vertedero autorizado situado a una distancia máxima de 10 km, formada por: carga, transporte, descarga y canon de vertido. Medido el volumen esponjado.

Suma la partida..... 8,06  
Costes indirectos..... 5,00% 0,40

TOTAL PARTIDA ..... 8,46

## 2.- CIMENTACIONES

**E04AP030 ud PLACA CIMENTACIÓN 35x35x40cm. C/PERN.**

Placa de anclaje de acero S 275 JR en perfil plano para atomillar en cimentación, de dimensiones 35x35x40 cm con cuatro patillas de redondo corrugado de 12 mm de diámetro, con longitud total de 0,60 m roscadas, angulares interiores 30x30 y plantilla superior, taladro central totalmente colocado. Según normas EHE-08 y DB-SE.

Suma la partida..... 43,15  
Costes indirectos..... 5,00% 2,16

TOTAL PARTIDA ..... 45,31

**E04AP040 ud PLACA CIMENTACIÓN 70x70x40cm. C/PERN.**

Placa de anclaje de acero S 275 JR en perfil plano para atomillar en cimentación, de dimensiones 40x40x3 cm con cuatro patillas de redondo corrugado de 12 mm de diámetro, con longitud total de 0,60 m roscadas, angulares interiores 30x30 y plantilla superior, taladro central totalmente colocado. Según normas EHE-08 y DB-SE.

Suma la partida..... 56,98  
Costes indirectos..... 5,00% 2,85

TOTAL PARTIDA ..... 59,83

**E04CM050 ud HORMIGÓN DE LIMPIEZA HM-5/B/32 V. MANUAL**

Hormigón en masa HL-150/C/TM, de 5 N/mm<sup>2</sup>, consistencia blanda, T<sub>máx</sub> 32 mm elaborado en obra para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación. Según EHE-08 y DB-SE-C.

Suma la partida..... 66,90  
Costes indirectos..... 5,00% 3,35

TOTAL PARTIDA ..... 70,25

**E04CM040 ud HORMIGÓN EN MASA HL-150/P/20**

Hormigón en masa HL-150/P/20 de dosificación 150kg/m<sup>3</sup>, con tamaño máximo del árido de 20 mm elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación el espesor mínimo será de 10cm, según CTE/DB-SE-C y EHE-08.

Suma la partida..... 26,81  
Costes indirectos..... 5,00% 1,31

TOTAL PARTIDA ..... 28,12

**E04CM120 m3 HORMIGÓN HA-25/B/32/IIa CIM. V. GRÚA**

Hormigón para armar HA-25/B/32/IIa, de 25 N/mm<sup>2</sup>, consistencia blanda, T<sub>máx</sub> 32, ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido con grúa, vibrado, curado y colocado. Según EHE-08 y DB-SE-C.

Suma la partida..... 81,46  
Costes indirectos..... 5,00% 4,07

TOTAL PARTIDA ..... 85,53

**E04SE040 m3 HORMIGÓN HM-15/B/16 EN SOLERA**

Hormigón HM-15/B/16, de 15 N/mm<sup>2</sup>, consistencia blanda, T<sub>máx</sub> 16 mm, de central sin uso estructural, y vertido de forma manual, colocado y p.p. de vibrado regleado y curado en soleras. Según EHE-08 y DB-SE-C.

Suma la partida..... 70,85  
Costes indirectos..... 5,00% 3,54

TOTAL PARTIDA ..... 74,39

**E04SE060 m2 HORMIGÓN HM-25/B/16/I EN SOLERA**

Hormigón HM-25/B/16/I, de 25 N/mm<sup>2</sup>, consistencia blanda, T<sub>máx</sub> 16 mm, ambiente no agresivo, de central, vertido de forma manual, colocado y p.p. de vibrado regleado y curado en soleras. Según EHE-08 y DB-SE-C.

Suma la partida..... 81,00  
Costes indirectos..... 5,00% 4,05

TOTAL PARTIDA ..... 85,05

E04SM010 m2 SOLERA DE HORMIGÓN HM-15/B/16 e=10cm

Solera de hormigón en masa de 10 cm de espesor sin uso estructural, realizada con hormigón HM-15/B/16, de central, y vertido, curado, colocación, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado. Según la normativa vigente EHE-08 y DB-SE-C.

Suma la partida..... 7,09  
Costes indirectos..... 5,00% 0,35

TOTAL PARTIDA ..... 7,44

E04SM060 m2 SOLERA DE HORMIGÓN HM-15/B/16 e=15cm

Solera de hormigón en masa de 15 cm de espesor, realizada con hormigón HM-25/B/16/l, de central, y vertido, curado, colocación, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado. Según normativa en vigor DB-SE-C y EHE-08.

Suma la partida..... 12,15  
Costes indirectos..... 5,00% 0,61

TOTAL PARTIDA ..... 12,76

### 3.- ESTRUCTURAS

E05AAL010 kg ACERO S275 JR ESTR. SOLDADA

Acero laminado S275 JR, en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas y p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, totalmente montado y colocado. Según DB-SE-A.

Suma la partida..... 1,86  
Costes indirectos..... 5,00% 0,09

TOTAL PARTIDA ..... 1,95

E05AC030 m. CORREA MADERA 180x140 mm

Correa realizada con madera laminada encolada homogénea GL32h, tipo C40 con piezas especiales. Totalmente montada y colocada. Según CTE-DB-SE-A.

Suma la partida..... 56,47  
Costes indirectos..... 5,00% 2,83

TOTAL PARTIDA ..... 59,3

E05VP030 m. VIGA TRIANGULAR CON INTRADÓS CURVO DE MADERA

Viga triangular peraltada con intradós curvo, canto que varía desde 676mm hasta los 1485mm. Según CTE-DB-SE-A.

Suma la partida..... 1724,0  
Costes indirectos..... 5,00% 86,2

TOTAL PARTIDA ..... 1810,20

E05EU030 m. ELEMENTO UNIÓN VIGA PERALTADA - PILAR

Pieza de unión entre la viga triangula y el pilar metálico. Totalmente montada y colocada. Según CTE-DB-SE-A.

Suma la partida..... 15,3  
Costes indirectos..... 5,00% 0,765

TOTAL PARTIDA ..... 16,07

E05EU060 m. ELEMENTO UNIÓN CORREA - VIGA PERALTADA

Pieza que une las correas con las vigas trianguladas. Totalmente montada y colocada. Según CTE-DB-SE-A.

Suma la partida..... 13,85  
Costes indirectos..... 5,00% 0,70

TOTAL PARTIDA ..... 14,55

E05AC040 m. CORREA MADERA 260x120 mm

Correa realizada con madera laminada encolada homogénea GL32h, tipo C40 con piezas especiales. Totalmente montada y colocada. Según CTE-DB-SE-A.

Suma la partida..... 65,42  
Costes indirectos..... 5,00% 3,27

TOTAL PARTIDA ..... 68,7

### 4.- CERRAMIENTOS

E06LD010 m PERFILERÍA EN UPN CAJÓN SOLDADO

Perfiles UPN soldados en cajón de dimensiones 100x100x6 mm, producto laminado cuya sección tiene forma de U. Las caras exteriores de las alas son perpendiculares al alma, y las interiores presentan una inclinación del 8% respecto a las exteriores, por lo que las alas tienen espesor decreciente hacia los extremos. La superficie interior de la unión entre el alma y las alas es redondeada. Las alas tienen el borde exterior con arista viva y la superficie interior redondeada. Según CTE DB SE-A.

Suma la partida..... 13,26  
Costes indirectos..... 5,00% 0,67

TOTAL PARTIDA ..... 13,97

### 5.- CUBIERTA

E07IMP026 m2 CUBIERTA CON PLACA DE POLICARBONATO

Cubierta formada por placa de policarbonato de 10mm de espesor, con una transmisión lumínica del 90% y un aislamiento térmico al espacio interior entre 3,6 y 2 W/m<sup>2</sup> K. Según DB-HS.

Suma la partida..... 36,09  
Costes indirectos..... 5,00% 1,80

TOTAL PARTIDA ..... 37,89

### 6.- INSTALACIÓN E ILUMINACIÓN

**E12EGI010 ud MÓDULO CONTADOR MEDIDA IND.<250 A.**

Módulo para contadores de medida indirecta hasta 250 A, incluso bases cortacircuitos, fusibles de protección de la línea repartidora calibrados en 250 A. y transformador. Según REBT.

Suma la partida.....		781,92
Costes indirectos.....	5,00%	39,10

**TOTAL PARTIDA ..... 821,02**

**E12EGMM010 ud CGP. Y MEDIDA <63A.P/1CONT.MONO.**

Caja general de protección y medida hasta 63A para 1 contador monofásico, incluso bases cortacircuitos y fusibles para protección de línea repartidora; para empotrar. Según REBT.

Suma la partida.....		191,55
Costes indirectos.....	5,00%	9,58

**TOTAL PARTIDA ..... 201,13**

**E12EIA020 ud LUMINARIA ESPAC.PARA LÍNEA CONT. 1x36W**

Luminaria para suspender de 1x36 W AF y formar línea continua de iluminación, con difusor de lamas transversales de aluminio anodizado, con protección IP20 clase I, cuerpo de perfil de aluminio extruido, piezas especiales de unión, codos, finales, sistema de suspensión, equipo eléctrico formado por reactancia, condensador, portalámparas, cebador, lámpara fluorescente estándar y bornas de conexión. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado. Según REBT.

Suma la partida.....		164,94
Costes indirectos.....	5,00%	8,25

**TOTAL PARTIDA ..... 173,19**

**E12EIEL050 ud LUMINARIA EMPOTRADA DIF.LAM.AL.BLA.3x36 W.**

Luminaria de empotrar, de 3x36 W. AF con difusor de lamas de aluminio pintadas en blanco, con protección IP20 clase I, cuerpo de chapa esmaltada en blanco, equipo eléctrico formado por reactancias, condensador, portalámparas, cebadores, lámparas fluorescentes estándar y bornas de conexión. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado. Según REBT.

Suma la partida.....		225,64
Costes indirectos.....	5,00%	11,28

**TOTAL PARTIDA ..... 236,92**

**E12EIM010 ud BLOQUEO AUTOMÁTICO DE EMERGENCIA 30 lm**

Luminaria de emergencia autónoma de 30 lúmenes, telemandable, autonomía superior a 1 hora, equipada con batería Ni Cd estanca de alta temperatura. Según REBT y DB-SI.

Suma la partida.....		53,40
Costes indirectos.....	5,00%	2,67

**TOTAL PARTIDA ..... 56,07**

**E12EMOB030 ud BASE ENCHUFE NORMAL**

Base de enchufe normal realizada con tubo PVC corrugado de D=13/gp5 y conductor rígido de 1,5 mm2 de Cu., y aislamiento VV 750 V., en sistema monofásico (fase y neutro), incluyendo caja de registro, caja de mecanismo universal con tornillos, base de enchufe normal 10 A.(II), totalmente instalada. Según REBT.

Suma la partida.....		18,64
Costes indirectos.....	5,00%	0,93

**TOTAL PARTIDA ..... 19,57**

**E12ETE010 m. RED TOMA DE TIERRA ESTRUCTURA 35 mm2.**

Red de toma de tierra de estructura, realizada con cable de cobre desnudo de 35 mm2, uniéndolo mediante soldadura aluminotérmica a la armadura de cada zapata, incluyendo parte proporcional de pica, registro de comprobación y puente de prueba. Según REBT.

Suma la partida.....		11,04
Costes indirectos.....	5,00%	0,55

**TOTAL PARTIDA ..... 11,59**

**E12FCIA010 m. CONTADOR 1 1/4" EN ARMARIO 32mm**

Contador de agua de 1 1/4", colocado en armario de acometida, conexionado al ramal de acometida y a la red de distribución interior, incluso instalación de dos llaves de corte de esfera de 32 mm, grifo de purga, válvula de retención y demás material auxiliar, totalmente montado y funcionando, incluso timbrado del contador por el Ministerio de Industria, sin incluir la acometida, ni la red interior. Según DB-HS 4.

Suma la partida.....		625,89
Costes indirectos.....	5,00%	31,29

**TOTAL PARTIDA ..... 657,18**

7.- PINTURAS Y PROTECCIONES

**E15IPA010 m2 PINTURA PLÁSTICA LISO MATE**

Pintura plástica lisa mate en blanco, sobre paramentos horizontales y verticales, lavable dos manos, incluso mano de imprimación de fondo, plastecido y mano de acabado.

Suma la partida.....		7,79
Costes indirectos.....	5,00%	0,39

**TOTAL PARTIDA ..... 8,18**

**E06PP040 m2 PROTECCIÓN CUADRADA PILAR**

Protección rígida cuadrada para pilar, formada por dos piezas rígidas en forma de L unidas mediante velcro de 10cm de espesor.

Suma la partida.....		180,25
Costes indirectos.....	5,00%	9,01

**TOTAL PARTIDA ..... 189,26**

8.- INSTALACIONES AUXILIARES

**S01A010 m. ACOMETIDA ELÉCTRICA CASETA 4x4 mm2.**

Acometida provisional de electricidad a caseta de obra, desde el cuadro general formada por manguera flexible de 4x4 mm2 de tensión nominal 750 V, incorporando conductor de tierra color verde y amarillo, fijada sobre apoyos intermedios cada 2,50 m totalmente instalada.

Suma la partida..... 5,76  
Costes indirectos..... 5,00% 0,29

**TOTAL PARTIDA ..... 6,05**

**S01A030 m LÍNEA ELÉCTRICA DE ENLACE**

Línea de enlace desde C.T. a C.G.B.T. formada por conductores de cobre 3(1x120)+1x70 mm2 con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, canalizados bajo tubo de material termoplástico de diámetro D=110 mm. en montaje enterrado, en zanja de dimensiones mínimas 45 cm de ancho y 70 cm.

Suma la partida..... 325,0  
Costes indirectos..... 5,00% 16,25

**TOTAL PARTIDA ..... 341,25**

**S01C080 ms ALQUILER CASETA ASEO 14,10 m2.**

Mes de alquiler (min 12 meses) de caseta prefabricada para aseos en obra de 6,00x2,30x2,30 m Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido. Ventana de 0,84x0,80 m de aluminio anodizado, corredera, con reja y luna de 6 mm, termo eléctrico de 50 l, dos placas turcas, cuatro placas de ducha y pileta de tres grifos, todo de fibra de vidrio con terminación de gelcoat blanco y pintura antideslizante, suelo contrachapado hidrófugo con capa fenolítica antideslizante y resistente al desgaste, puerta madera en turca, cortina en ducha. Tubería de polibutieno aislante y resistente a incrustaciones, hielo y corrosiones, instalación eléctrica monofásica 220 V con automático. Con transporte a 50 km (ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.

Suma la partida..... 325,59  
Costes indirectos..... 5,00% 16,28

**TOTAL PARTIDA ..... 341,87**

**S01C180 ms ALQUILER CASETA OFICINA Y ASEO 14,60 m2**

Mes de alquiler (min 12 meses) de caseta prefabricada para un despacho de oficina y un aseo con inodoro y lavabo de 6,00x2,44x2,30 m de 14,60 m2. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido autoextinguible, interior con tablero melaminado en color. Cubierta en arco de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; fibra de vidrio de 60 mm, interior con tablex lacado. Suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm, y poliestireno de 50 mm con apoyo en base de chapa galvanizada de sección trapezoidal. Puerta de 0,8x2 m, de chapa galvanizada de 1 mm, reforzada y con poliestireno de 20 mm, picaporte y cerradura. Ventana aluminio anodizado corredera, contraventana de acero galvanizado. Instalación eléctrica 220 V, toma de tierra, automático, 2 fluorescentes de 40 W, enchufes para 1500 W y punto luz exterior de 60 W. Con transporte a 50 km (ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.

Suma la partida..... 337,61  
Costes indirectos..... 5,00% 16,88

**TOTAL PARTIDA ..... 354,49**

9.- SEGURIDAD Y SALUD

**S03PFAE010 ud PULSADOR DE ALARMA CON CRISTAL**

Pulsador de alarma. Medida la unidad instalada. Suma la  
partida..... 44,99  
Costes indirectos..... 5,00% 2,25

**TOTAL PARTIDA ..... 47,24**

**S03PFEA010 ud EXTINTOR POLVO ABC 3 kg,PR.INC**

Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 21A/113B, de 3 kg de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor. Medida la unidad instalada. Según Norma UNE de aplicación, y certificado AENOR.

Suma la partida..... 47,77  
Costes indirectos..... 5,00% 2,39

**TOTAL PARTIDA ..... 50,16**

**S03PFJ010 ud SEÑAL POLIESTIRENO EXTINTOR**

Señalización en poliestireno indicador vertical de situación extintor, de dimensiones 297x420 mm. Medida la unidad instalada.

Suma la partida..... 10,17  
Costes indirectos..... 5,00% 0,51

**TOTAL PARTIDA ..... 10,68**

**S03PFJ020 ud SEÑAL POLIESTIRENO DE 210/297 mm**

Señalización de equipos contra incendios, señales de riesgo diverso, advertencia de peligro, prohibición, uso obligatorio, evacuación y salvamento, en poliestireno de 1 mm, de dimensiones 210x297 mm. Medida la unidad instalada.

Suma la partida..... 10,52  
Costes indirectos..... 5,00% 0,53

**TOTAL PARTIDA ..... 11,05**

**S03M110 ud BOTIQUÍN DE URGENCIA**

Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado.

Suma la partida..... 97,94  
Costes indirectos..... 5,00% 4,90

**TOTAL PARTIDA ..... 102,84**

**S03S010 ud SEÑAL TRIANGULAR Y SOPORTE**

Señal de seguridad triangular de L=70 cm, normalizada, con trípode tubular, amortizable en cinco usos, y colocación y desmontaje s/ R.D. 485/97.

Suma la partida..... 22,48  
Costes indirectos..... 5,00% 1,12

TOTAL PARTIDA ..... 23,60

**S03S010 ud SEÑAL CIRCULAR Y SOPORTE**

Señal de seguridad circular de D=60 cm, normalizada, con soporte metálico de acero galvanizado de 80x40x2 mm y 2 m de altura, amortizable en cinco usos, y p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-10/B/40, colocación y desmontaje s/ R.D. 485/97.

Suma la partida..... 26,00  
Costes indirectos..... 5,00% 1,30

TOTAL PARTIDA ..... 27,30

**S03S040 ud SEÑAL STOP Y SOPORTE**

Señal de stop, tipo octogonal de D=60 cm, normalizada, con soporte de acero galvanizado de 80x40x2 mm y 2 m de altura, amortizable en cinco usos, y p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-10/B/40, colocación y desmontaje s/ R.D. 485/97.

Suma la partida..... 26,00  
Costes indirectos..... 5,00% 1,30

TOTAL PARTIDA ..... 27,30

**S03S080 ud PLACA SEÑALIZACIÓN RIESGO**

Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje s/ R.D. 485/97.

Suma la partida..... 4,00  
Costes indirectos..... 5,00% 0,20

TOTAL PARTIDA ..... 4,20

**S03CB100 m. BARANDILLA ANDAMIOS CON TUBOS**

Barandilla de protección de perímetros de andamios tubulares, compuesta por pasamanos y travesaño intermedio formado por tubo 50 mm (amortizable en 20 usos), pintado en amarillo y negro, y rodapié de madera de pino de 15x5 cm (amortizable en 3 usos), incluso colocación y desmontaje s/ R.D. 486/97.

Suma la partida..... 5,14  
Costes indirectos..... 5,00% 0,26

TOTAL PARTIDA ..... 5,40

**S03CB120 m. BARAND.PROTECCIÓN LATERAL ZANJAS**

Barandilla protección lateral de zanjás, formada por tres tabloncillos de madera de pino de 20x5 cm y estaquillas de madera de D=8 c. hincadas en el terreno cada 1,00 m (amortizable en 3 usos), incluso colocación y desmontaje s/ R.D. 486/97.

Suma la partida..... 7,11  
Costes indirectos..... 5,00% 0,36

TOTAL PARTIDA ..... 7,47

**S03CB160 m. ALQUILER VALLA ENREJADOS GALVAN.**

Alquiler m./mes de valla realizada con paneles prefabricados de 3.50x2,00 m de altura, enrejados de 80x150 mm y D=8 mm de espesor, soldado a tubos de D=40 mm y 1,50 mm de espesor, todo ello galvanizado en caliente, sobre soporte de hormigón prefabricado separados cada 3,50 m, incluso accesorios de fijación, p.p. de portón, considerando un tiempo mínimo de 12 meses de alquiler, incluso montaje y desmontaje s/ R.D. 486/97.

Suma la partida..... 2,91  
Costes indirectos..... 5,00% 0,15

TOTAL PARTIDA ..... 3,06

**S03CE050 ud CUADRO GENERAL OBRA Pmáx= 15 kW.**

Cuadro general de mandos y protección de obra para una potencia máxima de 15 kW compuesto por armario metálico con revestimiento de poliéster, de 80x60 cm, índice de protección IP 559, con cerradura, interruptor automático magnetotérmico de 4x40 A, interruptor automático diferencial de 4x40 A 300 mA, un interruptor automático magnetotérmico de 4x30 A, y 5 interruptores automáticos magnetotérmicos de 2x25 A, incluyendo cableado, rótulos de identificación de circuitos, bornas de salida y p.p. de conexión a tierra, para una resistencia no superior de 80 Ohmios, totalmente instalado, (amortizable en 4 obras) s/ R.D. 486/97.

Suma la partida..... 181,49  
Costes indirectos..... 5,00% 9,07

TOTAL PARTIDA ..... 190,56

**S03CF010 ud EXTINTOR POLVO ABC 6 kg. PR.INC.**

Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 kg de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor. Medida la unidad instalada s/ R.D. 486/97.

Suma la partida..... 56,85  
Costes indirectos..... 5,00% 2,84

TOTAL PARTIDA ..... 59,69

**S03CH040 ud PROTECCIÓN HUECO 3x3m. C/MALLAZO**

Cubrición de hueco horizontal de 3,00x3,00 m con mallazo electrosoldado de 15x15 cm. D=4 mm, fijado con conectores al zuncho del hueco y pasante sobre las tabicas y empotrado un metro en la capa de compresión por cada lado, incluso cinta de señalización a 0,90 m de altura fijada con pies derechos (amortizable en un solo uso) s/R.D. 486/97.

Suma la partida..... 32,44  
Costes indirectos..... 5,00% 1,62

TOTAL PARTIDA ..... 34,06

**S03CM110 m. PASARELA MONTAJE CUBIERTAS**

Pasarela de trabajo para montaje de cubiertas inclinadas formada por 4 tablas de madera de pino de 15x5 cm cosidas por clavazón y escalones transversales de 5x5 cm (amortizable en 3 usos) incluso colocación s/ R.D. 486/97.

Suma la partida..... 5,87  
Costes indirectos..... 5,00% 0,29

TOTAL PARTIDA ..... 6,16

**S03CM130 m. PASARELA METÁLICA SOBRE ZANJAS**

Pasarela de protección de zanjás, pozos o hueco, en superficies horizontales con chapa de acero de 12 mm, incluso colocación y desmontaje (amortizables en 10 usos) s/ R.D. 486/97.

Suma la partida..... 5,72  
Costes indirectos..... 5,00% 0,29

TOTAL PARTIDA ..... 6,01

**S03CR060 m. PROTECCIÓN ANDAMIO C/MALLA**

Protección vertical de andamiada con malla tupida de tejido plástico, amortizable en dos usos, y p.p. de cuerdas de sujeción, colocación y desmontaje s/ R.D. 486/97.

Suma la partida..... 2,73  
Costes indirectos..... 5,00% 0,14

TOTAL PARTIDA ..... 2,87

**S03IA010 ud CASCO DE SEGURIDAD**

Casco de seguridad con arnés de adaptación, homologado. Certificado CE s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 2,41  
Costes indirectos..... 5,00% 0,12

TOTAL PARTIDA ..... 2,53

**S03IA050 ud PANTALLA CASCO SEGURIDAD SOLDAR**

Pantalla de seguridad para soldador, con fijación en cabeza, (amortizable en 5 usos). Certificado CE s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 2,40  
Costes indirectos..... 5,00% 0,12

TOTAL PARTIDA ..... 2,53

**S03IA070 ud GAFAS CONTRA IMPACTOS**

Gafas protectoras contra impactos, incoloras, homologadas, (amortizables en 3 usos) Certificado CE s/ R.D.773/97.

Suma la partida..... 0,80  
Costes indirectos..... 5,00% 0,04

TOTAL PARTIDA ..... 0,84

**S03IA090 ud GAFAS ANTIPOLVO**

Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 0,50  
Costes indirectos..... 5,00% 0,03

TOTAL PARTIDA ..... 0,53

**S03IA110 ud FILTRO RECAMBIO MASCARILLA**

Filtro recambio de mascarilla para polvo y humos, homologado. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 2,16  
Costes indirectos..... 5,00% 0,11

TOTAL PARTIDA ..... 2,27

**S03IA120 ud CASCOS PROTECTORES AUDITIVOS**

Protectores auditivos con arnés a la nuca, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 2,40  
Costes indirectos..... 5,00% 0,12

TOTAL PARTIDA ..... 2,52

**S03IC010 ud CINTURÓN DE SEGURIDAD**

Cinturón de seguridad de sujeción, homologado, (amortizable en 4 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 5,41  
Costes indirectos..... 5,00% 0,27

TOTAL PARTIDA ..... 5,68

**S03IC090 ud MONO DE TRABAJO**

Mono de trabajo de una pieza de poliéster-algodón. Amortizable en un uso. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 13,22  
Costes indirectos..... 5,00% 0,66

TOTAL PARTIDA ..... 13,88

**S03IC130 ud MANDIL CUERO SOLDADOR**

Mandil de cuero para soldador, (amortizable en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 5,17  
Costes indirectos..... 5,00% 0,26

TOTAL PARTIDA ..... 5,43

**S03IEA040 ud ARNÉS AMARRE DORSAL REG. HOMBROS**

Arnés profesional de seguridad amarre dorsal con anilla, regulación en piernas y hombros, fabricado con cinta de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, amortizable en 5 obras. Certificado CE Norma EN 361 s/R.D. 773/97 y R.D. 1407/92.

Suma la partida..... 8,95  
Costes indirectos..... 5,00% 0,45

TOTAL PARTIDA ..... 9,40

**S03IM010 ud PAR GUANTES DE GOMA LÁTEX-ANTIC.**

Par de guantes de goma látex-anticorte. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 2,16  
Costes indirectos..... 5,00% 0,11

TOTAL PARTIDA ..... 2,27

**S03IM040 ud PAR GUANTES DE USO GENERAL**

Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 1,20  
Costes indirectos..... 5,00% 0,06

TOTAL PARTIDA ..... 1,26

**S03IM060 ud PAR GUANTES PARA SOLDADOR**

Par de guantes para soldador, (amortizables en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 2,32  
Costes indirectos..... 5,00% 0,12

TOTAL PARTIDA ..... 2,44

**S03IP030 ud PAR DE BOTAS C/PUNTERA METAL.**

Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, (amortizables en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.

Suma la partida..... 7,20  
Costes indirectos..... 5,00% 0,36

TOTAL PARTIDA ..... 7,56

**S03W050 ud COSTO MENSUAL FORMAC.SEG.Y SAL.**

Costo mensual de formación de seguridad y salud en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.

Suma la partida..... 49,77  
Costes indirectos..... 5,00% 2,49

TOTAL PARTIDA ..... 52,26

**S03W060 ud VIGILANCIA DE LA SALUD**

Vigilancia de la salud obligatoria anual por trabajador que incluye: Planificación de la vigilancia de la salud; análisis de los accidentes de trabajo; análisis de las enfermedades profesionales; análisis de las enfermedades comunes; análisis de los resultados de la vigilancia de la salud; análisis de los riesgos que puedan afectar a trabajadores sensibles (embarazadas, postparto, discapacitados, menores, etc. (Art. 37.3 g del Reglamento de los Servicios de Prevención); formación de los trabajadores en primeros auxilios; asesoramiento al empresario acerca de la vigilancia de la salud; elaboración de informes, recomendaciones, medidas sanitarias preventivas, estudios estadísticos, epidemiológicos, memoria anual del estado de salud (Art. 23 d y de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales); colaboración con el sistema nacional de salud en materias como campañas preventivas, estudios epidemiológicos y reporte de la documentación requerida por dichos organismos (Art. 38 del Reglamento de los Servicios de Prevención y Art. 21 de la ley 14/86 General de Sanidad); sin incluir el reconocimiento médico que realizará la mutua con cargo a cuota de la Seguridad Social.

Suma la partida..... 58,94  
Costes indirectos..... 5,00% 2,95

TOTAL PARTIDA ..... 61,89

### 3.- Presupuesto final

Como resultado a la valoración final del presupuesto se concluye con la suma de los diferentes cuadros de precios.

	PRECIO
MANO DE OBRA	38.521,91
MATERIALES	72.278,22
MAQUINARIA	15.266,25
PRECIOS AUXILIARES	623,35
<b>TOTAL =</b>	<b>126.689,73</b>

El precio total para la construcción de la cubierta, será de CIENTO VEINTISÉIS MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Cabe añadir que la estructura tiene un peso total de 13.478,07 Kg.

## BIBLIOGRAFÍA

- Montalvá, J. M. (2014) *Proyecto estructural de edificio industrial. Diseño y cálculo de estructura metálica*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Código Técnico de la Edificación (2009). *Documento Básico Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación*. Madrid: Ministerio de Fomento
- Arnedo, A. (2009). *Naves industriales con acero*. Cataluña: Publicaciones APTA.
- Reyes, A.M. (2008). *Cálculo de estructuras metálicas con Nuevo Metal 3D*. Madrid: Anaya Multimedia.
- Comisión Permanente del Hormigón. (2008). *EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Comité Europeo de Normalización. (2011). *UNE-EN 1998-1 Eurocódigo 1. Acciones*. Madrid: AENOR.
- Comité Europeo de Normalización. (2011). *UNE-EN 1998-1 Eurocódigo 3. Acero*. Madrid: AENOR.
- Empresa Nacional Siderúrgica, S.A. (1977-1982). *Prontuario ENSIDESA. Manual para el cálculo de estructuras metálicas*. Madrid: ENSIDESA.
- Picazo, A. (2007). *Medios de unión de estructuras metálicas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Instituto Tecnológico de la Estructura en Acero. (1999). *Diseño de uniones*. Tomo 13. San Sebastián: ITEA.
- Monfort, J. (2006). *Problemas de estructuras metálicas adaptados al Código Técnico*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. AITIM. Segunda edición, (2000). *Estructuras de madera. Diseño y cálculo*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Izquierdo y Bernaldo de Quirós, J.M. (2004). *Estructuras de Madera*. Madrid. Editorial Intemac.
- Reyes, A.M. (2010). *Cálculo de estructuras metálicas con Nuevo Metal 3D*. Madrid: Anaya Multimedia.
- Arroyo Portero, J. C. (2009). *Números gordos en el proyecto de estructuras*. Madrid: Cinter.
- Capuz Lladró, Rafael. (2005). *Materiales orgánicos. Maderas*. Valencia: Editorial UPV.







2-2.- Villanueva de los Escuderos

#### Anejo nº 2: Cálculo de las alternativas propuestas

Se adjuntan los cálculos de las 3 alternativas propuestas en el CD adjunto situado en la contraportada del trabajo.

#### Anejo nº 3: Cálculo de la solución adoptada

Se adjuntan los cálculos de la solución adoptada en el CD adjunto situado en la contraportada del trabajo.

#### Anejo nº 4: Listado resumen de comprobaciones

Se adjuntan los cálculos de la solución adoptada en el CD adjunto situado en la contraportada del trabajo.

#### Anejo nº 5: Lista, características y mediciones de los elementos

Se adjuntan los cálculos de la solución adoptada en el CD adjunto situado en la contraportada del trabajo.



## PLANOS