



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y  
PUERTOS

**GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS**

---

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**MEMORIA VALORADA DEL DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL SIN USO ESPECÍFICO UBICADA EN EL POLÍGONO  
INDUSTRIAL 'LA VILA' DE XÁTIVA (VALENCIA).**

Autor: Juan Catalán García

Tutor: Guillermo Noguera Puchol

Cotutor: Juan Navarro Gregori



## DOCUMENTO N°1:

# MEMORIA

Autor: Catalán García, Juan

Tutor: Noguera Puchol, Guillermo

Cotutor: Navarro Gregori, Juan



## INDICE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | INTRODUCCION.....                              | 4  |
| 1.1   | OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO.....          | 5  |
| 1.2   | AGENTES.....                                   | 7  |
| 1.3   | ANTECEDENTES.....                              | 7  |
| 1.4   | PROGRAMA DE NECESIDADES.....                   | 8  |
| 2     | DESCRIPCION DE LA SOLUCION ADOPTADA.....       | 9  |
| 2.1   | SITUACION GEOGRAFICA.....                      | 9  |
| 2.2   | EMPLAZAMIENTO Y CARACTERISTICAS DEL SOLAR..... | 9  |
| 2.3   | CUMPLIMIENTO DE LAS ORDENANZAS.....            | 10 |
| 2.4   | SUSTENTACION DEL EDIFICIO.....                 | 10 |
| 2.4.1 | Acondicionamiento del Terreno.....             | 11 |
| 2.4.2 | Cimentación.....                               | 11 |
| 2.5   | SISTEMA ESTRUCTURAL.....                       | 15 |
| 2.5.1 | Estructura Metálica.....                       | 15 |
| 2.5.2 | Correas de Cubierta.....                       | 21 |
| 2.5.3 | Zona de Oficinas.....                          | 22 |
| 2.6   | SISTEMA ENVOLVENTE.....                        | 23 |
| 2.6.1 | Cubierta.....                                  | 23 |
| 2.6.2 | Cerramiento exterior y oficinas.....           | 25 |
| 2.6.3 | Revestimientos.....                            | 26 |
| 2.6.4 | Instalaciones.....                             | 26 |
| 3     | VALORACION ECONOMICA.....                      | 26 |
| 4     | DOCUMENTOS CONSTITUYENTES.....                 | 27 |



## INDICE DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1 Nave Industrial Metálica .....              | 4  |
| Ilustración 2 Zapata de Cimentación.....                  | 13 |
| Ilustración 3 Detalle Placa de Anclaje .....              | 14 |
| Ilustración 4 Geometría Pórtico Tipo .....                | 16 |
| Ilustración 5Detalle Pórtico Intermedio.....              | 17 |
| Ilustración 6 Detalle Pórtico Fachada Sur .....           | 18 |
| Ilustración 7 Detalle Pórtico Fachada Norte .....         | 18 |
| Ilustración 8 Estructura 3D Arriostramientos .....        | 20 |
| Ilustración 9 Detalle Correas de Cubierta .....           | 21 |
| Ilustración 10 Detalle Panel de Cubierta.....             | 23 |
| Ilustración 11 Detalle Panel de Cubierta translucido..... | 24 |
| Ilustración 12 Detalle Panel Cerramiento Lateral .....    | 25 |

## 1 INTRODUCCION

Hoy en día la utilización de las estructuras tipo “nave industrial” se encuentra totalmente generalizado y es la principal solución a la que recurren los calculistas a la hora de diseñar y calcular una estructura para el desarrollo de una actividad industrial de cualquier tipo, siendo esta motor de la economía.



**Ilustración 1 Nave Industrial Metálica**

Los motivos que han impulsado el desarrollo de este proyecto han sido principalmente los siguientes:

En primer lugar, la aplicación y ampliación de los conocimientos adquiridos durante mi formación académica en relación con la obra civil y en particular con el cálculo estructural y el desarrollo de proyectos técnicos.

La mejora en el manejo de programas informáticos de cálculo y diseño estructural como CYPE, AutoCAD etc.

La necesidad de optimizar las instalaciones y el diseño para garantizar la mayor eficiencia en base a las especificaciones y en cumplimiento de la normativa vigente.

Estudio del coste y el tiempo de fabricación y montaje de las naves industriales y mejora de la sostenibilidad, adaptabilidad.



## 1.1 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objetivo del presente trabajo es llevar a cabo el diseño, cálculo y optimización de la estructura y cimentación de una nave industrial sin uso específico, así como toda su envolvente, es decir, cerramientos externos y cubierta, para su posible venta o alquiler, en una parcela situada en el Polígono Industrial 'LaVila' de Xàtiva (Valencia)

La parcela ocupa una superficie de 2450 m<sup>2</sup>, tal y como figura en los planos de ocupación del solar, y consideramos que dispone de abastecimiento de agua, red de saneamiento y suministro de energía para los trabajos que se tengan que realizar in-situ.

La nave Industrial tiene unas dimensiones en planta de 25x40 y 9.5 metros de altura. Así mismo, dispondrá de una entreplanta de 12.5x10 m a una altura de 3m.

Recopilación de información necesaria para el diseño y planteamiento del cálculo estructural a fin de optimizar el espacio a ejecutar, facilitar la construcción y montaje, adaptar los espacios para abarcar diferentes usos, evaluar las alternativas en el uso de materiales y tipología estructural de la nave industrial y los elementos que la componen.

Elección adecuada y cálculo de los diferentes elementos que componen una nave industrial, tales como: correas, vigas de atado, pilares hastiales, cruces de San Andrés y el diseño de una entreplanta en la que se alojaran oficinas.

Modelización y Calculo estructural mediante el programa CYPE (Metal 3D)



Uso del programa AutoCAD para generar planos que definan y representen gráficamente el diseño final de la solución adoptada así como detalles e información complementaria para su mejor comprensión.

Desarrollo de los documentos técnicos necesarios para la ejecución de la solución adoptada.

Una vez elegido los elementos estructurales se procederá a su descripción y a la comprobación de la capacidad resistente de los principales, teniendo en cuenta la normativa vigente en el sector y las cargas variables y permanentes aplicadas.

El alcance de la memoria valorada es el diseño y cálculo de la nave para ello se realizará un estudio de soluciones, el cálculo de la solución adoptada, y una valoración global del coste de la misma. Igualmente, únicamente se diseñará la urbanización de la parcela sin realizar su cálculo y valoración.

Queda fuera del alcance de esta Memoria Valorada el diseño y cálculo de las instalaciones y cualquier otro cálculo necesario para la realización del proyecto de construcción. Igualmente queda fuera de esta memoria cualquier tipo de estudio necesario como Impacto Ambiental, Seguridad y Salud, Gestión de Residuos etc.



## 1.2 AGENTES

El presente documento es un trabajo final de carrera de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en la Universidad Politécnica de Valencia por los que consideramos a ésta como el promotor de la Nave Industrial.

## 1.3 ANTECEDENTES

En cumplimiento con la normativa vigente y de acuerdo con el plan de estudios de la titulación de Ingeniería de Obras Públicas se redacta el siguiente trabajo como requisito para superar la asignatura Trabajo Final de Grado.

El promotor tiene una parcela de uso industrial situada en el Polígono Industrial de Xàtiva (Valencia), donde se pretende construir una Nave Industrial sin uso específico.

Partiendo de un programa de necesidades que se detalla en el siguiente punto, ha encargado a D. JUAN CATALÁN GARCIA la redacción del este trabajo, que tiene por finalidad el estudio de la alternativa más óptima y el desarrollo de la misma describiendo los elementos que la componen estableciendo las bases técnicas que debe reunir.



## 1.4 PROGRAMA DE NECESIDADES

Las ideas transmitidas por el Promotor al Técnico que suscribe han sido:

- Diseñar una Nave Industrial aprovechando de la mejor forma posible las características de la parcela respetando la normativa urbanística (retranqueos y alturas máximas) del Polígono Industrial
- Dotar a la parcela de una zona de aparcamiento para vehículos y una entreplanta que albergará oficinas.
- Disponer de todos los elementos necesarios para cualquier actividad que se vaya a realizar en su interior



## 2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

A continuación se muestra las características de la solución finalmente adoptada, se justifica la elección de la misma en el documento 2 "Estudio de Soluciones" integrado en el trabajo.

### 2.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La nave Industrial de ubicar en Polígono Industrial "La Vila", según se indica en el plano adjunto 'Situación y Localización', en el término municipal de Xàtiva (Valencia).

### 2.2 EMPLAZAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DEL SOLAR

El solar tiene forma rectangular, sin desniveles topográficos apreciables, con una superficie de 2450 m<sup>2</sup> en un suelo calificado como "urbano de uso industrial".

El solar cuenta ya con una acometida eléctrica, una acometida de agua potable, dos acometidas a la red de alcantarillado urbano y una acometida telefónica.

Los linderos son:

**Al Norte:** La parcela limita con otro edificio (Ecoparque Xàtiva)

**Al Sur:** Campo de atletismo del Pabellón Francisco Ballester

**Al Este:** Calle la Vila Pol-44

**Al Oeste:** Rd-42-1 Pol 25



## 2.3 CUMPLIMIENTO DE LAS ORDENANZAS

La nave Industrial debe cumplir con lo especificado en las ordenanzas reguladoras del polígono Industrial 'La Vila' de Xàtiva.

| CUADRO DE ORDENANZAS                                       |                       |                     |
|--|-----------------------|---------------------|
|  | NORMATIVA             | PROYECTO            |
| RETRANQUEO MINIMO LINDEROS HASTIALES                       | 5m                    | 10m                 |
| RETRANQUEO MINIMO LINDEROS LATERALES                       | 3m                    | 4m                  |
| ALTURA REGULADORA MAXIMA ALERO                             | 7m                    | 7m                  |
| ALTURA REGULADORA MAXIMA CORONACION                        | 10m                   | 9,5m                |
| EDIFICABILIDAD MAXIMA(0,80m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | 1960 m <sup>2</sup>   | 1125 m <sup>2</sup> |
| COEFICIENTE DE OCUPACION MAX.(0,65)                        | 1592,5 m <sup>2</sup> | 1125 m <sup>2</sup> |

## 2.4 SUSTENTACION DEL EDIFICIO



### 2.4.1 Acondicionamiento del Terreno

Se hará un desbroce del terreno, consistente en la eliminación de la capa superficial así como de las raíces y pequeños arbustos, por medios mecánicos con una profundidad mínima de 20 cm. para poder después poder replantear correctamente la posición de las zapatas aisladas y vigas de atado de la cimentación.

La excavabilidad ha sido determinada a partir de las litologías observadas en las calicatas realizadas en un estudio geotécnico de un proyecto similar en un terreno cercano, considerando apropiado proceder a la realización de zanjas con medios de excavación mecánicos normales.

Este tipo de materiales, permiten adoptar taludes verticales a corto plazo para la excavación de las zanjas, en cualquier caso se seguirán las prescripciones de la norma NTE-ZANJAS.

Se transportarán las tierras sobrantes a un vertedero próximo autorizado.

### 2.4.2 Cimentación

Se opta por emplear un sistema de cimentación a base de zapatas aisladas que junto con las placas de anclaje transmiten todos los esfuerzos de la base de los pilares al terreno.

Todas las zapatas se situarán sobre una capa de hormigón de limpieza y nivelación de 10 cm de espesor en el fondo de pozos y zanjas.

Sobre el hormigón de limpieza se colocarán las armaduras (parrillas y jaulas) sobre unos calzos o separadores de hormigón de 5 cm. que mantendrán en todo momento el recubrimiento mínimo de éstas.

Dichas armaduras serán redondos de acero corrugado B 400 S.



Con el fin de impedir desplazamientos en la cimentación se conectarán entre las zapatas vigas de atado de hormigón armado de dimensiones 40x40. Todas estarán armadas con redondos B400S y hormigonadas con hormigón HA-25/P/40/IIa.

La carga admisible del terreno suponiendo la cimentación superficial mediante zapatas, se ha estimado a partir de los valores de golpeo obtenidos en el ensayo de penetración dinámica.

La presión de diseño para el cálculo de la cimentación será de 0.245 Mpa.

La unidad geotécnica 3, se considera el nivel aceptable en el que poder transmitir las cargas. Éste se ha localizado a una profundidad comprendida entre 1.80 y 2.60 m.

El contenido en sulfatos solubles es del 0.0272%, por lo que no se prevén problemas de agresión al hormigón, ya que es un valor suficientemente bajo.

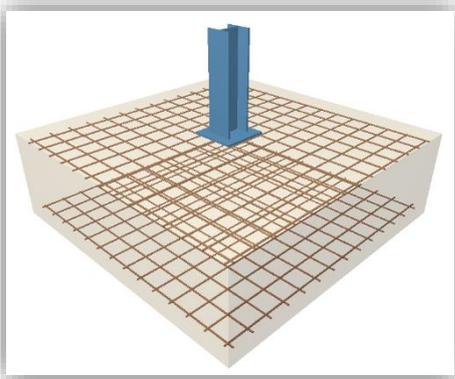
En cuanto a la plasticidad que presenta el terreno, los resultados de los límites de Atterberg obtenidos (L.L.= 44.5, L.P.= 30.5 e I.P.= 13.8), cabe señalar que no implican problemas de plasticidad relevantes.

#### 2.4.2.1 Zapata

Todo el cálculo de la cimentación se hará según las disposiciones del CTE DB-SE-C y EHE-08. El hormigón utilizado en las zapatas es del tipo HA-

25/P/40/IIa, con una resistencia característica  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$  y resistencia de cálculo  $f_{cd} = 25/1.5 = 16.667 \text{ N/mm}^2$ .

El acero que hemos utilizado en las barras será de B500S de resistencia característica  $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$  y  $f_{yd} = 434,8 \text{ N/mm}^2$ .



**Ilustración 2 Zapata de Cimentación**

La disposición de armado y dimensiones así como las longitudes de cada barra, longitud de anclaje, redondos a utilizar, están definidos en los planos adjuntos relativos a la cimentación.

#### **2.4.2.2 Vigas de atado**

La utilización de estas vigas pretende evitar cualquier deslizamiento de las zapatas en el plano de cimentación. El recubrimiento nominal de las vigas de atado será igual que el de las zapatas para evitar la agresión del terreno, ya que se trata de elementos hormigonados contra el terreno.

El armado y dimensiones de cada una están detallado en los planos adjuntos al trabajo.

#### **2.4.2.3 Placas de Anclaje**

Se disponen para aumentar la superficie de apoyo de cada pilar sobre la cimentación, consiguiendo de esta manera reducir las presiones que se producen sobre el hormigón de las zapatas.

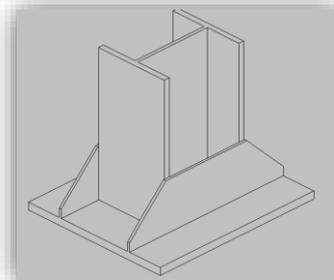
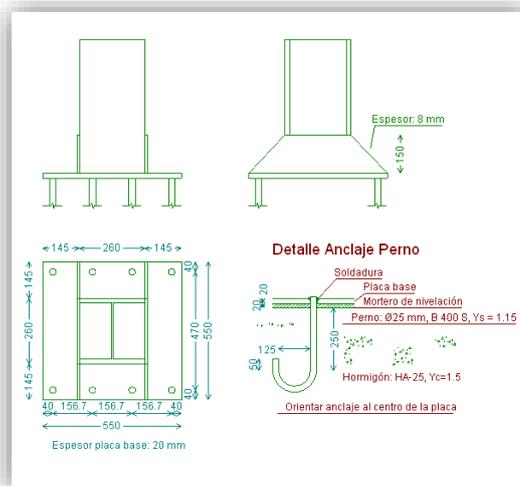
Se van a disponer tres tipos de placas de anclaje, un grupo para los pórticos centrales otro para los pilarillos hastiales y otras para los pilares del forjado de cimentación.

Cada placa de anclaje estará formada por una placa base de acero S275 a la que irán soldados pernos constituidos por barras corrugadas de acero B400S. Estos pernos servirán como unión de la placa de anclaje y la cimentación.

Se disponen de cartelas de rigidización en el arranque del pilar desde la placa y pernos en forma de gancho 180° para mejorar la adherencia y reducir la longitud de los pernos.

El posicionamiento y dimensiones de las placas y sus elementos se detallan en los planos.

### Ilustración 3 Detalle Placa de Anclaje





## 2.5 SISTEMA ESTRUCTURAL

### 2.5.1 Estructura Metálica

El edificio industrial se ha diseñado mediante una estructura resistente principal metálica compuesta por pórticos de nudos rígidos a dos aguas resueltos con perfiles laminados en caliente y pilares empotrados a la cimentación. Los pórticos están formados por perfiles laminados A42b (S-275-JR), tipo IPE y HEB, acartelados en los dinteles.

La nave estará formado por 7 pórticos tipo interiores y 2 pórticos tipo hastiales o de fachada.

La estructura de la nave tendrá forma rectangular de 40 metro de longitud y 25 metro de luz siendo la pendiente de la cubierta de 20%

#### 2.5.1.1 Estructura resistente principal

Para la construcción de la nave se dispone esta estructura de pórticos de nudos rígidos a dos aguas cubriendo una luz de 25 m y con una modulación o separación entre pórticos de 5m. Al ser la nave de una profundidad de 40 m se dispondrán de 9 pórticos rígidos simétricos.

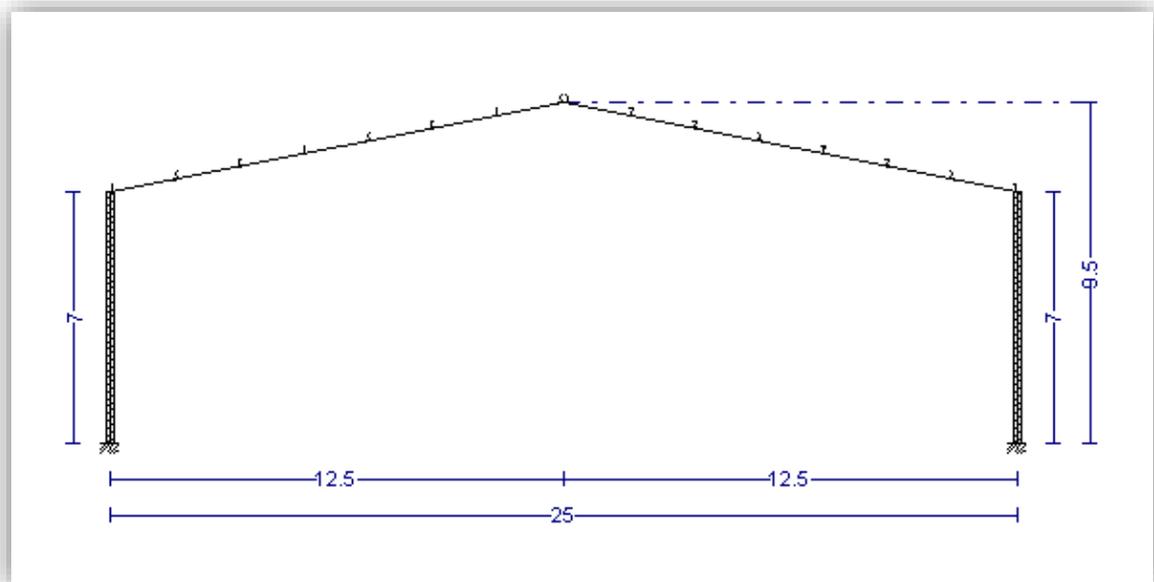
La nave industrial se proyecta con una altura máxima en coronación de 9.5m con una pendiente del 20%, por tanto los pilares exteriores que constituyen los pórticos tiene una altura de 7m.

En el anejo estructural de este proyecto se justifica la elección de los diferentes perfiles laminados de acero S275JR que constituyen los pórticos.

### 2.5.1.2 Pórticos Interiores

La estructura dispone de 7 pórticos tipo interiores. En la imagen inferior se observa de forma esquemática las dimensiones.

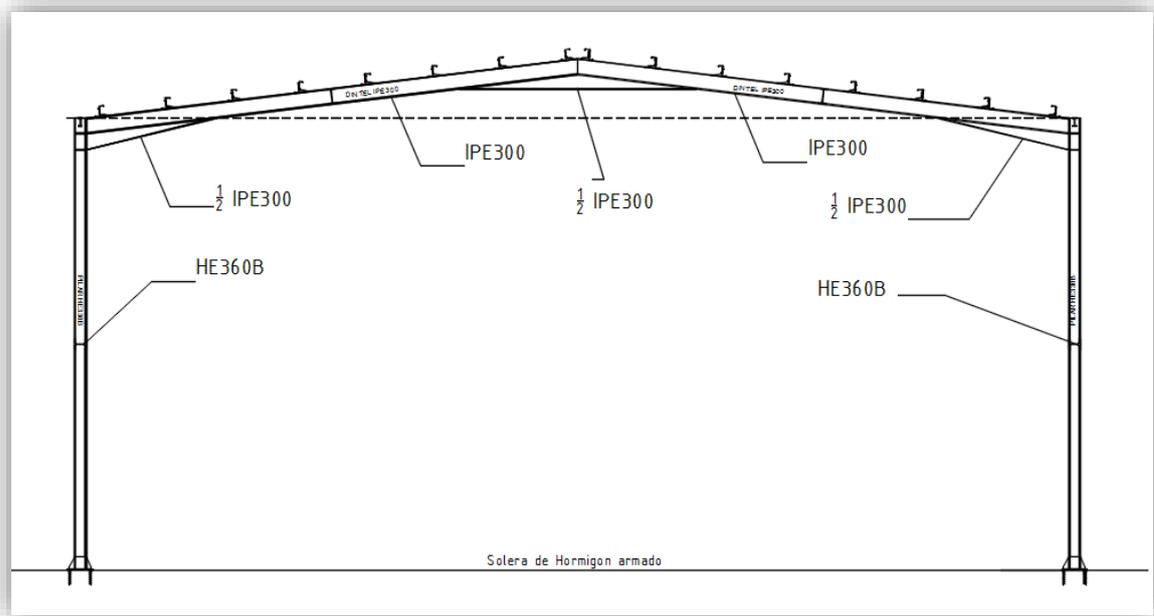
Ilustración 4 Geometría Pórtico Tipo



En la unión de los dinteles con los pilares se ha dispuesto cartelas de 2.5 m con el fin de aumentar la rigidez en esa sección ya que es la más solicitada a flexión y también se disponen cartelas en cumbrera de 2m a cada lado aportando mayor rigidez a la unión y mejorando aspectos constructivos.

A continuación se muestra un esquema de los pórticos tipo interior y de fachadas indicando los perfiles utilizados y su disposición.

Ilustración 5 Detalle Pórtico Intermedio

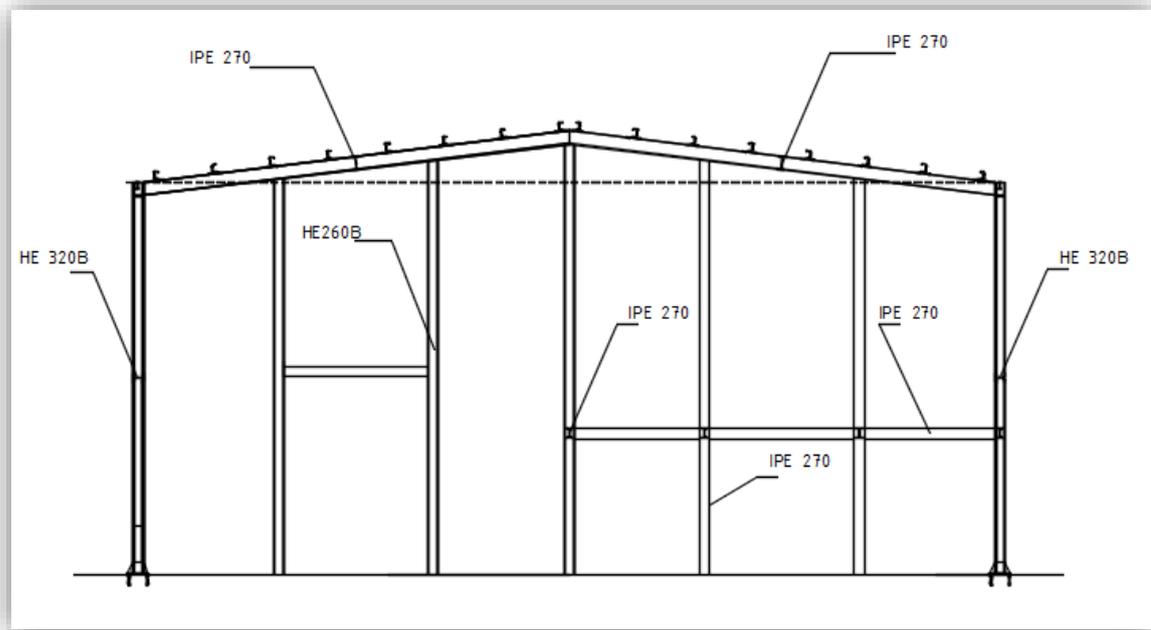


### 2.5.1.3 Pórticos de Fachada

La fachada noreste está formada por 4 pilarillos hastiales, éstos absorben las acciones perpendiculares al plano del pórtico debidas al viento, también sirven de marco para los accesos a la nave industrial.

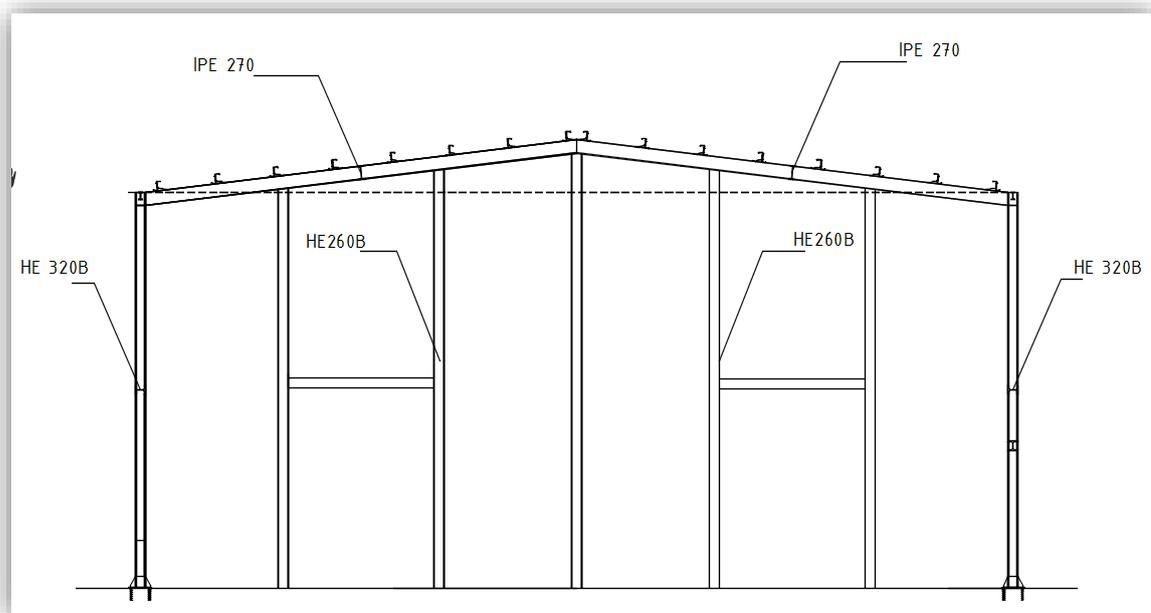
La fachada noroeste está formada por 5 pilarillos los cuales forman parte de la estructura de la entreplanta y también forman parte del marco de una de las puertas de entrada principales.

Ilustración 6 Detalle Pórtico Fachada Sur



La disposición de los perfiles tanto de los pilares como de vigas y dinteles se determinada para asegurar que los mayores esfuerzos actuantes coincidan con el eje de inercia mayor.

Ilustración 7 Detalle Pórtico Fachada Norte





#### 2.5.1.4 Elementos estabilizadores

Cabe destacar que tanto el cerramiento formado por placas de hormigón en el plano perpendicular al pórtico y el forjado de entreplanta proporcionan una rigidez extra a la estructura aportada.

La transmisión de esfuerzos debidas a la acción del viento que se producen en las fachadas de la nave se combaten colocando un sistema de celosía en el plano de cubierta formando una viga Pratt, desde el dintel del pórtico hastial hasta el dintel del pórtico interior contiguo, en ambos hastiales.

Estas vigas se disponen con sus diagonales duplicadas para tener en cuenta que la acción del viento frontal pueda ser tanto de succión como de presión sobre el cerramiento de fachada de la nave y haciendo coincidir sus montantes (vigas) con las cabezas de los pilarillos.

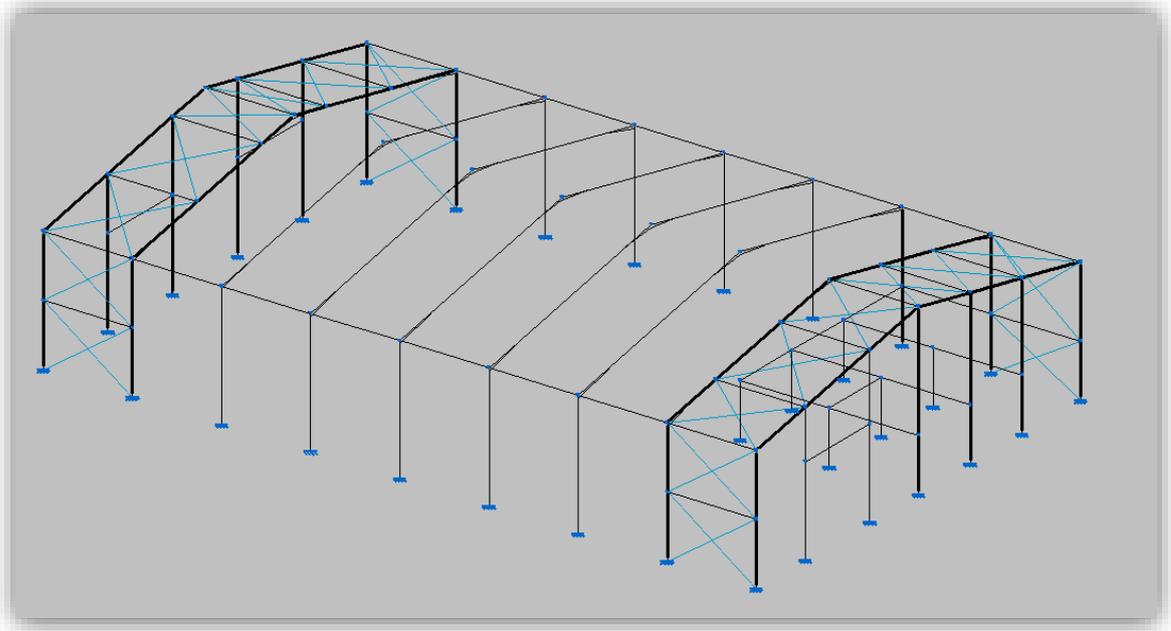
Los montantes trabajan a compresión y por ello se disponen perfiles IPE 270 formando marcos, las diagonales trabajan únicamente a tracción y se ha optado por utilizar tirantes de acero de diferentes diámetros.

En la siguiente imagen 3D de la estructura se aprecia la disposición de las vigas y tirantes de arriostramiento.

#### 2.5.1.5 Cruces de San Andrés

Con el fin de suponer que los pilares exteriores de todos los pórticos se encuentran apoyados en la cabeza sin posibilidad de desplazamiento en el plano perpendicular al pórtico se disponen cruces de San Andrés, se dispondrán 4 en cada pórtico de fachada y el interior contiguo en los laterales de la nave.

Ilustración 8 Estructura 3D Arriostramientos



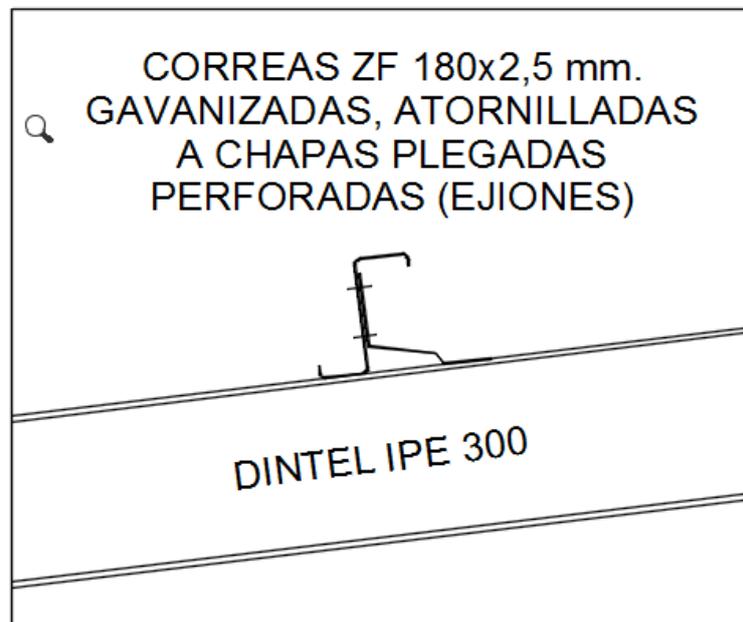
## 2.5.2 Correas de Cubierta

Sobre los pórticos rígidos inclinados se colocaran las correas que van a servir de soporte a los paneles sándwich de la cubierta.

Seleccionamos el tipo de perfil en nuestro caso perfiles ZF, que son los más usados para las correas de cubierta por su reacción resistencia/peso.

Serán perfiles conformados en frío ZF- 180x2.5 con una separación de 1.78 m. irán atornilladas a chapas plegadas perforadas (ejiones), soldadas a los dinteles de los pórticos.

Ilustración 9 Detalle Correas de Cubierta





### 2.5.3 Zona de Oficinas

Se destina una zona de la nave a oficinas, para ello se diseña un forjado de dimensiones 12.5x10 m con una altura de 3m y un hueco de escalera para acceder a la planta superior.

El forjado está compuesto de viguetas pretensadas y bovedillas las cuales se describen y calculan en el anejo de cálculo estructural.

Las cargas y diseño de la escalera del forjado se describen también en el anejo de cálculo estructural.

## 2.6 SISTEMA ENVOLVENTE

### 2.6.1 Cubierta

La cubierta principal del edificio se realizará con paneles sándwich prefabricados metálicos formados por dos chapas de acero, prelacada la exterior y galvanizada la interior, de 0,5 mm. de espesor con núcleo de EPS (poliestireno expandido de 40 kg/m<sup>3</sup> con un espesor total de 30 mm. atornillados a las correas ZF. Además contará con placas translúcidas de policarbonato celular incoloro de 16 mm. de espesor para introducir iluminación natural en la zona de almacén.

Los canalones serán de chapa plegada galvanizada de 1 mm. de espesor con aislamiento interior de manta de lana de roca de 4 cm. de espesor.

Ilustración 10 Detalle Panel de Cubierta

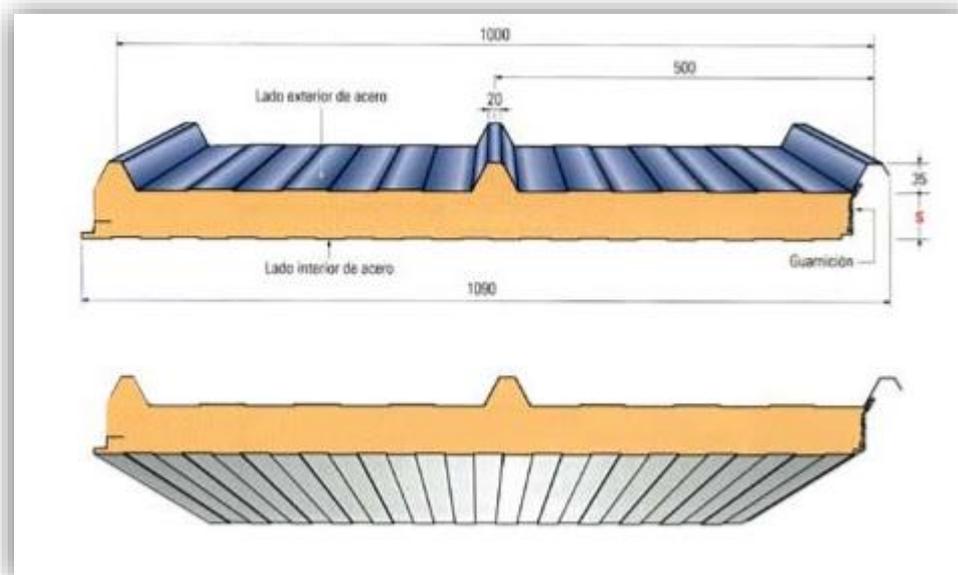
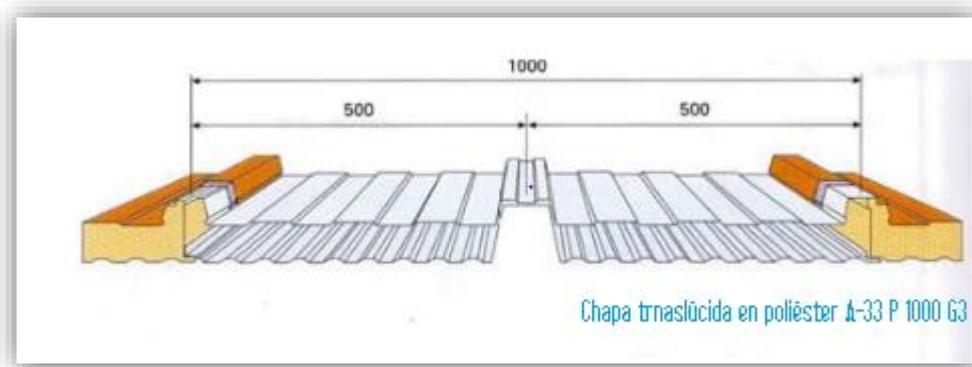


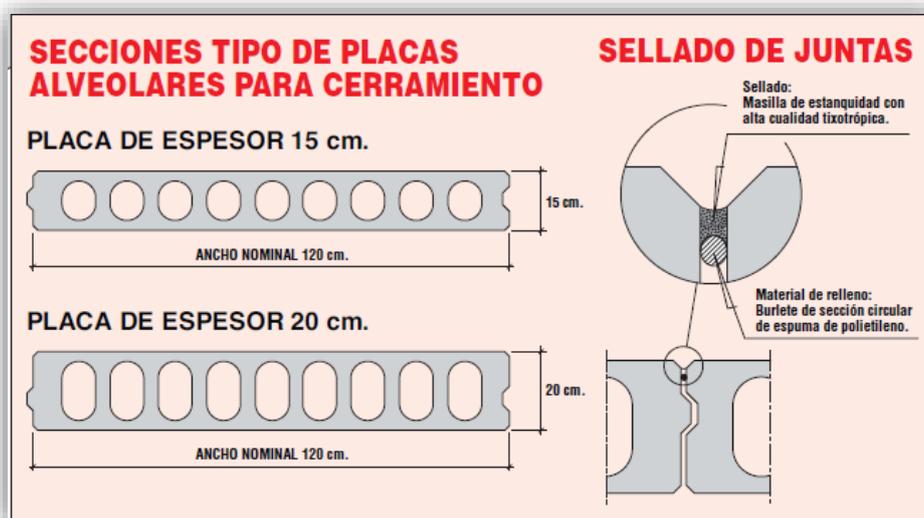
Ilustración 11 Detalle Panel de Cubierta translucido



## 2.6.2 Cerramiento exterior y oficinas

Se dispondrán de losas alveolares pretensadas como cerramiento lateral constituyendo una solución ideal como elemento de cierre en fachadas de naves industriales.

Ilustración 12 Detalle Panel Cerramiento Lateral



La altura de la primera planta donde se ubicaran las oficinas será de 3m, y la altura total será de 6 metros.

Las particiones del interior de la nave se realizarán con cerramientos ejecutados con hoja de albañilería exterior y tabique interior, de grueso total inferior a 0,25 metros. Seguidamente se remontan con yeso de 15 mm de espesor en sus partes vistas, y posteriormente acabados con una mano de pintura plástica.

Además se colocará un falso techo en la zona de oficinas con placas de yeso en forma de una tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles.



### 2.6.3 Revestimientos

Se utilizara pintura para proteger los elementos metálicos frente a la corrosión. Los elementos irán protegidos con un revestimiento especial frente a fuego el cual se determina en el anejo de cálculo estructural.

### 2.6.4 Instalaciones

En los planos se muestra como la parcela consta de tomas para poder disponer de cualquier tipo de instalación necesaria en la nave.

Queda fuera del alcance de esta Memoria Valorada el diseño y cálculo de las instalaciones y servicios así como el cálculo de la urbanización de la parcela y cualquier otro cálculo necesario para la realización del proyecto de construcción

## 3 VALORACION ECONOMICA

La valoración económica se realiza a partir de las mediciones de la obra y estimando los precios de cada material y actividad.

Total ejecución material: 287.644,21 €

Valencia, junio de 2016

Fdo.: Juan Catalán García



## 4 DOCUMENTOS CONSTITUYENTES

### DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJO 1: ESTUDIO DE SOLUCIONES

ANEJO 2: CALCULO DE ESTRUCTURAS

### DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

PLANO 1: SITUACION Y LOCALIZACION

PLANO 2: EMPLAZAMIENTO

PLANO 3: PLANTA GENERAL

PLANO 4: FACHADA FRONTAL Y TRASERA

PLANO 5: FACHADA LATERAL

PLANO 6: SUPERFICIES

PLANO 7: CUBIERTA Y ENTREPLANTA

PLANO 8: ESTRUCTURA 3D

PLANO 9: DETALLE PORTICO

PLANO 10: DETALLE PORTICO TRASERO

PLANO 11: DETALLE PORTICO FRONTAL

PLANO 12: DETALLE DE UNIONES

PLANO 13: DETALLE DE UNIONES Y ARRIOSTRAMIENTOS

PLANO 14: REPLANTEO DE LA CIMENTACION

PLANO 15: DETALLES CIMENTACION Y PLACAS DE ANCLAJE

### DOCUMENTO Nº3:

VALORACION ECONOMICA