



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
CAMINOS CANALES Y PUERTOS

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

Trabajo final de grado

Año 2016/2017

Diseño y análisis de la estructura de una nave industrial con puente-grúa, sin uso específico, en Yecla (Murcia).

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA.

Autor:

Sergio Muñoz Palao

Tutor:

Vicente José López Desfilis

Fdo: 4/9/2017

ÍNDICE GENERAL. DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1. Objetivo y alcance
 - 1.2. Información de partida
 - 1.3. Normativas y referencias
2. CONSIDERACIONES PREVIAS
 - 2.1. Descripción de la parcela
 - 2.1.1. Situación geográfica
 - 2.1.2. Topografía de la superficie y lindes
 - 2.1.3. Cumplimiento de las ordenanzas municipales
 - 2.2. Contexto de los trabajos
 - 2.3. Análisis de soluciones
 - 2.3.1. Mecanismos estructurales principales
 - 2.4. Criterios de diseño
 - 2.5. Optimización geométrica
 - 2.5.1. Definición geométrica
 - 2.5.1.1. Estimación pórticos
 - 2.5.1.2. Estimación correas
 - 2.5.1.3. Estimación vigas carrileras
 - 2.5.2. Solución óptima final
3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA
 - 3.1. Movimiento de tierras
 - 3.2. Cimentaciones
 - 3.3. Pórticos
 - 3.3.1. Pórticos cercha principales
 - 3.3.2. Pórticos hastiales
 - 3.4. Vigas transversales
 - 3.5. Correas
 - 3.6. Puente grúa
 - 3.6.1. Vigas carrileras
 - 3.6.2. Arriostramiento de frenado
 - 3.7. Cubierta y cerramiento
 - 3.8. Pavimento

Índice de documentos que acompañan a la memoria.

ÍNDICE DOCUMENTO Nº 2. CÁLCULOS ESTRUCTURALES.

1. INTRODUCCIÓN
2. Acciones actuantes
 - 2.1. Acciones permanentes
 - 2.2. Acciones variables
 - 2.3. Acciones accidentales
3. Combinación de acciones
4. DIMENSIONAMIENTO BARRAS
 - 4.1. Pórticos cercha principales
 - 4.1.1. Cordón superior
 - 4.1.2. Cordón inferior
 - 4.1.3. Montantes
 - 4.1.4. Diagonales
 - 4.1.5. Pilares compuestos
 - 4.2. Pórtico hastial
 - 4.2.1. Pórtico rígido
 - 4.2.2. Pilares
 - 4.3. Viga transversal
 - 4.3.1. Cordón superior
 - 4.3.2. Cordón inferior
 - 4.3.3. Montantes
 - 4.3.4. Diagonales
 - 4.4. Correas
 - 4.4.1. Correas
 - 4.4.2. Arriostramientos
 - 4.5. Grúa-puente
 - 4.5.1. Vigas carrileras
 - 4.5.2. Pórticos de frenado
5. Comprobación ELS
 - 5.1. Flechas
 - 5.2. Desplomes
6. DIMENSIONAMIENTO UNIONES
 - 6.1. Pórticos cercha principales
 - 6.1.1. Unión cercha-pilar compuesto
 - 6.1.2. Unión Cordón-diagonales y montantes
 - 6.1.3. Montaje
 - 6.2. Pórtico hastial
 - 6.2.1. Unión pórtico-pilar hastial extremo
 - 6.2.2. Unión pórtico-pilar hastial interno
 - 6.2.3. Montaje
 - 6.3. Viga transversal
 - 6.3.1. Unión viga transversal-pórtico
 - 6.3.2. Unión cordón-diagonales y montantes
 - 6.4. Correas
 - 6.4.1. Unión Correas-pórtico
 - 6.4.2. Juntas dilatación
 - 6.4.3. Unión arriostramiento hastial-correas
 - 6.5. Puente-grúa
 - 6.5.1. Unión viga carrilera-pórtico

- 6.5.2. Unión pórtico frenado-pórtico
 - 6.5.3. Juntas dilatación
7. ARMADO ZAPATAS
 - 7.1. Zapatas pórticos cercha principales
 - 7.1.1. Armado zapata
 - 7.1.2. Armado pilastre
 - 7.1.3. Unión pilar compuesto-pilastre
 - 7.2. Zapatas pórtico hastial
 - 7.2.1. Armado zapata
 - 7.2.2. Armado pilastre
 - 7.2.3. Unión pilar-pilastre
8. ARMADO VIGAS DE ATADO
 - 8.1. Armado vigas de atado

ANEJO Nº 1. Cálculos geotécnicos

1. Introducción.
2. Investigación realizada
 - 2.1. Sondeos mecánicos
 - 2.2. Ensayos de penetración dinámica
 - 2.3. Ensayos de laboratorio
 - 2.3.1. Análisis granulométricos
 - 2.3.2. Límites de Atterberg
 - 2.3.3. Análisis químicos
3. Características generales
 - 3.1. Geología
 - 3.2. Geotecnia
 - 3.3. Geomorfología
 - 3.4. Hidrología e hidrogeología
 - 3.5. Sismicidad
4. Características del terreno
5. Cálculos y comprobaciones
 - 5.1. Cimentación pórticos principales
 - 5.2. Cimentación pórticos hastiales
 - 5.3. Atado entre zapatas
6. Conclusiones

ÍNDICE DOCUMENTO Nº 3. PLANOS.

1. PLANTA GENERAL – SITUACIÓN
2. PLANTA GENERAL – CIMENTACIONES
3. PLANTA GENERAL – ESTRUCTURA
4. ALZADO ESTRUCTURA
5. SECCIÓN PÓRTICO PRINCIPAL
6. MONTAJE CELOSÍA PÓRTICO PRINCIPAL
7. SECCIÓN PÓRTICO HASTIAL
8. MONTAJE PÓRTICO HASTIAL
9. MONTAJE VIGA TRANSVERSAL
10. DETALLES CONSTRUCTIVOS UNIONES (1)
11. DETALLES CONSTRUCTIVOS UNIONES (2)
12. CIMENTACIONES

ÍNDICE DOCUMENTO Nº 4. PLAN DE OBRA.

1. Consideraciones generales
2. Análisis de los rendimientos de las unidades de obra
 - 2.1. Movimiento de tierras
 - 2.1.1. Desbroce y limpieza del terreno
 - 2.1.2. Excavación hasta cota de cimentación
 - 2.1.3. Excavación en zanja para la fabricación de las cimentaciones
 - 2.2. Cimentaciones
 - 2.2.1. Vertido hormigón de limpieza
 - 2.2.2. Zapatas aisladas
 - 2.2.3. Vigas de atado
 - 2.2.4. Pilastres pórticos hastiales
 - 2.2.5. Pilastres pórticos principales
 - 2.3. Estructura
 - 2.3.1. Pilares compuestos pórticos principales
 - 2.3.2. Pilares pórticos hastiales
 - 2.3.3. Vigas en celosía pórticos principales
 - 2.3.4. Vigas pórticos hastiales
 - 2.3.5. Vigas en celosía transversales
 - 2.3.6. Correas
 - 2.3.7. Vigas carrileras
 - 2.3.8. Arriostramiento de frenado
 - 2.3.9. Arriostramiento hastial
 - 2.4. Acabados
 - 2.4.1. Subcapa de zahorra para pavimento industrial
 - 2.4.2. Pavimento industrial
 - 2.4.3. Cubierta de paneles sándwich
 - 2.4.4. Cerramiento de paneles prefabricados de hormigón aligerado
3. Diagrama de Gantt

ÍNDICE DOCUMENTO Nº 5.

1. Introducción
2. Descripción unidades de obra
 - 2.1. Movimiento de tierras
 - 2.1.1. Desbroce y limpieza del terreno
 - 2.1.2. Excavación hasta cota de cimentación
 - 2.1.3. Excavación en zanja para la fabricación de las cimentaciones
 - 2.2. Cimentaciones
 - 2.2.1. Vertido hormigón de limpieza
 - 2.2.2. Zapatas aisladas
 - 2.2.3. Vigas de atado
 - 2.2.4. Pilastres pórticos hastiales
 - 2.2.5. Pilastres pórticos principales
 - 2.3. Estructura
 - 2.3.1. Pilares compuestos pórticos principales
 - 2.3.2. Pilares pórticos hastiales
 - 2.3.3. Vigas en celosía pórticos principales
 - 2.3.4. Vigas pórticos hastiales
 - 2.3.5. Vigas en celosía transversales
 - 2.3.6. Correas
 - 2.3.7. Vigas carrileras
 - 2.3.8. Arriostramiento de frenado
 - 2.3.9. Arriostramiento hastial
 - 2.4. Acabados
 - 2.4.1. Subcapa de zahorra para pavimento industrial
 - 2.4.2. Pavimento industrial
 - 2.4.3. Cubierta de paneles sándwich
 - 2.4.4. Cerramiento de paneles prefabricados de hormigón aligerado
3. Relación valorada de las unidades de obra
 - 3.1. Movimiento de tierras
 - 3.2. Cimentaciones
 - 3.3. Estructura
 - 3.4. Acabados

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo y alcance

El objetivo del presente trabajo final de grado es la de diseñar y calcular una nave industrial, sin un uso específico, con grúa puente, incluyendo los trabajos geotécnicos, planificación de los propios trabajos a realizar y su relación valorada.

La nave industrial se encuentra en una parcela situada en el km 2,4 de la carretera de Villena-Yecla, RM-425. Dentro del polígono industrial La Herrada en el término municipal de Yecla (Murcia).

En esta parcela se tiene previsto construir una nave industrial de una planta y que ocupará una superficie de 3850 m² (55x70 m).

La idea de este trabajo final de grado surge como iniciativa de poder proponer un diseño de una nave industrial con grúa-puente. Por tanto, no se consideran dentro de los trabajos a realizar: el saneamiento, las distintas instalaciones eléctricas, las distintas obras lineales de acceso a la parcela y adecuación del entorno. Única y exclusivamente se centra este trabajo final de grado en los aspectos estructurales y la planificación de las obras.

A lo largo de este documento se irán pasando por todos los puntos calientes para llegar a una solución final, se irán describiendo los puntos relevantes que no son analizados en otros documentos que se tratarán expresamente de esos otros factores que aquí no serán definidos de manera completa o viceversa.

1.2. Información de partida

Para la realización de los trabajos de diseño debe ser necesario el apoyo de un estudio geotécnico en donde poder situar y contextualizar la obra.

Gracias a la ayuda de la empresa LYM.S.A., que amablemente se mostró dispuesta a ayudar en todo momento, facilitó un estudio geotécnico de un proyecto que se le fue encargado a realizar a lo largo del año 2016 para la empresa FRANCÉS BAÑÓN S.L.

El estudio geotécnico esta hecho por GEOMA LEVANTE S.L., en que a partir de la extracción de la información fundamental ha podido realizarse un anejo geotécnico de garantías.

1.3. Normativas y referencias

La demás información que se ha ido utilizado para justificar los distintos cálculos ha sido extraída de las normativas relacionadas como son:

- Código Técnico de Edificación, CTE
- Instrucción de Acero Estructural, EAE
- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE
- Norma española de Caminos de Rodadura de Puentes Grúa, UNE 76-210-88
- Guía de Cimentaciones de Carretera.
- Norma de Construcción Sismorresistente. Parte general y edificación, NCSE-02.

Además de material no normativo también usado a modo consulta.

- Información general de diseño de puentes grúa, de la casa ABUS.
- Diseño de edificios de acero de una sola planta, de la casa Arcelor-Mittal.
- Cálculo de estructuras de cimentación, J. Calavera.

Se ha utilizado el siguiente software de apoyo para desarrollar los cálculos pertinentes

- AUTOCAD
- SAP2000
- EXCEL
- WORD

2. CONSIDERACIONES PREVIAS

2.1. Descripción de la parcela

2.1.1. Situación geográfica

La nave se encuentra en una parcela situada en el km 2,4 de la carretera de Villena-Yecla, RM-425. Dentro del polígono industrial la herrada, en Yecla (Murcia). La parcela a construir es de unos 14000 m², mientras la nave a calcular es de 55x70 m (3850 m²).

Se indica la orientación y la ubicación exacta de las obras dentro de la parcela en cuestión.



Figura nº 1. Plano general de situación.

La zapata A1 (que se indicará en los siguientes apartados de este documento, podrá identificarse en el Documento Nº 3. Planos), que corresponde a la más noreste, NE, de la nave tiene coordenadas GD (38.617798,-1.059190). La fachada está -6º inclinada sentido NW.

2.1.2. Topografía de la superficie y lindes

De la información extraída del encargo de la empresa LYM.S.A. a la empresa GEOMALEVANTE.S.L. se destaca la siguiente información acerca de la ubicación de la obras y de la parcela en cuestión.

La parcela presenta una topografía sensiblemente llana, con un desnivel máximo de unos 2,0 m. Las zonas de mayor cota se encuentran junto a la carretera de Villena, donde se encontrará la fachada principal de la nave. Hacia la zona central de la parcela se disponen acopios y rellenos antrópicos diversos visibles en la superficie de la misma.



Figura nº 2. Estado inicial de la parcela.

La construcción proyectada corresponde conforme al CTE a un edificio tipo C-1 (construcciones de menos de 4 plantas y superficie construída igual o superior a 300 m²). Los materiales del subsuelo pueden clasificarse como pertenecientes al grupo de terreno T-1 (Terrenos favorables).

2.1.3. Cumplimiento de las ordenanzas municipales

Ya que la nave está ubicada dentro del término municipal de Yecla, deben considerarse los criterios establecidos en las ordenanzas municipales de ordenación urbanística. De las ordenanzas municipales se extrae la siguiente información:

Al ser una obra de uso industrial, se encuentra en régimen urbanístico área B

- a) Edificabilidad máxima bruta: 0,5 m²/m
- b) Uso dominante: Industrial
- c) Usos compatibles: Los complementarios de los desarrollos industrial y los públicos
- d) Usos incompatibles: El residencial y cualquier otro que no sea industrial.

En el polígono industrial de La Herrada, donde se construirá la nave está dentro de las ordenanzas municipales clasificada como Zona 5. A estas edificaciones se les exige cumplir parámetros en relación a la parcelación y ocupación:

- a) Edificación abierta retranqueada.
- b) Uso dominante industrial
- c) Altura máxima: PB+1 (G-1) y/o 10 m en caso de naves industriales.
- d) Retranqueo mínimo a fachada de 5 m y colindantes a m.
- e) Edificabilidad máxima neta: 0,75 m²/m.

Comprobando que cumplimos las medidas exigidas por las ordenanzas municipales:

		Mínimo	Real
Retranqueos	Fachada	5 m	37,5 m
	Colindantes	4 m	9 m
Edificabilidad	Bruta	0,5 m ² /m	0,275 m ² /m
	Neta	0,75 m ² /m	

Tabla nº 1. Exigencias de las ordenanzas municipales.

2.2. Contexto de los trabajos

En este trabajo final de grado se debe tratar e identificar los factores críticos y fundamentales a la hora de identificar tipologías disponibles, posibles usos y selección de materiales.

Es por ello que a lo largo de este trabajo se irán identificando y desarrollando hasta llegar a la solución final y justificada de todos los pasos intermedios y procedimientos de cálculo seleccionados.

2.3. Análisis de soluciones

A la hora de realizar el dimensionamiento de la estructura, primeramente ha sido necesario justificar la geometría de la estructura y los sistemas estructurales secundarios que la estructura principal portante requiere para un comportamiento, frente a las acciones, óptimo. Se incluirán análisis tanto de materiales, de tipologías estructurales y sistemas secundarios estructurales.

-Las dimensiones de la nave se adaptarán a las de la parcela en la que la empresa LYM.S.A. realizó en el año 2016 para la empresa FRANCÉS BAÑÓN S.L., o sea, una parcela de aproximadamente 4000 m².

Sabiendo que nuestra obra es una nave industrial, una de las características que las diferencian de otras es el uso de vigas de una luz elevada, que se repiten hasta conseguir las dimensiones de ancho y largo deseadas. Por tanto, debe también buscarse una solución de compromiso entre la separación entre pórticos y la luz de éstos.

2.3.1. Mecanismos estructurales principales.

El material principal que va a ser utilizado es el acero por los siguientes motivos:

-El acero permite reutilizarse o reciclarse. Además las estructuras metálicas son más ligeras frente a las de hormigón.

-Trabajo en taller, las piezas pueden fabricarse en mejores condiciones que dan resultado una mayor calidad y acabado.

En cuanto a los pórticos, se determina que las cerchas metálicas son idóneas por los siguientes factores:

-Pórtico rígido frente a celosía, para las luces que se utilizan ambas tipologías son válidas, pero la cercha o celosía tiene la ventaja de tener mayor rigidez. Puesto que se instalará a su vez una grúa puente, se prevé que reducir las flechas con una mayor rigidez sea algo conveniente.

En cuanto a los pilares, se determina a su vez que los pilares compuestos empresillados son idóneos porque:

-Pilares laminados frente a compuestos: la ventaja de los pilares compuestos es que puede adoptar una forma con mayor eficiencia al poder variar separaciones entre perfiles y su tamaño, ganando la estructura en eficiencia.

-Al usar pilares compuestos pueden utilizarse perfiles de menor tamaño, que presumiblemente son más abundantes en el mercado frente a perfiles laminados de gran tamaño

Los mecanismos de arriostamiento y rigidez seleccionados son los siguientes:

-Vigas transversales entre pilares de pórticos; el uso de esta tipología solidariza los pórticos entre sí frente a esfuerzos de viento y de frenado/acelerado de la grúa-puente.

-Triangulado en la cabeza de las correas, que al estar fijadas a las alas superiores de los cordones también ayudan a solidarizar las celosías entre sí.

Respecto al puente grúa, deben ser considerados elementos auxiliares.

-Pórticos de frenado, materializados en forma de riostras en cruz de san Andrés. Este arriostamiento se encarga de absorber la deformación generada por el frenado/acelerado de la grúa-puente.

2.4. Criterios de diseño

Antes de poder seguir con los trabajos de dimensionamiento se ha considerado de importancia identificar cuáles son los criterios de diseño con los que poder justificar los cálculos. Se identifican los que se encuentran relevantes:

-Dado a la instalación de un puente grúa, y la parcela a ocupar, quiere decir que se debe salvar una luz de 55 m. Esto es un hándicap, por ello se plantean pórticos de dos vanos en los que pueden instalar dos grúas puente en cada sección de nave.

-Puesto que se ha seleccionado el acero como material estructural dado por su principal ventaja, la ligereza frente al hormigón, se plantea pues, optimizar la estructura al menor peso posible. Una estructura ligera, dependiendo de los procedimientos de construcción, da lugar a una estructura económica.

Es por esto que para la posterior optimización geométrica se han considerado los mecanismos estructurales principales, trabajarlos de manera independiente para poder así analizar los puntos claves en los que pueda obtenerse una estructura lo más ligera posible, cualitativamente hablando.

Los análisis que van a realizarse a continuación no tienen más valor que conseguir una forma óptima de la estructura con la que poder empezar a su cálculo y dimensionamiento.

2.5. Optimización geométrica

Para comenzar, se ha discernido entre cuatro mecanismos principales que se encuentran en la estructura.

- Pórticos
- Correas
- Vigas carrileras
- Cimentaciones

Cada uno de estos elementos, combinados entre sí proporciona una cantidad de material, aproximada, que definen geoméricamente la estructura. Una vez obtenido una geometría inicial puede entonces procederse al dimensionamiento de las barras que componen la estructura final.

2.5.1. Definición geométrica

A continuación va a definirse la forma de los distintos elementos objeto de optimización:

- Luz de vano a salvar, $L = 27,5$ m
- Canto de la celosía, $h = L/20 = 27,5/20 = 1,375$ m
- Pdte. Celosía, 5 % = 2,86 °
- Separación de correas $\rightarrow l \leq 2$ m. (tolerancia de 15 cm en extremos)

$$L/2 = 27,5/2 = 13,75 \text{ m}$$

$$N^{\circ} \text{ correas} = ((13,75/\cos 2,86) - 0,3)/2 = 6,7336 \text{ correas} \approx 7 \text{ correas}$$

Se adopta una tipología tipo pratt ya que las barras más cortas trabajan a compresión, lo que propicia unas secciones más esbeltas al haber una menor longitud de pandeo. Se colocan tantos montantes como correas, para que, en la medida de lo posible cada correa apoye lo más próximo a cada montante y así incrementar la eficiencia de la estructura al reducir flexiones locales.

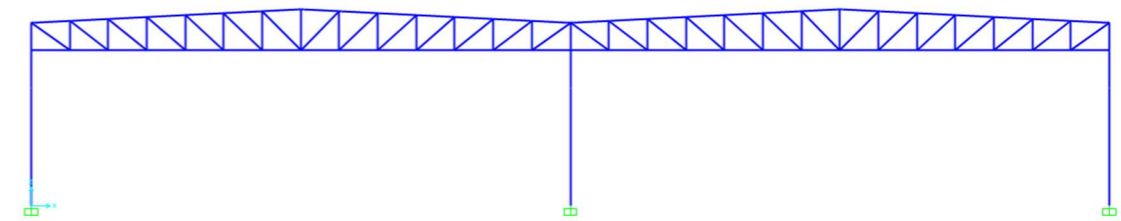


Figura nº 3. Disposición inicial pórtico en celosía.

Una vez sabida la forma de la celosía, se trata de suponer diversos números de pórticos que proporcionarán en su totalidad una cantidad de material en kilogramos. En la siguiente tabla se obtienen las cargas aproximadas que actúan en cada nudo del cordón superior de la cercha para predimensionar la cercha y obtener la cantidad de material que cada separación de pórticos requiere.

Nº vanos	Sep. Pórticos	Cm (kN/m)	Nieve (kN/m)	Uso (kN/m)	Viento (kN/m)		Comb 1 (kN/m)		Comb 2 (kN/m)		Comb 3 (kN/m)		Comb 4 (kN/m)	
					Succión	Presión	Succión	Presión	Succión	Presión	Succión	Presión	Succión	Presión
		1	0,6	1	0,665	-0,285	q _{1,s}	q _{1,p}	q _{2,s}	q _{2,p}	q _{3,s}	q _{3,p}	q _{4,s}	q _{4,p}
8	8,75	15,04	9,02	15,04	10,00	-4,29	51,86	39,00	42,84	29,98	51,10	29,66	42,07	20,64
9	7,78	13,37	8,02	13,37	8,89	-3,81	46,10	34,67	38,08	26,65	45,42	26,37	37,40	18,35
10	7,00	12,03	7,22	12,03	8,00	-3,43	41,49	31,20	34,27	23,98	40,88	23,73	33,66	16,51
11	6,36	10,94	6,56	10,94	7,27	-3,12	37,72	28,37	31,16	21,80	37,16	21,57	30,60	15,01
12	5,83	10,03	6,02	10,03	6,67	-2,86	34,57	26,00	28,56	19,99	34,06	19,78	28,05	13,76
13	5,38	9,25	5,55	9,25	6,15	-2,64	31,92	24,00	26,36	18,45	31,44	18,26	25,89	12,70
14	5,00	8,59	5,16	8,59	5,71	-2,45	29,64	22,29	24,48	17,13	29,20	16,95	24,04	11,79
15	4,67	8,02	4,81	8,02	5,33	-2,29	27,66	20,80	22,85	15,99	27,25	15,82	22,44	11,01

Tabla nº 2. Esfuerzos de predimensionamiento.

NOTA: Los esfuerzos están referidos en los nudos de la celosía, en kN.

Con las siguientes combinaciones de acciones supuestas:

Combinación de acciones		Coef simultaneidad, ψ	
Comb 1	Uso (Predom) + Viento	Uso	0,7
Comb 2	Nieve (Predom) + Viento	Nieve	0,5
Comb 3	Viento (Predom) + Uso	Viento	0,6
Comb 4	Viento (Predom) + nieve		

Tabla nº 3. Combinación de acciones en el predimensionamiento.

Los esfuerzos adoptados para obtener los esfuerzos son los siguientes

-Viento, s/ CTE-SE-A

$$q_{e, \text{presión}} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,5 \cdot 1,9 \cdot 0,7 = 0,665 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e, \text{succión}} = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,5 \cdot 1,9 \cdot (-0,3) = -0,285 \text{ kN/m}^2$$

-Nieve, s/ CTE-SE-A

$$q_n = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 0,6 = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

-Sobrecarga de uso, s/ CTE-SE-A

$$G1 \rightarrow q_{uso} = 1 \text{ kN/m}^2$$

La combinación más desfavorable resulta ser la COMB1, cm + uso (predom) + viento.

A continuación se analizan individualmente los distintos elementos seleccionados como principales. Se analiza el esfuerzo principal que opera en cada una de los mecanismos estructurales principales.

2.5.1.1. Estimación Pórticos

De cada separación entre pórticos se le asocian unas cargas, cuanto más separación, el reparto de cargas será mayor. Por tanto para cada separación de pórticos, en cada subelemento de la celosía se le asocia un perfil distinto.

Los esfuerzos que se encuentran en la tabla, son referidos en cada uno de los nudos de la celosía, a través del análisis del programa SAP2000, nos da como resultado los esfuerzos que desarrollan los pórticos.

-Cordón superior

CELOSÍA nº pórticos	Cordón superior				
	Sep. Pórticos	Esf N	Perfil HEB	Peso perfil (kg/m)	Peso Total (kg)
8	8,75	850	140	33,7	14828,0
9	7,78	760	120	26,7	13216,5
10	7,00	700	120	26,7	14685,0
11	6,36	640	120	26,7	16153,5
12	5,83	590	120	26,7	17622,0
13	5,38	550	100	20,4	14586,0
14	5,00	515	100	20,4	15708,0
15	4,67	485	100	20,4	16830,0

Tabla nº 4. Estimación cordones superiores.

-Cordón inferior

CELOSÍA nº pórticos	Cordón inferior				
	Sep. Pórticos	Esf N	Perfil HEB	Peso perfil (kg/m)	Peso Total (kg)
8	8,75	1400	180	51,2	22528,0
9	7,78	1250	160	42,6	21087,0
10	7,00	1150	160	42,6	23430,0
11	6,36	1050	140	33,7	20388,5
12	5,83	970	140	33,7	22242,0
13	5,38	905	140	33,7	24095,5
14	5,00	850	140	33,7	25949,0
15	4,67	800	120	26,7	22027,5

Tabla nº 5. Estimación cordones inferiores.

-Montantes

CELOSÍA nº pórticos	Montantes				
	Sep. Pórticos	Esf N	Perfil UPN	Peso perfil (kg/m)	Peso Total (kg)
8	8,75	385	120	13,4	4919,4
9	7,78	345	120	13,4	5534,3
10	7,00	315	100	10,6	4864,3
11	6,36	290	100	10,6	5350,8
12	5,83	265	80	8,64	4757,9
13	5,38	250	80	8,64	5154,4
14	5,00	230	80	8,64	5550,9
15	4,67	215	80	8,64	5947,3

Tabla nº 6. Estimación montantes.

-Diagonales

CELOSÍA nº pórticos	Diagonales				
	Sep. Pórticos	Esf N	Perfil UPN	Peso perfil (kg/m)	Peso Total (kg)
8	8,75	550	160	18,8	10949,12
9	7,78	490	140	16	10483,2
10	7,00	445	120	13,4	9755,2
11	6,36	410	120	13,4	10730,7
12	5,83	380	120	13,4	11706,2
13	5,38	350	100	10,3	9747,9
14	5,00	330	100	10,6	10803,5
15	4,67	310	100	10,6	11575,2

Tabla nº 7. Estimación diagonales.

2.5.1.2. Estimación Correas

Para las correas, el esfuerzo en este caso que se ha analizado es, como se ha obtenido en el aptdo. 2.4.1. que la combinación más desfavorable para los pórticos resultaba ser la COMB1 se realizarán el análisis también en correas con la combinación de esfuerzos ya mencionada

$$q = 1,35 \cdot 1 + 1,5 \cdot (1 + 0,7 \cdot 0,665) = 3,53 \text{ kN/m}^2$$

$$q_L = 3,53 \text{ kN/m}^2 \cdot 16 \text{ correas} / 27,5 \text{ m} = 2,05 \text{ kN/m/correa}$$

Esta carga se distribuirá linealmente entre las distintas correas en función de la luz, obteniendo así la siguiente tabla para las correas.

CORREAS					
nº pórticos	Sep. Pórticos	Esf	Perfil	Peso perfil (kg/m)	Peso Total (kg)
		My	IPE		
8	8,75	59	240	30,7	30086,0
9	7,78	47	220	26,2	25676,0
10	7,00	38	200	22,4	21952,0
11	6,36	31	200	22,4	21952,0
12	5,83	26	180	18,8	18424,0
13	5,38	22	160	15,8	15484,0
14	5,00	19	160	15,8	15484,0
15	4,67	17	160	15,8	15484,0

Tabla nº 8. Estimación correas.

2.5.1.3. Estimación Vigas carrileras

En el análisis de las vigas carrileras de los puentes grúa y realizar el predimensionamiento, se estimará primero cuál combinación de grúas-puente es la más desfavorable y obtener un resultado lo más fiable posible. Se estiman la acción simultánea de tres grúas-puente que estarán dispuestas en distintos vanos que darán la mayor flexión negativa de eje principal. Una vez sabido esto, se estimará para cada separación entre pórticos al igual que para la celosía y correas el perfil más adecuado.

Por ejemplo disponer en CL del primero, segundo y tercer vanos y así sucesivamente.

Se han supuesto grúas-puente según la norma UNE 76-201-88 "Camino de rodadura de puentes grúa" grúas de fuerza de elevación 200/50 kN, condiciones de carga Q1 y condiciones de utilización U2.

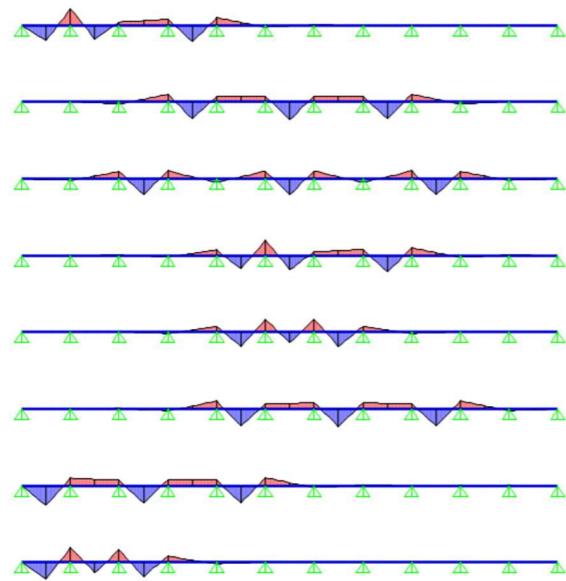


Figura nº 4. Suposición de distintas combinaciones de puentes grúa.

Tras las sucesivas iteraciones se llega a la conclusión que la combinación de grúas puente es en vanos primero, segundo y cuarto.

Para esta combinación, prevista como la más desfavorable, se obtienen los siguientes perfiles en función de la separación entre pórticos.

VIGAS CARRILERAS							
nº pórticos	Sep. Pórticos	Esf			Perfil	Peso perfil (kg/m)	Peso Total (kg)
		My	Mz	V	HEB		
8	8,75	900	235	392	>600	212	29680,0
9	7,78	800	210	392	>600	212	29680,0
10	7,00	715	190	392	600	212	29680,0
11	6,36	650	170	392	550	199	27860,0
12	5,83	595	155	392	500	187	26180,0
13	5,38	545	145	392	450	171	23940,0
14	5,00	505	135	392	450	171	23940,0
15	4,67	470	125	392	400	155	21700,0

Tabla nº 9. Estimación vigas carrileras.

2.5.2. Optimización geométrica final

Después de desarrollar esta información, se procede a cotejar todos los datos obtenidos. Procediendo a obtener el peso de la estructura en función de la separación entre pórticos.

Además, en los aptdos. anteriores no se incluía, pero en la tabla final de optimización se incluye cimentaciones directas; suponiendo unas zapatas 2,3x2,3x0,75 m.

La construcción de las cimentaciones influye porque para cada separación distinta implica un número distinto de pilares a cimentar. Se considera este factor relevante y por eso se analiza junto a los otros sistemas estructurales.

Puesto que estamos computando kilos de acero entre kilos de hormigón, la manera de sumar ambos factores es mediante precio. Dando un precio tanto al kilo de acero como el de hormigón puede obtenerse cuál número de pórticos es el óptimo, o en este caso el más económico.

Se han estimado los siguientes precios:

-Acero = 1,42 €/kg

-Hormigón = 130 €/kg

Respecto a la estructura se tiene, redistribuyendo en una única tabla todas las anteriores, sumando los kilos de acero necesarios correspondientes y multiplicando el resultado por el precio.

Nº vanos	Correas (kg)	Vigas carrileras (kg)	Pórticos (kg)	TOTAL (kg)	Precio (€)
8	30086,0	29680,0	53224,5	112990,5	160.446,55 €
9	25676,0	29680,0	50321,0	105677,0	150.061,39 €
10	21952,0	29680,0	52734,5	104366,5	148.200,49 €
11	21952,0	27860,0	52623,5	102435,5	145.458,40 €
12	18424,0	26180,0	56328,1	100932,1	143.323,60 €
13	15484,0	23940,0	53583,8	93007,8	132.071,05 €
14	15484,0	23940,0	58011,4	97435,4	138.358,23 €
15	15484,0	21700,0	56380,0	93564,0	132.860,94 €

Tabla nº 10. Suma de la estimación de los distintos precios para cada nº de vanos.

De igual modo con las cimentaciones, en este caso se ha contabilizado la cantidad de zapatas que habría, por el peso de una zapata 2,3x2,3x0,75 m y finalmente obteniendo el precio.

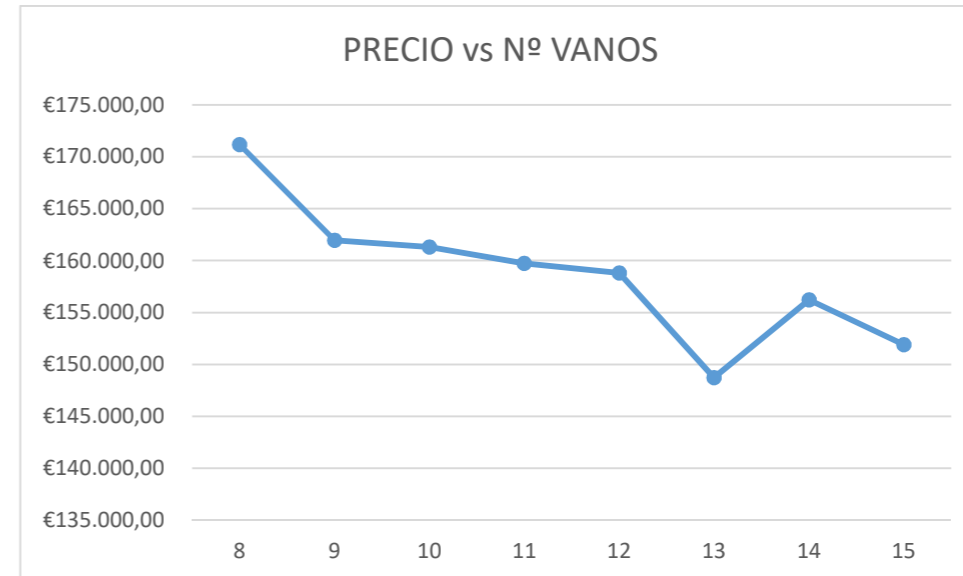
Nº vanos	Nº pórticos	Nº zapatas	TOTAL (kg)	Precio (€)
8	9	18	71,415	9.283,95 €
9	10	20	79,35	10.315,50 €
10	11	22	87,285	11.347,05 €
11	12	24	95,22	12.378,60 €
12	13	26	103,155	13.410,15 €
13	14	28	111,09	14.441,70 €
14	15	30	119,025	15.473,25 €
15	16	32	126,96	16.504,80 €

Tabla nº 11. Estimación del precio de las zapatas

Al final de este análisis, la combinación que resulta ser la más óptima, eficiente y económica es la solución que presenta 13 vanos, o 14 pórticos. Queda reflejado en la siguiente tabla y gráfica.

Nº vanos	Zapatas (€)	Estructura (€)	TOTAL (€)
8	9.283,95 €	160.446,55 €	171.158,80 €
9	10.315,50 €	150.061,39 €	161.963,89 €
10	11.347,05 €	148.200,49 €	161.293,24 €
11	12.378,60 €	145.458,40 €	159.741,40 €
12	13.410,15 €	143.323,60 €	158.796,85 €
13	14.441,70 €	132.071,05 €	148.734,55 €
14	15.473,25 €	138.358,23 €	156.211,98 €
15	16.504,80 €	132.860,94 €	151.904,94 €

Tabla nº 12. Optimización final de la geometría.



Gráfica nº 1. Optimización final de la geometría.

A lo largo del siguiente documento, el documento Nº 2, Cálculos estructurales se justificarán los detalles constructivos y la selección de barras.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

En este apartado, tras el desarrollo visto en el apartado anterior se tiene ya una forma predefinida de la estructura final. Añadiendo información que se analiza en el Documento Nº2. Cálculos estructurales, se resumen en este Documento Nº1. Memoria todo lo relacionado con la descripción de la obra.

A lo largo de los siguientes apartados, se va a describir la obra en su totalidad en un orden constructivo todos los trabajos y partes que forma parte la estructura.

3.1. Movimiento de tierras

Deben realizarse los trabajos de desbroce y la retirada de la capa vegetal de la parcela. Una vez hecho esto se procede a la excavación de la superficie afectada hasta llegar a la cota de cimentación, que como se menciona en el Documento Nº 2. Cálculos estructurales, es la cota $z = -1$ m.

Puesto que la parcela tiene una pendiente hacia dentro negativa, se propone también el desbroce y excavación de retranqueos para que pueda ser posible el acceso a la nave.

Los materiales procedentes de la excavación deben buscarse otra utilidad, en caso contrario debe considerarse el transporte a vertedero.

Una vez se tiene la superficie preparada, se procede con la excavación de las zapatas y las zanjas que conformarán las vigas de atado.

En la siguiente imagen se detalla la profundidad de las zanjas donde se construirán las zapatas, desde la referencia $z = -1$ m.

La zapata A1, correspondiendo a la notación, tiene coordenadas GD (38.617798,-1.059190).

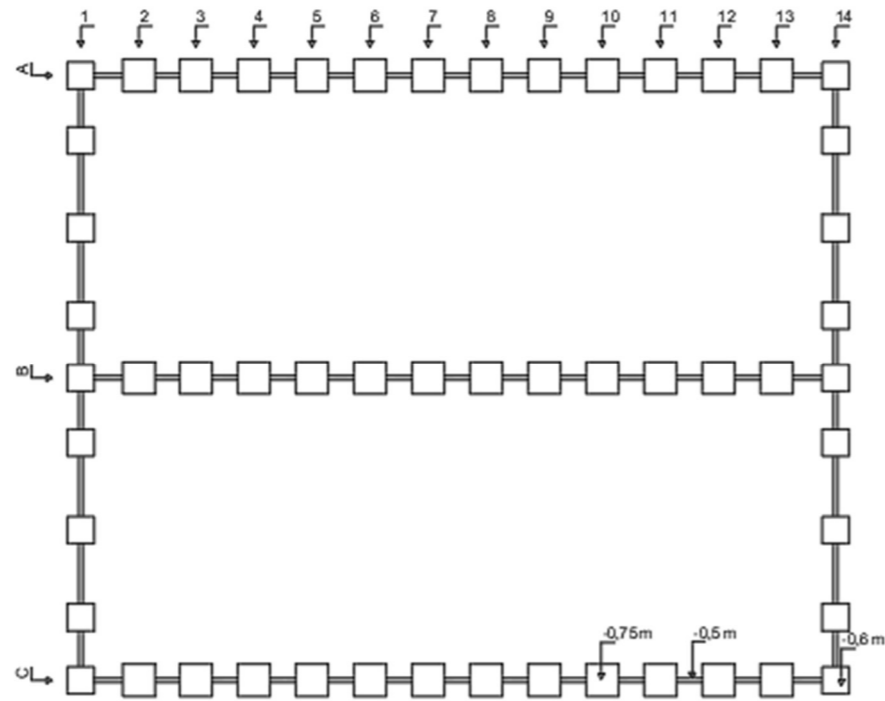


Figura nº 4. Disposición cimentaciones.

3.2. Cimentaciones

Tras haberse preparado las zanjas y excavaciones sobre el terreno, se continúa con la fabricación de las zapatas. El hormigón que va a usarse para las zapatas es HA-35 convencional sobre un ambiente Ila. Sobre todas las zapatas y zanjas hay una capa de 10 cm de hormigón de limpieza HM-15.

Se necesita de cada hormigón esta cantidad:

$$\text{-Volumen HA-35} = (12 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 0,65) + (18 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 0,5) + (191 \cdot 0,4 \cdot 0,4) = 297,41 \text{ m}^3 \approx 300 \text{ m}^3$$

$$\text{-Volumen HM-15} = (12 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 0,1) + (18 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 0,1) + (191 \cdot 0,4 \cdot 0,1) = 51,3 \text{ m}^3 \approx 52 \text{ m}^3$$

Las zapatas de los pórticos hastiales, todas las de la columna 1 y 14 tienen el siguiente armado:

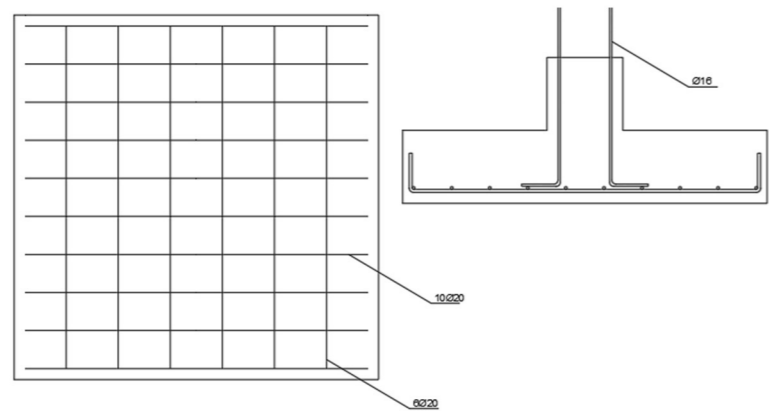


Figura nº 5. Armado zapatas pórticos hastiales.

Las zapatas de los pórticos principales, las columnas 2 a la 13 tienen el siguiente armado:

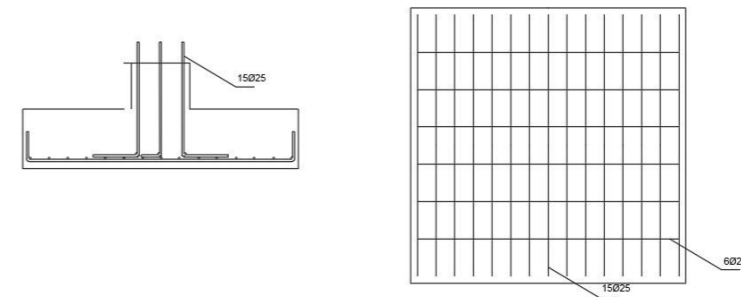


Figura nº 6. Armado zapatas pórticos principales.

Las vigas de atado tienen la siguiente sección:

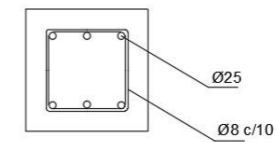


Figura nº 7. Armado vigas de atado.

3.3. Pórticos

3.3.1. Pórticos principales

Los pórticos principales están formados en los cordones superior e inferior con perfiles HEB 180 y tanto montantes como diagonales están formados por perfiles 2 UPN 160. Los pilares los forman perfiles empresillados 2 UPN 320.

Todas las cartelas tienen de dimensiones 620x340x16 mm a excepción del nudo 14, o la única unión donde convergen 2 diagonales y un montante, de dimensiones 930x340x16 mm.

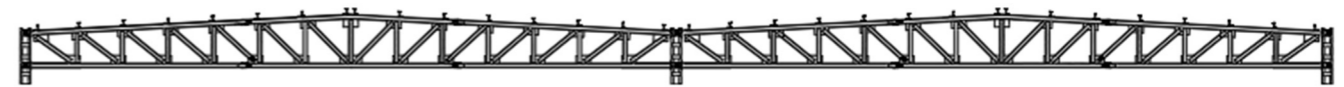


Figura nº 8. Celosía pórticos principales.

Debido a que transportar la celosía completa a obra mediante medios de transporte convencionales no es posible, se ha propuesto construir la celosía en porciones que puedan ensamblarse en obra de una longitud menor a 12 m, que es el largo máximo de un camión de mercancías convencional.

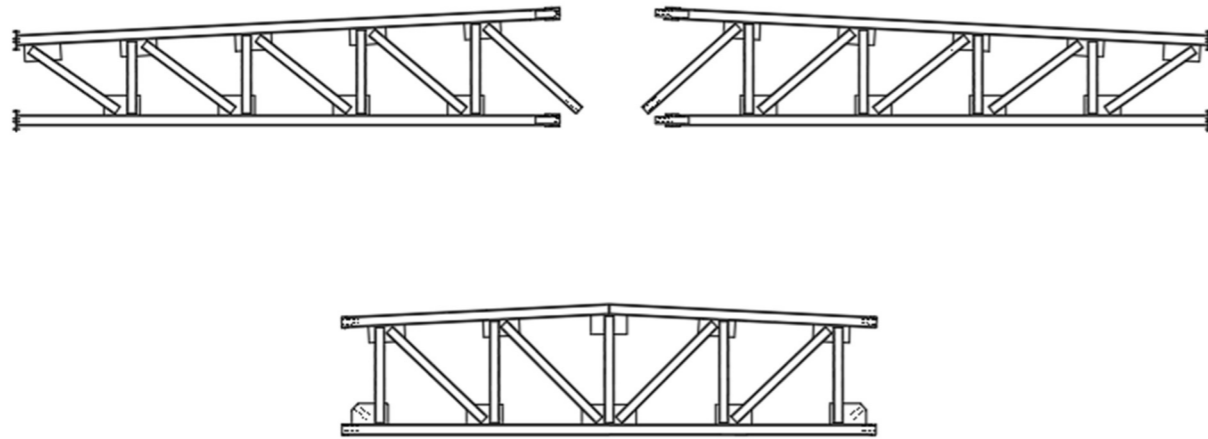


Figura nº 9. Ensamblaje vano de celosía de pórtico principal.

En el documento Nº 2. Cálculos estructurales aparecen también el dimensionamiento de las uniones para ensamblaje en obra.

3.3.2. Pórticos hastiales

Los pórticos hastiales están formados por perfiles IPE 330, los pilares por perfiles HEB 260.



Figura nº 10. Viga pórticos hastiales.

Al igual que ocurre con los pórticos principales, se ha propuesto el montaje en obra de las piezas que componen la viga hastial y poder ser colocada íntegramente en obra.



Figura nº 11. Ensamblaje pórticos hastiales.

Al igual que con los pórticos principales también, en el Documento Nº2. Cálculos estructurales. Aparece el dimensionamiento de las uniones.

3.4. Vigas transversales

Tanto cordón superior como inferior son HEB 140 por motivos constructivos, en el Documento Nº 2. Cálculos estructurales se detalla. Los montantes y diagonales son perfiles 2UPN 120.

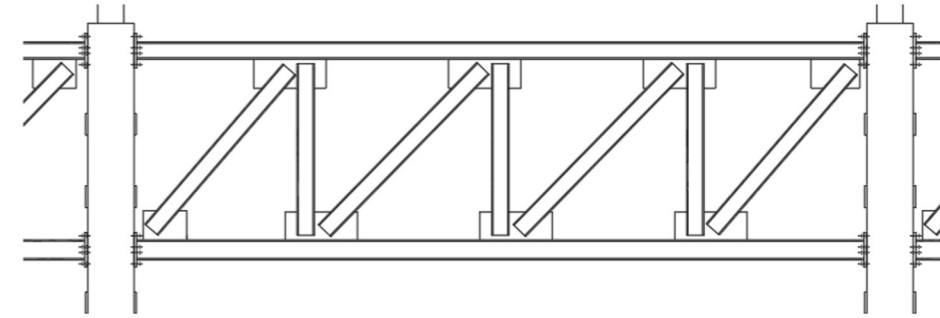


Figura nº 12. Viga transversal.

3.5. Correas

Las correas son perfiles HEB 240. En la siguiente imagen se aprecia una sección de apoyo al cordón superior de la celosía.

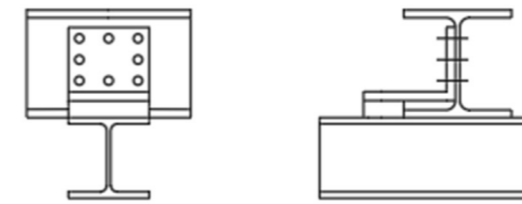


Figura nº 13. Correas y detalle de unión con las correas superiores de los pórticos principales.

3.6. Puente grúa

3.6.1. Vigas carrileras

Las vigas carrileras lo conforman perfiles HEB 450. A continuación se aprecia un detalle de la sección de apoyo en ménsula.

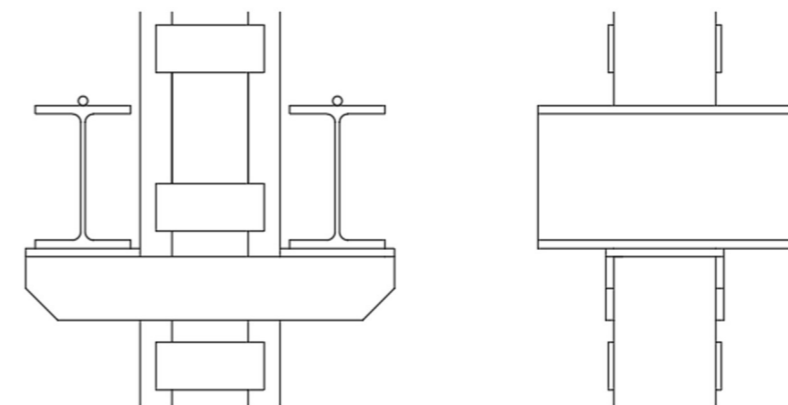


Figura nº 13. Detalle unión viga carrilera con pilar central de los pórticos principales.

3.6.2. Arriostamiento de frenado

Cada barra del arriostamiento lo forman dos perfiles UPN 300 que se unen desde cada cordón del pilar compuesto.

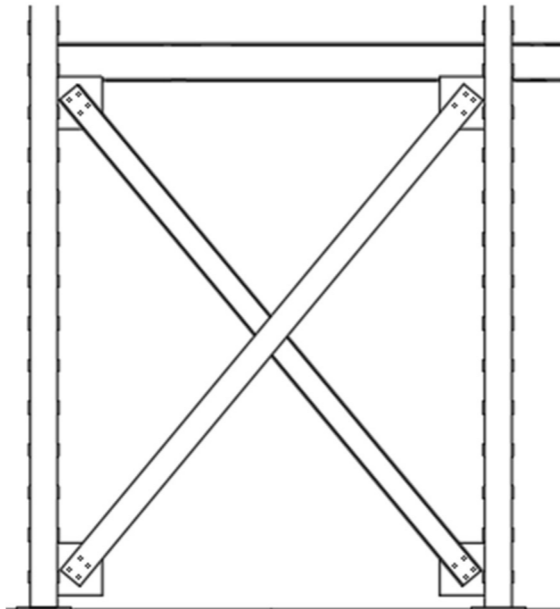


Figura nº 14. Arriostamiento de frenado.

3.7. Cubierta y cerramiento

3.7.1. Cubierta

Para la cubierta se ha seleccionado usar paneles tipo sándwich para la constitución de la cubierta de la nave junto a lucernarios, es conveniente su uso para que la nave sea más eficiente pudiendo así aprovechar más la luz del sol.

Se utilizarán paneles sándwich tapajuntas de 30 mm de espesor. Los paneles tiene una longitud de 4 m en los que van instalados de dos en dos vanos. Estos paneles son compatibles con la pendiente a dos aguas de la nave, de un 5%.

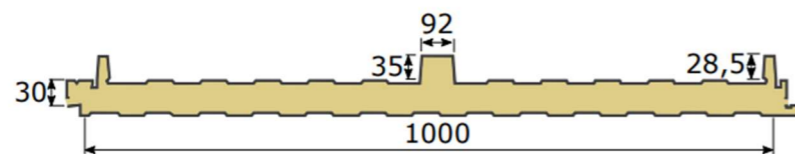


Figura nº 16. Sección cubierto tipo sándwich.

Los lucernarios que se han seleccionado, también de 30 mm, irán intercalados cada tres secciones de panel sándwich dos paneles lucernarios. En los extremos hay un panel sándwich, entonces se repetirá la disposición: 1 panel lucernario- 2 paneles sándwich.

3.7.2. Cerramiento

Se instalarán paneles de hormigón prefabricado aligerado de 200 mm de espesor. Estos paneles al ser autoportantes ahorran elementos estructurales para ser sostenidos. Facilitan la labor constructiva ya que su colocación e instalación es sencilla.

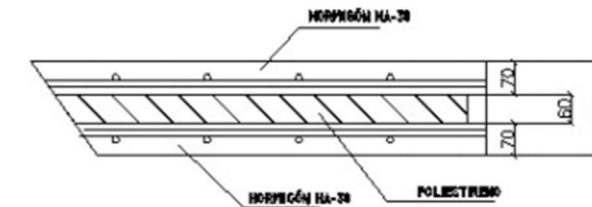


Figura nº 17. Sección paneles de hormigón prefabricado aligerado.

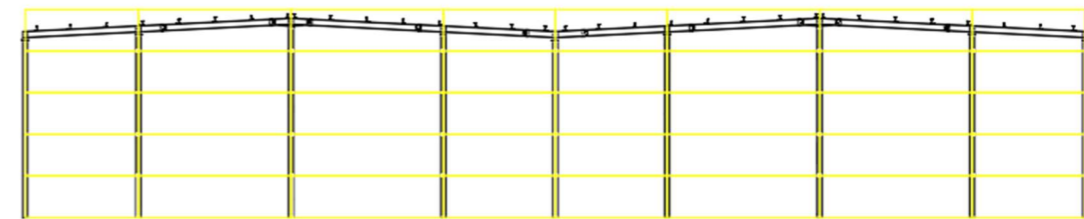


Figura nº 18. Disposición paneles de cerramiento en fachada hastial.

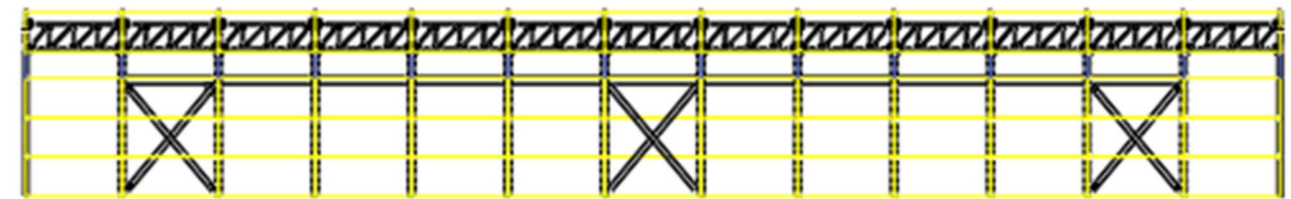


Figura nº 19. Disposición paneles de cerramiento en fachada lateral.

Los paneles de cerramiento tienen todos una anchura de 2,2 m, el largo depende de la luz entre pilares; 5,35 m en el caso de las fachadas laterales y en las fachadas laterales existen paneles de dos largos distintos, unos de 6 m y otros de 8 m.

3.8. Pavimento

El pavimento que se ha escogido es de hormigón ya que presenta unas cualidades idóneas antes los trabajos en una nave. Es muy estable químicamente frente a posibles derrames de productos al pavimento y tiene también unas características muy aceptables frente a abrasión, roces, etc..

Por tanto, el pavimento de hormigón armado HA-25 de 20cm de espesor con malla electrosoldada 15x15x6mm y capa de rodadura de mortero de cemento y acabado superficial mediante fratasado mecánico.

El pavimento se coloca sobre una capa de zahorra de 20 cm de espesor que sirve de colchón frente a las cargas y que el contacto terreno pavimento no sea rígido para así poder evitar roturas innecesarias.

Además el pavimento deberá sobresalir del perímetro real de la nave para poder tener una superficie de apoyo rígida y sólida para los paneles del cerramiento.