



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA Y LA CIMENTACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA UNA CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO, SITUADA EN EL POLÍGONO QUÍMICO DE PUERTO DE SAGUNTO

AUTOR: PANADERO RICÓS, DAVID

TUTOR: SAURA ARNAU, HÉCTOR

Curso Académico: 2017-18

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene por objetivo diseñar, calcular y dimensionar la estructura metálica y la cimentación de una nave industrial para turbinas de una Central Térmica de Ciclo Combinado, localizada en el Polígono Químico de Puerto de Sagunto. El edificio tiene una superficie de planta de $2.772 m^2$ y alberga el ciclo combinado Siemens SCC5-4000F 1S de configuración monojeje 1x1, capaz de generar 423 MW de potencia eléctrica. Dispone de un puente grúa de 32 m de luz con carga portante máxima 40 toneladas.

El dimensionado de barras y de cimentación, el cálculo de comprobaciones de ELS y ELU, la generación de planos y el presupuesto de ejecución material se han realizado con módulos del software Cype 2018: Generador de pórticos, Cype3D, cypeCAD y Arquímedes. Asimismo, la presentación de planos se ha trabajado con Autocad 2018 y ciertos cálculos, como las mediciones de presupuesto, se realizaron con Office Excel. El proyecto se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la normativa española vigente CTE DB SE, la norma EHE – 08 y el Eurocódigo 3 y 9.

Palabras clave:

Nave industrial, estructura metálica, cimentación, central térmica, ciclo combinado, puente grúa, Cype Ingenieros, Generador de pórticos, Cype3D, CypeCAD, Arquímedes, Autodesk Autocad, Office Excel, Office Word, CTE DB SE, norma EHE-08, Eurocódigo.



RESUM

El present Treball de Fi de Grau té per objectiu dissenyar, calcular i dimensionar l'estructura metàl·lica i la fonamentació d'una nau industrial per a turbines d'una Central Tèrmica de Cicle Combinat, localitzada en el Polígon Químic de Port de Sagunt. L'edifici té una superfície de planta de $2.772 m^2$ y alberga el cicle combinat Siemens SCC5-4000F 1S de configuració monoeix 1x1, capaç de generar 423 MW de potència elèctrica. Disposa d'un pont grua de 32 m de llum amb càrrega portant màxima 40 tones.

El dimensionat de barres i de fonamentació, el càlcul de comprovacions d'ELS i ELU, la generació de plans i el pressupost d'execució material s'han realitzat amb mòduls del software Cype 2018: Generador de pòrtics, Cype3D, cypeCAD i Arquimedes. Així mateix, la presentació de plans s'ha treballat amb Autocad 2018 i es van calcular algunes qüestions, com els mesuraments de pressupost, amb Office Excel. El projecte s'ha dut a terme tenint en comte la normativa espanyola vigent CTE DB SE, la norma EHE-08 i l'Eurocodi 3 i 9.

Paraules clau:

Nau industrial, estructura metàl·lica, fonamentació, central tèrmica, cicle combinat, pont grua, Cype Enginyers, Generador de pòrtics, Cype3D, CypeCAD, Arquimedes, Autodesk Autocad, Office Excel, Office Word, CTE DB SE, norma EHE-08, Eurocodi.





ABSTRACT

The purpose of this Final Degree Project is to design, calculate and size the metal structure and foundation of an industrial building for Combined Cycle Power Plant's turbines, located in the Chemical Polygon of Sagunto. The building has a floor area of 2.772 m² and houses the Siemens SCC5-4000F 1S combined cycle with single-axis configuration 1x1, capable of generating 423 MW of electrical power. It has an overhead crane of 32 m of length that can transport a maximum 40 tons of 32 m of light.

The dimensioning of bars and foundations, the calculation of ELS and ELU checks, the plans' generation and the budget of material execution were made by Cype 2018 modules: Generador de pórticos, Cype3D, CypeCAD and Arquimedes. Likewise, the plans' layout has been worked with Autocad 2018 and some issues such as budget measurements were calculated with Office Excel. The project has been carried out taking into account the current Spanish regulations CTE DB SE, the norm EHE – 08 and Eurocode 3 and 9.

Keywords:

Industrial building, metal structure, foundations, thermal power station, combined cycle, overhead crane, Cype Engineers, Gantry Generator, Cype3D, CypeCAD, Archimedes, Autodesk Autocad, Office Excel, Office Word, CTE DB SE, norm EHE-08, Eurocode.





ÍNDICE GENERAL

- I.- Memoria
- II.- Anexos de cálculo
- III.- Presupuesto
- IV.- Planos





TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA Y LA
CIMENTACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA
UNA CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO,
SITUADA EN EL POLÍGONO QUÍMICO DE SAGUNTO

DOCUMENTO I. MEMORIA





Índice de Memoria

<u>1. Introducción del proyecto</u>	1
1. Objetivo y motivación del TFG	1
2. Antecedentes	1
3. Resumen de la metodología desarrollada.....	2
4. Características generales del proyecto	3
<u>2. Fundamentos Generales de una CTCC en España</u>	3
1. Evolución histórica	3
2. Descripción del proceso de un ciclo combinado	4
2. 1. Ciclo de Brayton ideal	4
2. 2. Ciclo de Rankine ideal.....	5
2. 3. Combinación de los ciclos.....	5
3. Ventajas de una central térmica de ciclo combinado de gas natural respecto de otras centrales térmicas convencionales	6
4. Zonas y componentes principales de una central térmica de ciclo combinado	6
<u>3. Situación y emplazamiento</u>	7
<u>4. Parámetros de diseño de la nave industrial</u>	8
1. Planteamiento previo	8
2. Parámetros de diseño de la nave	9
2. 1. Selección de la configuración del ciclo combinado	9
2. 2. Distribución de áreas en la planta	10
2. 3. Puente grúa	13
2. 4. Cumplimiento de la normativa municipal de Sagunto	13
<u>5. Descripción de la solución adoptada</u>	14
1. Descripción general de la nave.....	14
2. Proceso de construcción de una nave.....	15
3. Representación y descripción de los elementos estructurales principales	16
3. 1. Solera	17
3. 2. Cimentación.....	17
3. 2. 1. Elementos de cimentación aislados.....	17
3. 2. 2. Vigas	19
3. 2. 3. Placas de anclaje	20
3. 3. Estructura metálica.....	21
3. 3. 1. Pórtico interior.....	21



3. 3. 2. Correas.....	22
3. 3. 2. 1. Correas en cubierta.....	22
3. 3. 2. 2. Correas laterales.....	22
3. 3. 3. Pórtico de fachada frontal.....	23
3. 3. 4. Fachadas laterales.....	24
3. 3. 4. 1. Entramado lateral de la alineación 1.....	24
3. 3. 4. 2. Entramado lateral de la alineación 5.....	24
3. 3. 4. 3. Entramado lateral de la alineación 7.....	25
3. 3. 5. Viga carrilera.....	25
3. 3. 6. Cubiertas.....	25
3. 3. 6. 1. Faldón de cubierta del edificio principal.....	25
3. 3. 6. 2. Faldón de cubierta del edificio secundario.....	26
3. 4. Cerramientos.....	26
3. 4. 1. Cerramiento de cubierta.....	27
3. 4. 2. Cerramiento de fachada lateral.....	27
3. 5. Descripción de los perfiles.....	28
3. 5. 1. Tabla resumen de los perfiles empleados.....	28
<u>6. Normativa.....</u>	29
<u>7. Materiales.....</u>	30
1. Cimentación.....	30
2. Estructura metálica.....	31
<u>8. Resumen del Presupuesto.....</u>	32
1. Queso del presupuesto.....	33

I.- MEMORIA

1. Introducción del proyecto

1. Objetivo y motivación del TFG

El propósito de este proyecto es obtener la titulación del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la ETSII (Universidad Politécnica de Valencia). El trabajo ha sido realizado por el alumno David Panadero Ricós con la tutoría de Héctor Saura Arnau, ingeniero industrial y profesor titular de Escuela Universitaria.

El presente Trabajo Fin de Grado tiene por objetivo diseñar, calcular y dimensionar la estructura metálica y la cimentación de una nave industrial para turbinas de una Central Térmica de Ciclo Combinado CTCC, localizada en el Polígono Químico de Puerto de Sagunto. El edificio tiene una superficie de planta de $2.772 m^2$ con el fin de albergar el ciclo combinado Siemens SCC5-4000F 1S de configuración mono eje 1x1, capaz de generar 423 MW de potencia eléctrica. La capacidad de la CTCC es de 1200 MW al tener tres edificios para turbinas.

La motivación para realizar este proyecto se debe especialmente a que permite al alumno desarrollar ciertos conocimientos adquiridos a lo largo de su etapa universitaria. Es un trabajo atractivo que incluye el diseño de un edificio industrial respaldado por un cálculo de comprobaciones que atienden el marco legal vigente. A través de su elaboración se ofrece la oportunidad de repasar y aplicar algunos conocimientos técnicos estudiados en asignaturas interesantes como *Resistencia de Materiales, Estructuras, Tecnología de Construcción, CAD para estructuras, Tecnología energética, Máquinas Térmicas y Proyectos*. La información recogida en estas asignaturas quedará anotada con referencias bibliográficas en la memoria y en los anexos.

En cuanto a la selección del proceso de producción que acontece en la nave, cabe destacar que el interés del alumno por la generación de energía, y por los procesos que se llevan a cabo, ha ido creciendo en la fase final del Grado. Por eso mismo, al alumno le pareció oportuno elegir el ciclo combinado de una central térmica y así conocer más sobre este campo ingenieril.

2. Antecedentes

En este caso, aunque no sea cierto, se va a considerar que el promotor interesado que financia el proyecto es Gas Natural Fenosa y de la dirección de obra se encarga Siemens AG.¹ El propósito de abrir una nueva central térmica por parte de la empresa interesada recae en aumentar la capacidad de producción eléctrica en España y obtener en consecuencia unos beneficios para la compañía.

¹ Carbonell Figueras, SA. “Central térmica de ciclo combinado”, Siemens.

3. Resumen de la metodología desarrollada

Como punto de partida, se realizó un estudio de las distintas tipologías de edificios de turbinas de CTCC según la potencia energética generada. Seguidamente, se indagó más información sobre los sistemas de un ciclo combinado y sobre el equipo adecuado. El ciclo combinado proviene de Siemens SA.

Una vez seleccionada la potencia se escogió el emplazamiento, que es donde se halla la CTCC de Gas Natural Fenosa en Sagunto, y se ideó la distribución en planta definida por las áreas requeridas para un ciclo combinado. Con estos datos, era posible decidir con exactitud la superficie de la planta y la altura mínima de la nave. Debido a la complejidad del ciclo combinado y el peso de sus componentes, se tomó la decisión de colocar un puente grúa birraíl en el edificio principal.

Planteadas las dimensiones globales, se determinó el diseño de las barras. Con la ayuda del tutor se barajó varias opciones que al final desembocaron en la solución adoptada. Se fijaron cuestiones de diseño esenciales: el número de pórticos, los arriostramientos, los perfiles de barras, la altura del nivel de ménsula, etc. El dimensionado de la estructura y el cálculo de los esfuerzos se llevaron a cabo con el software *CYPE Ingenieros 2018* a través de las herramientas de *Generador de pórticos* y *Cype3D*. El *Generador de pórticos* define la geometría de la estructura (partiendo del pórtico interior) y también calcula las correas y las acciones que actúan sobre las barras. Luego se exportó esta información a la herramienta *Cype3D*. Éste calcula las secciones de todas las barras, fija su orientación, calcula la carga del puente grúa y los pandeos de los elementos.

El diseño de la estructura metálica se planificó en cuatro modelos.

- Modelo de estructura: Geometría ideal de los elementos, tipo de material, orientación de los perfiles y vinculación en extremos.
- Modelo de cargas: Acciones del Código Técnico de Edificación CTE y el reparto de esfuerzos.
- Modelo de pandeo: El pandeo es uno de los posibles fallos que hay que prevenir. Se asignan el beta de pandeo y el coeficiente de momento equivalente cm_y de las barras.
- Modelo de flechas: Restricciones de deformaciones y de desplazamientos máximos para garantizar la seguridad.

Posteriormente, se dimensionó la cimentación con el *Cype3D*, dando lugar a un conjunto de zapatas aisladas con rigidizadores enlazadas por vigas de atado. Tras comprobar el cumplimiento de los Estados Límites de Servicio ELS y los Estados Límites Últimos ELU, se crearon los planos. Con el software *AutoCAD 2018* se elaboró correctamente su debida presentación. Finalmente, se redactó la memoria y, asimismo, se incluyeron los anexos de cálculo más relevantes extraídos por *Cype 2018*. El presupuesto de ejecución material se elaboró con la herramienta *Arquímedes* y las mediciones de las unidades de obra se calcularon a través de los planos y la herramienta de *Office EXCEL*.

Este documento se divide en cuatro capítulos, que son: la *Memoria*, los *Anexos de cálculo*, el *Presupuesto* y los *Planos*. En la *Memoria* se describen las características generales de la central, el emplazamiento, los parámetros previos al diseño, la solución adoptada, la normativa y un resumen del

presupuesto. En los *Anexos de cálculo* se alude a las acciones consideradas y los cálculos. En el *Presupuesto* se ilustran los presupuestos parciales y el presupuesto base de licitación. En cuanto los *Planos*, se recomienda que sean utilizados durante la lectura de la memoria.



Ilustración nº 1. Esquema de la metodología desarrollada. (Fuente: Autor)

4. Características generales del proyecto

El objeto del proyecto soluciona la necesidad de alojar un ciclo combinado de una central térmica garantizando una serie de requerimientos espaciales, funcionales, de seguridad y de durabilidad.² Para cumplir con estos objetivos hay que tener en cuenta dos factores imprescindibles.

El primero tiene que ver con la funcionalidad del proceso industrial que acontece en el interior y en el exterior del edificio. Éste mismo debe habilitar el buen desarrollo productivo a lo largo de su periodo de servicio $T= 50$ años, refiriéndose tanto los diversos trabajos elaborados por los recursos humanos como la actividad de los equipos de maquinaria.

El segundo criterio persigue la optimización o eficiencia de los materiales constructivos para soportar y transmitir las cargas al terreno. Las acciones a las que se expone un cobertizo de estas características y en estas condiciones de contorno (el emplazamiento, los materiales, la forma, etc.), son principalmente las del peso propio, el viento y la sobrecarga de uso.

2. Fundamentos Generales de una CTCC en España

1. Evolución histórica

En el año 2002 fue puesta en marcha la primera CTCC inaugurada en España. A partir de entonces tuvo una creciente participación en la generación de electricidad alcanzando en 2008 una actividad de alrededor del 55% de su capacidad. No obstante, debido a la crisis económica, a la poca demanda energética y a la inversión en energías renovables; varias de las CTCC permanecieron en la

² Tecnología de la construcción, UPV. “La Nave Industrial”, Tema 1: Introducción (2017).

hibernación. Bien puede verse en su producción de energía menor del 10% en 2013.³ La sobrecapacidad del sistema energético global ha conllevado a estas centrales a servir como apoyo de las energías renovables.⁴

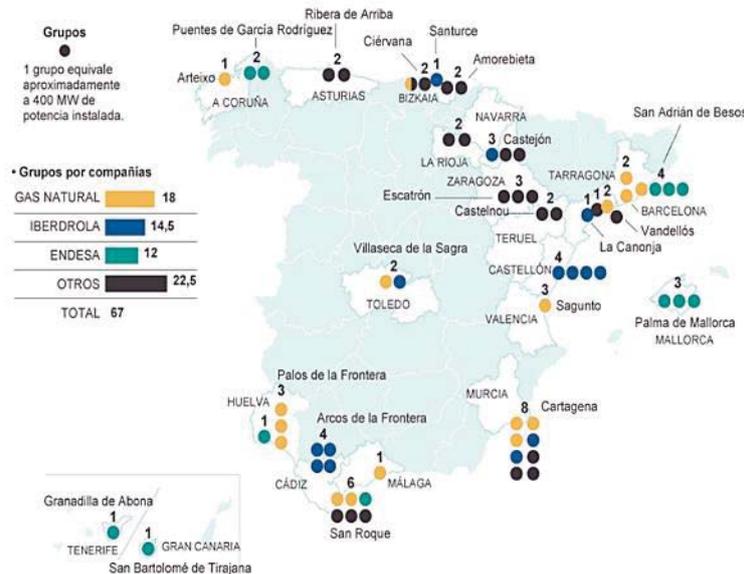


Ilustración nº 2. Grupos de centrales térmicas de ciclo combinado en España. (Fuente: Energiza (n.d.). Centrales de Ciclo Combinado en España. Recuperado de: <http://www.energiza.org/979-centrales-de-ciclo-combinado-en-espa%C3%B1a>)

2. Descripción del proceso de un ciclo combinado

Este tipo de centrales generan electricidad a partir de la energía calorífica de un combustible, el más habitual es el gas natural. Se requieren de dos ciclos combinados termodinámicos: el ciclo abierto de Brayton de alta potencia y el ciclo cerrado de Rankine de menor potencia, dependiente del cese de energía del anterior ciclo.

2. 1. Ciclo de Brayton ideal

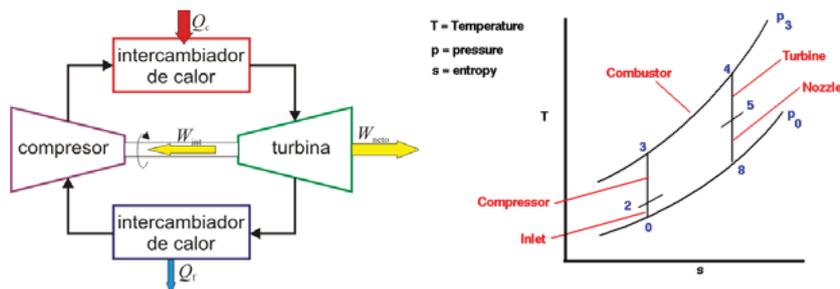


Ilustración nº 3. Esquema del ciclo de Brayton y gráfica de T-s. (Fuente: Google).

³ Energiza (n.d.). La situación real de los ciclos combinados en España. Recuperado de: <http://www.energiza.org/termosolar/119-cicloscombinados/451-la-situacion-real-de-los-ciclos-combinados-en-espana>

⁴ Energiza (n.d.). Centrales de Ciclo Combinado en España. Recuperado de: <http://www.energiza.org/979-centrales-de-ciclo-combinado-en-espa%C3%B1a>

El ciclo de Brayton ideal sigue los siguientes pasos.⁵ Primero, se inyecta aire de la atmósfera a la turbina de gas. Este se comprime en el compresor, cuyo eje es el mismo que el de la turbina para aumentar la eficiencia térmica, y luego es calentado en la cámara de combustión utilizando el gas natural. En condiciones termodinámicas de altas presiones y temperaturas, el gas se expande en la turbina provocando el propio giro de eje. Este trabajo mecánico es aprovechado por un generador eléctrico conectado a la turbina, que suelen tener rendimientos del 90%.

2. 2. Ciclo de Rankine ideal

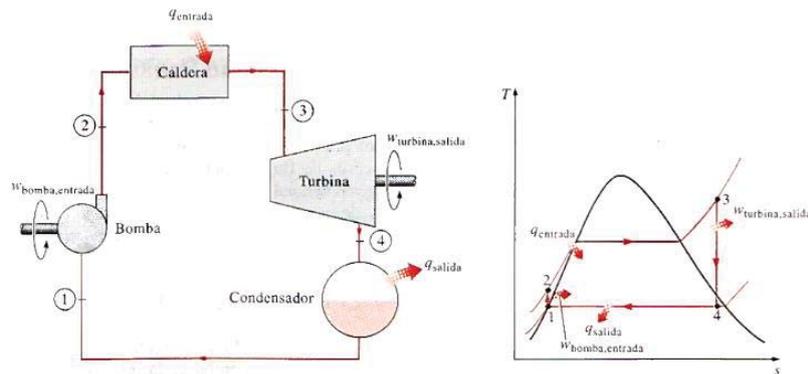


Ilustración nº 4. Esquema del ciclo de Rankine y gráfica de T-s (Fuente: Google).

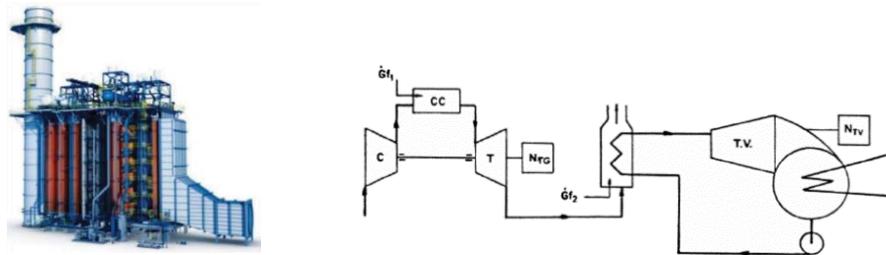
Mientras tanto, el ciclo de Rankine ideal utiliza el vapor de agua para obtener el trabajo mecánico.⁶ Con una bomba hidráulica se aumenta la presión y se transporta el agua líquida hacia la caldera de recuperación. En la caldera se le transmite el calor suficiente para que alcance el estado de vapor a una alta presión y temperatura. Al final se expande el gas en la turbina de vapor, dando lugar al trabajo mecánico en su eje. El vapor de baja presión se conduce al condensador donde pierde calor y se condensa, cerrando el ciclo. Dicho calor se libera al exterior con torres de refrigeración o con un circuito de agua de mar.

2. 3. Combinación de los ciclos

En un ciclo combinado, el ciclo de gas trabaja en un rango de temperaturas mayor que el ciclo de vapor. Los gases de escape de la turbina de gas salen a muy altas temperaturas, alrededor de los 900 K. Con el fin de aumentar la eficiencia térmica del ciclo termodinámico, en una caldera de recuperación se aprovecha ese exceso de energía de los gases de escape para cedérselo al agua del ciclo de agua-vapor y de ese modo se evapora cerca de los 840 K. Se suele producir vapor en alta, media y baja presión.

⁵ Tecnología energética, UPV. "Ciclo de Brayton", Tema 1B: Ciclos de potencia (2017).

⁶ Tecnología energética, UPV. "Ciclo de Rankine", Tema 1B: Ciclos de potencia (2017).



Thermodynamic comparison of gas turbine, steam turbine and combined-cycle processes

	GT	ST	CC
Average temperature of heat supplied, K (°C)	1000–1350 (727–1078)	640–700 (368–428)	1000–1350 (727–1078)
Average temperature of exhaust heat, K (°C)	550–600 (278–328)	300–350 (28–78)	300–350 (28–78)
Carnot efficiency, %	45–55	45–57	65–78

GT = Gas Turbine Power Plant, ST = Steam Turbine Power Plant, CC = Combined Cycle Power Plant

Ilustración nº 5. Caldera de recuperación HRSG y Esquema de un tipo de ciclo combinado. (Fuente: Tecnología energética, UPV. “Caldera de recuperación”, Tema 1B: Ciclos de potencia (2017)).

3. Ventajas de una central térmica de ciclo combinado de gas natural respecto de otras centrales térmicas convencionales⁷

- Tienen casi el 60% de rendimiento frente al 37% de las centrales convencionales. El consumo de combustible por KWh es considerablemente menor.
- El gas natural es mucho menos contaminante que el petróleo y el carbón. Emite menores cantidades de sustancias contaminantes a la atmósfera (CO₂, SO₂ y NO_x).
- Periodos de construcción cortos.

4. Zonas y componentes de una central térmica de ciclo combinado⁸

- Edificio de turbinas
 - Turbina de gas
 - Turbina de vapor
 - Generador
 - Condensador
 - Sistemas auxiliares
 - Caja de filtro de aire
 - Difusor de gases de escape
 - Puente grúa
- Caldera de recuperación de calor HRSG
- Ciclo de agua-vapor
- Chimenea
- Sistema eléctrico y de control

⁷ Fundación Gas Natural. “¿Qué ventajas ambientales tienen las Centrales de Ciclo Combinado de gas natural?”, Las ventajas ambientales de las Centrales de Ciclo Combinado de gas natural, ficha A.2 (2001).

⁸ Palau Martí, J. (2017). *Proyecto de estructura metálica de una nave para la sala de turbinas de una central térmica de ciclo combinado en Sagunto*. Tomo I. Valencia.

- Sistema de refrigeración principal: Torres de evaporación de tiro forzado
- Estación de regulación y medida de gas
- Planta de tratamiento de agua
- H2 Racks
- Protección contra incendios
- Subestación de transformadores principales
- Tanque de agua desmineralizada. Refrigeración auxiliar
- Zonas de bombas de alimentación de agua
- Edificio de oficinas y administración

3. Situación y emplazamiento

El emplazamiento seleccionado es la parcela donde se sitúa actualmente la central térmica de Unión Fenosa en el polígono Químico de Puerto de Sagunto (Valencia). Tiene una superficie solar de 120,000 m². La parcela se designa como *Industria Incompatible de Categoría 2 (ZI2)* según la normativa municipal de Sagunto, es decir, corresponde a:

“Edificios con disposición aislada, con aparcamientos privados, patios de maniobras, elementos externos y cuyo cerramiento con las vías públicas sean vallados o cercados. Complejos industriales que dentro del perímetro desarrollen varios procesos distintos.”⁹

Y presenta una *Tolerancia Industrial 2 (T.2)*, que se refiere a:

“Las actividades que requieran instalación de medidas correctoras especiales y cuya ubicación exija alejamiento por razones de riesgo ambiental.”¹⁰



Ilustración nº 6. Ubicación de la parcela de la central térmica sombreada. (Fuente: Google Maps).¹¹

Esta zona es interesante para este tipo de proyectos por su proximidad al mar y por su cercanía a cierta distancia de los núcleos urbanos de Sagunto y Valencia. Se cumple la normativa municipal de

⁹ Oficina técnica de urbanística (Ayuntamiento de Sagunto). “I-INDUSTRIAL. CLASIFICACIÓN. INDUSTRIA INCOMPATIBLE (I.I.). CATEGORÍA 2.” TEXTO REFUNDIDO NORMAS URBANÍSTICAS PGOU.

¹⁰ Oficina técnica de urbanística (Ayuntamiento de Sagunto). “CAP. II. – SUELO URBANO INDUSTRIAL Y/O. ZONAS Y CARACTERÍSTICAS.” . TEXTO REFUNDIDO NORMAS URBANÍSTICAS PGOU.

¹¹ Se recomienda observar el plano nº 1: “Plano del polígono Químico y la parcela cedido por el Ayto. de Sagunto.”

Se recomienda observar el plano nº 2: “Plano del emplazamiento de la nave dentro de la parcela.”

mantenerse alejado una mínima distancia de 250 m del marjal del moro, que es una ZEPA (zona de especial protección para las aves) ubicada a menos de 2 km de la central.

Tiene buenas comunicaciones por tierra. Con la autovía CV-309 se conecta, por un lado, con la V21 con dirección a Valencia; y por otro, con la autovía V23. Ésta última enlaza con las autopistas A-23 y AP-7. La A-23 se dirige a Teruel y Zaragoza y la AP-7 llega a Tarragona y Barcelona. Con la A-3 se comunica con Madrid. Se tiene la posibilidad de transporte por ferrocarril y de aeropuerto en Manises.

El polígono Químico se encuentra muy próximo al puerto marítimo de Sagunto, importante para el comercio exterior nacional, y a otros polígonos industriales como son el Parc de Sagunt y el Parque Indruinsa. Es una zona muy activa en la industria de la fabricación del acero y el hormigón. A este hecho se le debe añadir la llegada de empresas internacionales en un futuro a corto plazo que acaban de comprar nuevas parcelas en el Parc de Sagunt. Todo ello dará a la zona una mayor prosperidad laboral y un reconocimiento público.



Ilustración nº 7. Distribución de áreas fundamentales en una central térmica. Se remarca uno de los tres edificios de turbinas. (Fuente: Google Maps).

Tal y como aparece en la imagen, la parcela es suficientemente extensa como para instalar todas las áreas principales anteriormente citadas. Se observa que las zonas más grandes son el conjunto *edificio de turbinas - caldera de recuperación HRSG*, las torres de refrigeración y la subestación de transformadores.

4. Parámetros de diseño de la nave industrial

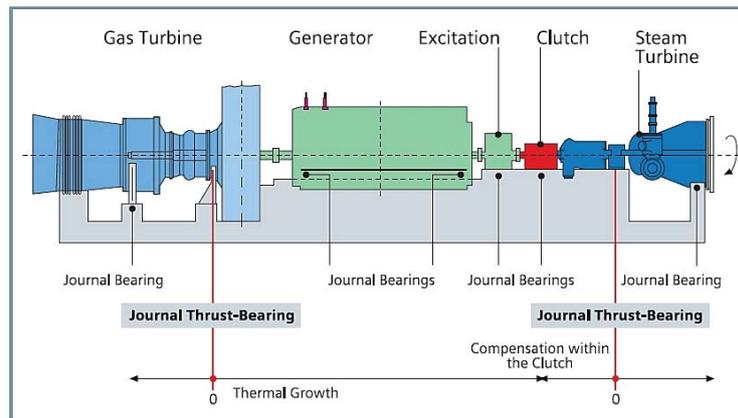
1. Planteamiento previo

Previamente al diseño es necesario determinar una serie de parámetros que deciden la tipología del cobertizo. El primero es conocer qué tipo de configuración de ciclo combinado se va a utilizar. Seguidamente, plantear los espacios requeridos para el funcionamiento ordinario de la planta, y a partir de este planteamiento se hace una visión global del espacio y del volumen mínimo. Luego se escoge el puente grúa que cumpla con las exigencias consideradas. Todo ello, teniendo en cuenta el cumplimiento de la normativa municipal de Sagunto. A continuación, se detallarán las decisiones tomadas y posteriormente se describirá la solución adoptada final.

2. Parámetros de diseño de la nave

2. 1. Selección de la configuración del ciclo combinado

Tras una investigación previa sobre varias configuraciones del ciclo combinado, se ha seleccionado la configuración *1x1 mono eje*, es decir, ambas turbinas de vapor y de gas comparten el mismo eje. Esta configuración se le conoce por ser efectiva al igual que poco costosa en inversión y en mantenimiento¹². Se trata del complejo Siemens SCC5-4000F 1S que da una potencia neta en condiciones ambientales ISO de 423 MW. Gracias a la colaboración de Siemens, se facilita los datos técnicos de su estructura y sus componentes:



Siemens combined cycle power plant	1S
Net power output (MW)	445
Net efficiency (%)	58,7
Net heat rate (kJ/kWh)	6,133
Net heat rate (Btu/kWh)	5,812
Number of gas turbine/s	1
Pressure/Reheat	Triple/yes
Turbina de gas	SGT5-4000F
Turbina de vapor	SST5-3000
Generador	SGen5-2000H

Elemento	Peso máximo montaje (ton)	Longitud (m)	Anchura (m)	Altura (m)
Turbina de gas	318	11	5,2	4,9
Turbina de vapor (cuerpo de alta presión)	47	6,9	3,1	2,9
Turbina de vapor (cuerpo de media-baja presión)	183	7,7	6,3	6,3
Generador (SGen5-2200H)	405	12,5	4,6	4,7

Ilustración nº 8. Esquema del SCC5-4000F 1S. Imagen de la turbina SGT5-4000F. Datos técnicos de SCC5-4000 1S. (Fuente: Siemens AG. "The next step in advanced single-shaft plant technology." Siemens combined cycle reference power plant SCC5-4000F 1S. (2008): page 2.)

¹² Reno vetec. (23 de Septiembre de 2016). Centrales térmicas de ciclo combinado: configuraciones. Versión en español. [Archivo de vídeo]. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=ZiIO_cpyMic

2. 2. Distribución de áreas en la planta

Se ilustran los esquemas de la distribución en bloques y de detalle¹³ de la planta:

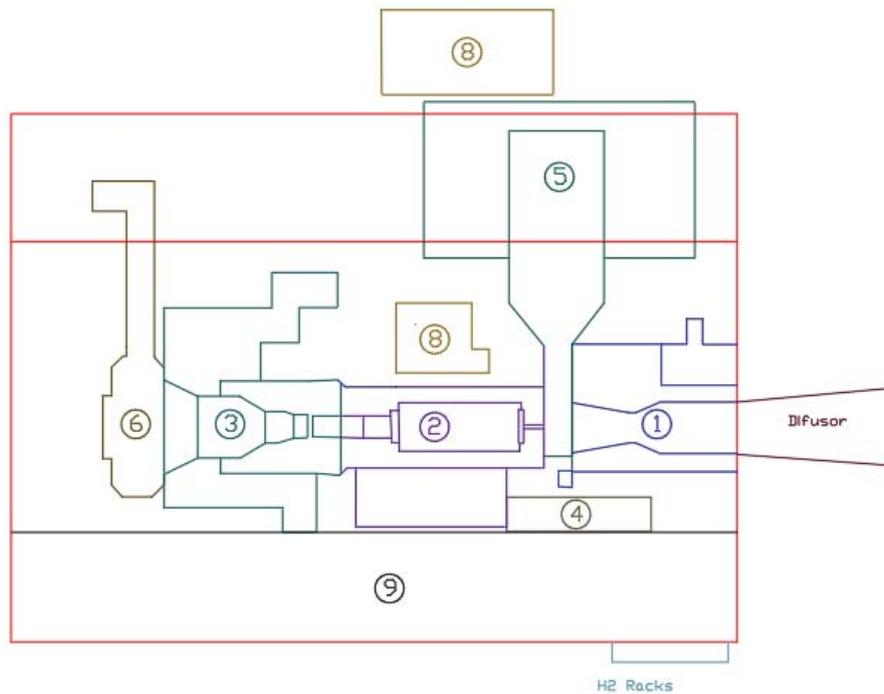


Ilustración nº 9. Distribución en bloques de la planta del edificio de turbinas. (Fuente: Autor).

Actividades (interior de la nave)	Superficies necesarias (m ²)	Superficies final (m ²)
1. Turbina de gas y sistema auxiliar	156	180
2. Generador y sistema auxiliar	150	167
3. Turbina de vapor y sistema auxiliar	260	330
4. Sistema auxiliar común	48	48
5. Sistema de toma de aire	447	447
6. Sistema del condensador	100	127
7. Sistema de control	175	175
8. Sistemas eléctricos	204	204
9. Zona de desmontaje	500	504
Total	2.040	2.182

Ilustración nº 11. Actividades y superficies (Fuente: Autor).

¹³ Proyectos, UPV. "Distribución de detalle", Tema 6: Planta industrial (2017).

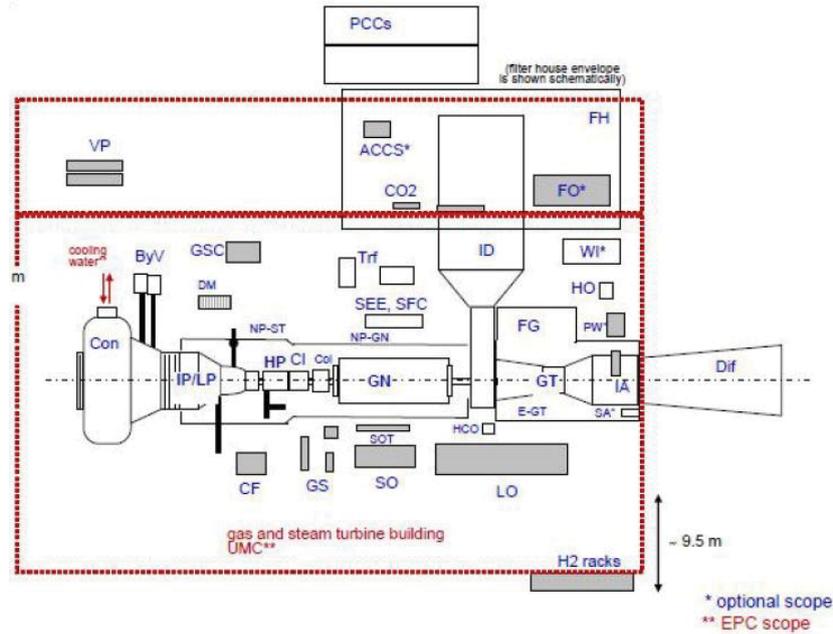


Ilustración nº 10. Distribución de detalle de la planta del edificio de turbinas. (Fuente: Siemens).

Leyenda

- GT – Turbina de gas.
- ST – Turbina de vapor. HP-IP/LP
- CI – Embrague
- GN – Generador.
 - Refrigerador de hidrógeno
 - Excitación estática
 - Col – colector (anillo de cobre)
- Sistema auxiliar de GT
 - FG – Combustible de gas
 - HO – Aceite hidráulico
 - IA – Tanque receptor del aire
 - HCO – Optimizador hidráulico
- Sistema auxiliar de ST
 - CF – Control de fluido
 - GSC – Glándula de condensador de vapor
 - ByV – LP y IP válvulas de bypass
 - DM – Módulo de drenaje
- Sistema auxiliar de GT+ST+CI+GN
 - LO – Aceite lubricante
- Sistema auxiliar del GN
 - GS – Sistema de gas: Refrigerante de hidrógeno, Argón
 - SO – Sello de aceite antideslizante
 - SOT – Tanque de depósito de aceite antideslizante
- Sistema de toma de aire
 - FH – Caja de filtro
 - ID – Conducto de entrada
- Sistema de gases de escape
 - Dif – Difusor
- Sistema del condensador
 - Con – Condensador
 - VP – Bomba de vacío
- Sistema de control
 - Operación y monitorización
 - Automatización
 - Inputs/Outputs
 - Ingeniería
 - Diagnósticos
- Sistemas eléctricos
 - PCC – Centro de control de potencia con aparellaje
 - Cargadores
 - Baterías
 - Protección de generador
 - Sincronización
 - SEE – Equipo de excitación estática
 - SFC – Convertidor de frecuencia inicial
 - Trf – Transformadores para SEE, SFC
- Recinto/Protección de sonido
 - E-GT – Recinto de GT
 - NP-ST//NP-GN – Protección de sonido para ST y GN
- Protección de incendios
 - CO2 – Para GT y FG

- Altura de componentes:



0,0 m



< 0,0 m



> 0,0 m

- Altura turbina – generador: 6,5 m.

Las turbinas y el generador se encuentran a un nivel de +6,5 m. En total, se dispone de una superficie de 1.614 m² para el equipo SCC5-4000F 1S y sus auxiliares. Las áreas de operación ordinaria de la planta se dividen en aquellas dedicadas para las turbinas, el generador, el condensador, los sistemas de control y eléctricos. Asimismo, es necesario 630 m² para realizar inspecciones de mantenimiento mayores de equipos desmontados. Este espacio se sitúa en el lado de las puertas de entrada/salida del edificio. Por tanto, el equipo del ciclo combinado ocupa mayoritariamente la parte central de la planta. Por este motivo se decide no emplear pilares intermedios en la zona de operación, aceptando que esta decisión implique mayor sección de jácena por su gran longitud de pandeo en el plano del pórtico.



Ilustración nº 12. SGT5-4000F incluye auxiliares para turbina de vapor y generador, embrague para enlazar la turbina de vapor con el generador, equipo de control y eléctrico, etc. (Fuente: Siemens).

En la ilustración se escenifica el entramado auxiliar del ciclo combinado:¹⁴ Los elementos auxiliares de la turbina de gas se hallan en la plataforma de acero que eleva las turbinas, el generador y el condensador. El sistema de refrigeración de aceite común pasa por debajo de la plataforma al nivel de suelo mientras que los elementos auxiliares del generador se localizan cerca del mismo, ya sea al mismo nivel de altura o debajo. El edificio secundario contiene las bombas de vacío VP, el filtro avanzado de compresor ACCS y el sistema de seguridad ante incendios para turbina de gas CO₂. Encima de este anexo se coloca la caja de filtro de aire para alimentar la turbina de gas FH. El edificio eléctrico está próximo al edificio secundario para asegurar conexiones cortas. Hay acceso a todos los equipos principales y auxiliares para su mantenimiento e inspección.

¹⁴ Siemens AG. "Plant layout." Siemens combined cycle reference power plant SCC5-4000F 1S. (2008): page 6.

2. 3. Puente grúa

El puente grúa pertenece al catálogo de la empresa ABUS. Tiene una luz de 32 m y capacidad portante máxima 40 toneladas. Recorre 45 m encima de las dos vigas carrileras entre los pórticos interiores B y G.¹⁵ El peso máximo de montaje de la maquinaria transportable corresponde al generador con unas 405 toneladas.¹⁶ Evidentemente, para su traslado se transportaría por partes. Los datos técnicos del puente grúa se hallan en el *capítulo I. Acciones de los Anexos*.



2. 4. Cumplimiento de la normativa municipal de Sagunto

El emplazamiento del edificio y la actividad industrial cumple con la normativa municipal PGOU¹⁷ dentro del subgrupo industrial ZI2/ T2. Se cita textualmente las exigencias más importantes:

“A.176.- TIPO DE EDIFICACION. Solamente edificación aislada. La ocupación la definirá las distancias mínimas a:

- Espacios públicos 20 m.
- Lindes 10 m.
- Edificaciones entre sí 5 m.

A.177.- ALTURA Y PLANTAS. En todos los casos el nº máximo de plantas será de 4 (20 m.). La altura de las naves será libre.

A.178.- FACHADAS. La composición de las edificaciones será libre.

A.179.- PARCELAS EDIFICABLES. Se entenderá por parcela mínima edificable en esta zona la que tenga como mínimo 7000 m² de superficie.

A.182.- APARCAMIENTOS. Los usos alternativos o tolerados deberán respetar las condiciones propias ya expuestas. En el uso de Industria será preceptivo reservar una superficie equivalente al 20 % de la total.”

¹⁵ Se recomienda observar el plano nº 4: “Plano vista 3D estructura.”

¹⁶ Ver Ilustración nº 8.

¹⁷ Oficina técnica de urbanística (Ayuntamiento de Sagunto). “CAP. II. – SUELO URBANO INDUSTRIAL Y/O. Secc. 4º - Normas Particulares de ZI.2” TEXTO REFUNDIDO NORMAS URBANÍSTICAS PGOU.

5. Descripción de la solución adoptada

1. Descripción general de la nave

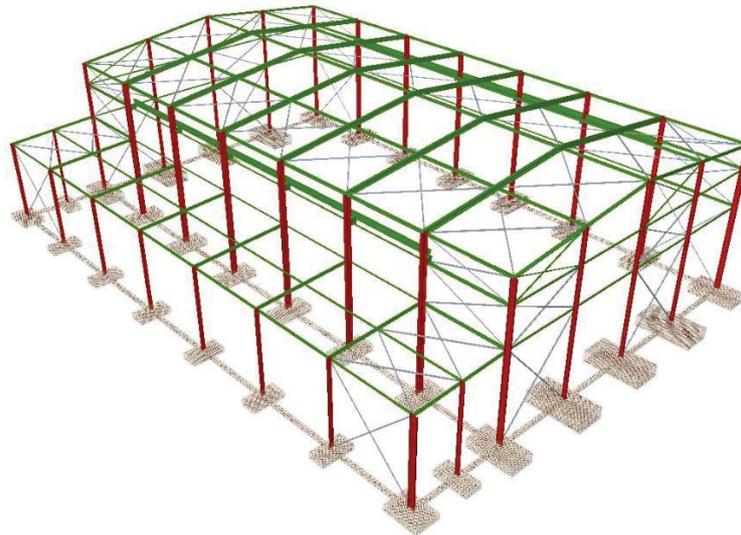


Ilustración nº 13. Representación tridimensional de la estructura. (Fuente: Cype).

La nave se compone por dos edificios adosados. El edificio principal es una estructura diáfana compuesta por 7 pórticos a dos aguas con una crujía de 9 m entre pórticos dando lugar a 63 m de longitud de nave. La altura de los aleros izquierdo y derecho HEB 600 es 16 m y la de cumbrera es 18 m, con una pendiente de cubierta 11,76% por motivos de drenaje. Las jácenas son HEB 500, la luz de estos pórticos es 34 m y se ha considerado el uso de un puente grúa con una luz de 32 m.¹⁸

Por otro lado, el edificio secundario se compone por 7 pórticos a un agua de 10 m de luz con la misma crujía que los pórticos principales, completando igualmente los 63 m de longitud. La altura del pilar del extremo IPE 360 es de 9 m y su cubierta IPE 300 tiene una pendiente de 5%. En general, el volumen de la nave es el adecuado para albergar los sistemas necesarios para que el funcionamiento del sistema productivo energético sea el óptimo (teniendo en cuenta el movimiento de operarios, las zonas de maquinaria y elementos auxiliares y el área de mantenimiento).

En cuanto a la estructura metálica, los esfuerzos mecánicos que debe soportar la nave implican un diseño eficiente y eficaz, hablando en términos materiales y funcionales. Para ello se ha decidido arriostrar la nave con:

- Cruces de San Andrés CSA en los laterales (perfiles L100x8 y cuadrado SHS 220x5).
- Viga contraviento VCV (perfiles L100x8 y cuadrado SHS 220x5) entre los dos primeros pórticos de cada extremo de nave.
- Viga durmiente (perfiles L100x8 y cuadrado SHS 250x5) en los dos faldones de la cubierta principal.

El plano de las dos vigas carrileras HEM 550, apoyadas en las ménsulas IPE 600 que salen de los pilares de los pórticos interiores, se sitúa a un nivel de +13,5 m.¹⁹ Se recuerda que el nivel del eje

¹⁸ Se recomienda observar el plano nº 5: "Plano pórtico tipo: alineaciones desde B a G."

¹⁹ Se recomienda observar los planos:

de la turbina y el generador se haya a +6,5 m sobre el nivel de suelo²⁰. Con elevar +7 m la carga pesada es más que suficiente para desplazar con seguridad cada máquina, ya que el máximo diámetro corresponde a la turbina de vapor con 6,3 m < 7 m.

El puente grúa se apoya en la base de la viga carrilera (0,55 m de alma). Desde el punto de apoyo del puente grúa hasta la parte más alta del carro mide $K1 = 1660 \text{ mm}$ ²¹. En total, $550 + 1660 = 2210 \text{ mm}$. Puesto que el edificio tiene una cumbrera de 18 m, hay espacio para que los operarios trabajen adecuadamente durante el mantenimiento del puente grúa. Las correas de cubierta son de tipo CF 275x4, entonces sumando el alma de este perfil a la jácena da lugar a que la nave tiene una altura total de 18,275 m.

Las correas de la nave están dispuestas de tal manera que sostienen los cerramientos laterales y la cubierta. Las correas laterales son IPE 200 y las de cubierta son CF275x4 y están a una distancia entre sí de 1,8 m y 1,85 m respectivamente. Los cerramientos de cubierta y de fachada son paneles de sándwich de poliuretano.

Existen ciertos huecos en los cerramientos para las puertas industriales de entrada/salida de la nave, para el difusor de los gases de escape de la turbina, para el paso del conducto del filtro de aire, los ventanales en los niveles superiores y la salida de la línea trifásica.²²

Respecto a la cimentación, está constituida por un conjunto de zapatas aisladas unidas a través de vigas de atado.²³ Las zapatas tienen grandes dimensiones ya que se necesita gran cantidad de material capaz de resistir todas las sollicitaciones (momentos flectores, cortantes, axiles) y transmitirlas al terreno. Se precisa de hormigón estructural armado con ferrallado inferior y superior. Este material reposa encima de hormigón de limpieza para evitar mezclas con el suelo. En la superficie se dispone de solera con base de zahorra natural.

2. Proceso de construcción de una nave

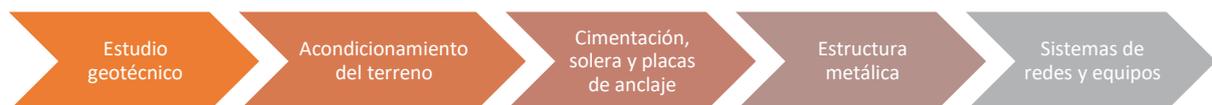


Ilustración nº 14. Proceso de construcción. (Fuente: Autor)

La construcción de una nave industrial de estas características sigue una serie de pasos. Se hace un estudio geotécnico del terreno para conocer algunos aspectos geológicos e hidrológicos. A raíz de este estudio surge un informe geotécnico que determina el diseño de las cimentaciones: normas, tecnología y tipología necesaria, condiciones del suelo de la parcela, etc.²⁴

nº 7: "Plano pórtico fachada lateral, alineación 1."

nº 11: "Cubierta del edificio principal en vista proyectada."

²⁰ Ver Ilustración nº 9. Distribución en bloques y de detalle de la planta del edificio de turbinas.

²¹ Ver Ilustración nº 41. Datos geométricos del puente grúa ABUS ZLK 40.000x32.000 con polipasto de cable GM 7400 H6.

²² Se recomienda observar el plano nº 14: "Plano vista 3D estructura con cerramiento."

²³ Se recomienda observar el plano nº 3: "Plano de cimentación y placas de anclaje."

²⁴ Tecnología de la construcción, UPV. "Introducción", Tema 11: Cimentaciones (2017).

Primero hay que acondicionar el terreno. Se despeja la explanada y se realiza el desbroce eliminando todo tipo de materia orgánica, plantas, escombros, malezas, etc. Mínimo 25 cm de espesor. Según se necesite mayor o menor cota del plano de superficie solar, se utiliza el terraplén o, en caso contrario, el desmonte. Es preferible que se use la tierra de desbroce como terraplén en la medida de lo posible por cuestión de costes.

Con la ayuda de ciertos equipos como el Bulldozer o motoescropa se extiende el terraplén por toda la superficie dada. Para la humectación se usan camiones de agua. Interesa que los niveles de humedad sean idóneos para asegurar la resistencia del suelo y minimizar riesgos de asentamientos postconstructivos. Luego se compacta el terraplén con compactadores vibratorios o compactadores pata de cabra. El siguiente paso trata sobre la implantación de la cimentación. La primera que se realiza es la de la superficie donde reposan las turbinas.²⁵ La cimentación, junto al terreno, absorben los esfuerzos mecánicos que ocasiona el peso de las máquinas. Después se implanta la cimentación correspondiente a la base de la estructura metálica. El proceso es el siguiente:²⁶

Comienza con la excavación del terreno hasta el nivel de desmonte. Se prepara la solera inferior y se vierte el hormigón de limpieza, que evita mezclas entre el hormigón estructural y el terreno. Siempre que sea hormigón armado debe cubrirse con hormigón de limpieza, así se protege la ferralla. Este recubrimiento se aplica tanto a las zapatas aisladas como a las vigas de atado. Encima del hormigón de limpieza se posicionan unos separadores donde se apoya el mallazo inferior de la zapata. Luego se vierte el hormigón resistente hasta alcanzar el desnivel de longitud de los pernos de anclaje. Se colocan las vigas de atado por los laterales, ubicadas dentro de las zanjas. Seguidamente se introducen la armadura de ferralla superior y las placas y los pernos de anclaje, que se fija con arandelas y tuercas. Finalmente, se completa el vertido de hormigón y se sueldan las cartelas rigidizadoras en la placa.

Finalizada la cimentación se construyen los entramados metálicos. La duración de esta fase depende de la experiencia de los trabajadores y de la tipología y complejidad de la obra. Primero se sueldan las barras y vigas de las uniones de pórticos y después se levantan cada pórtico teniendo como punto de apoyo las placas. Ya puestos verticalmente, se fijan las correas con ejiones y se posicionan los cerramientos laterales y de cubierta. Acabada la composición estructural se instalan las redes eléctricas, de agua de refrigeración, de calefacción, de gas natural y los equipos del ciclo combinado.

3. Representación y descripción de los elementos estructurales principales

En este apartado se describe la cimentación, cada elemento representativo de la estructura metálica y los cerramientos. Se detallan los perfiles y las longitudes de barras, la superficie y la tipología de los cerramientos, y el volumen y la composición de las zapatas.

²⁵ Carbonell Figueras, SA. "Características técnicas." SIEMENS, SA. Central de Ciclo Combinado. Sagunto (Valencia): página 2.

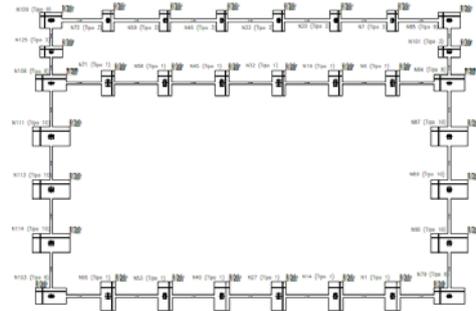
²⁶ Se recomienda observar el plano nº 3: "Plano de cimentación y placas de anclaje."

3. 1. Solera

La solera empleada está formada por hormigón armado HA-25/B/20/Ila de espesor $e=20$ cm y una malla electrosoldada ME 20x20 \varnothing 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE 10080 sobre separadores. Se le hace acabado superficial con fratasadora mecánica. La base de pavimento se materializa con relleno de zahorra natural caliza de espesor $e=10$ cm y compactación al 95% del ensayo Proctor modificado con bandeja vibrante.

3. 2. Cimentación

La cimentación de este proyecto atiende a lo dictaminado en la norma de cimentación EHE-08. Está constituida por zapatas aisladas, que sirven de base de pilares, enlazadas entre sí por las vigas de atado.²⁷ Los cálculos se han realizado considerando las acciones combinadas con viento y con sismo. Se ha tenido en cuenta el cumplimiento del ELU y ELS. Si no se cumple el ELU (se refiere al colapso total o parcial del terreno por fallo estructural de cimentación), puede ocasionar:²⁸



- La pérdida de capacidad portante del terreno (no puede resistir los esfuerzos). Consecuencias: el hundimiento, el deslizamiento o el vuelco.
- La pérdida de la estabilidad global.
- Menor durabilidad del material y aumento de fatiga del terreno cuando está sometido a cargas repetidas.

Si no se cumple el ELS (se refiere a los límites de deformaciones de terreno por razones estéticas y de servicio), puede ocurrir:²⁹

- Deterioro de los materiales, algunas vibraciones que cambian la apariencia, el confort o complican el funcionamiento de la maquinaria.

3. 2. 1. Elementos de cimentación aislados

Todas las zapatas son aisladas. Tienen una forma rectangular excéntrica, a excepción de las zapatas rectangulares centradas que se encuentran en las dos esquinas del edificio secundario (tipo 9). Interesan que sean excéntricas para contrarrestar el hundimiento, desplazando el eje del pilar con el fin de minimizar el momento flector resultante en la zapata. De la misma manera, han sido diseñadas para que el ancho mayor esté en la dirección del momento flector mayor. En las fachadas frontales, las zapatas se oponen al viento frontal mientras que en las fachadas laterales hacen lo mismo contra el viento lateral.³⁰ El recubrimiento de la cimentación en las zapatas tiene estas dimensiones:

Superior: 5 cm. Inferior: 5cm. Lateral: 8 cm

²⁷ Se recomienda observar el plano nº 3: "Plano de cimentación y placas de anclaje."

²⁸ Tecnología de la construcción, UPV. "Estados límite", Tema 11: Cimentaciones (2017).

²⁹ Tecnología de la construcción, UPV. "Estados límite", Tema 11: Cimentaciones (2017).

³⁰ Se recomienda observar el plano nº 3: "Plano de cimentación y placas de anclaje."

Tipo	Alineación	Referencias	Geometría	Armado
3	Fachada lateral edificio secundario	N72, N59, N46, N33, N20 y N7	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 87.5 cm Ancho inicial Y: 167.5 cm Ancho final X: 87.5 cm Ancho final Y: 167.5 cm Ancho zapata X: 175.0 cm Ancho zapata Y: 335.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 19Ø12c/17 Sup Y: 10Ø12c/17 Inf X: 19Ø12c/17 Inf Y: 10Ø12c/17
1	Fachada lateral edificio principal (Alineación 1)	N1, N14, N27, N40, N53 y N66	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 117.5 cm Ancho inicial Y: 232.5 cm Ancho final X: 117.5 cm Ancho final Y: 232.5 cm Ancho zapata X: 235.0 cm Ancho zapata Y: 465.0 cm Canto: 95.0 cm	Sup X: 35Ø12c/13 Sup Y: 17Ø12c/13 Inf X: 35Ø12c/13 Inf Y: 18Ø12c/12
10	Fachada frontal edificio principal	N114, N113, N111, N87, N89 y N90	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 150.0 cm Ancho inicial Y: 292.5 cm Ancho final X: 150.0 cm Ancho final Y: 292.5 cm Ancho zapata X: 300.0 cm Ancho zapata Y: 585.0 cm Canto: 130.0 cm	Sup X: 34Ø16c/17 Sup Y: 17Ø16c/17 Inf X: 34Ø16c/17 Inf Y: 17Ø16c/17
8	Esquinas del edificio principal	N108, N84, N79 y N103	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 127.5 cm Ancho inicial Y: 245.0 cm Ancho final X: 127.5 cm Ancho final Y: 245.0 cm Ancho zapata X: 255.0 cm Ancho zapata Y: 490.0 cm Canto: 105.0 cm	Sup X: 23Ø16c/21 Sup Y: 12Ø16c/21 Inf X: 23Ø16c/21 Inf Y: 12Ø16c/21
3	Fachada frontal edificio secundario	N125 y N101	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 87.5 cm Ancho inicial Y: 177.5 cm Ancho final X: 87.5 cm Ancho final Y: 177.5 cm Ancho zapata X: 175.0 cm Ancho zapata Y: 355.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 12Ø16c/29 Sup Y: 6Ø16c/29 Inf X: 12Ø16c/29 Inf Y: 6Ø16c/29
9	Esquinas del edificio secundario	N85 y N109	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 250.0 cm Ancho zapata Y: 350.0 cm Canto: 70.0 cm	Sup X: 20Ø12c/17 Sup Y: 14Ø12c/17 Inf X: 20Ø12c/17 Inf Y: 14Ø12c/17
1	Pilares interiores	N71, N58, N45, N32, N19 y N6	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 107.5 cm Ancho inicial Y: 202.5 cm Ancho final X: 107.5 cm Ancho final Y: 202.5 cm Ancho zapata X: 215.0 cm Ancho zapata Y: 405.0 cm Canto: 80.0 cm	Sup X: 15Ø16c/27 Sup Y: 8Ø16c/27 Inf X: 15Ø16c/27 Inf Y: 7Ø20c/30

Ilustración nº 15. Elementos de cimentación aislados. Tabla con el tipo de zapata, su localización en el plano de la estructura, las referencias, la geometría de cada zapata y el armado empleado. Datos extraídos de Cype3D.

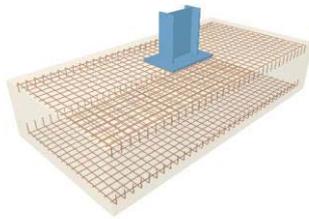


Ilustración nº 16. Zapata tipo 1.

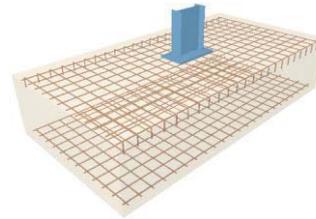


Ilustración nº 18. Zapata tipo 8.

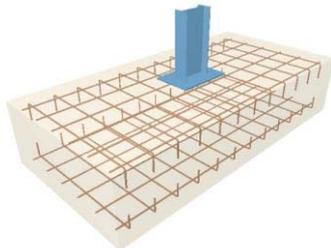


Ilustración nº 17. Zapata tipo 3.

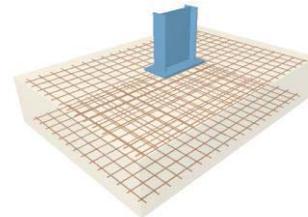


Ilustración nº 19. Zapata tipo 9.

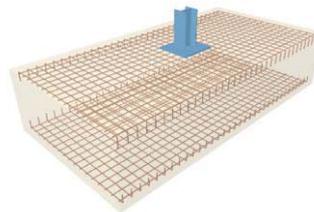


Ilustración nº 20. Zapata tipo 10.

Datos extraídos de Cype3D.

3. 2. 2. Vigas

Todas las vigas de cimentación son de atado e iguales. Sirven de arriostramiento entre las zapatas aisladas dando estabilidad a la cimentación. El recubrimiento de las vigas de atado tiene estas dimensiones:

Superior: 5 cm. Inferior: 5 cm. Lateral: 5 cm.

Alineación	Referencias	Geometría	Armado
Fachada frontal edificio principal	C [N103-N114], C [N114-N113], C [N113-N111], C [N111-N108], C [N84-N87], C [N87-N89], C [N89-N90] y C [N90-N79]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
Fachada frontal edificio secundario	C [N108-N125], C [N125-N109], C [N85-N101] y C [N101-N84]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
Resto de alineaciones: Fachadas laterales Alineación de pilares interiores	C [N109-N72], C [N72-N59], C [N59-N46], C [N46-N33], C [N33-N20], C [N20-N7], C [N7-N85], C [N79-N1], C [N1-N14], C [N14-N27], C [N27-N40], C [N40-N53], C [N53-N66], C [N66-N103], C [N108-N71], C [N71-N58], C [N58-N45], C [N45-N32], C [N32-N19], C [N19-N6] y C [N6-N84]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

Ilustración nº 21. Vigas. Tabla con la localización, las referencias, la geometría de cada viga y el armado. Datos extraídos de Cype3D.

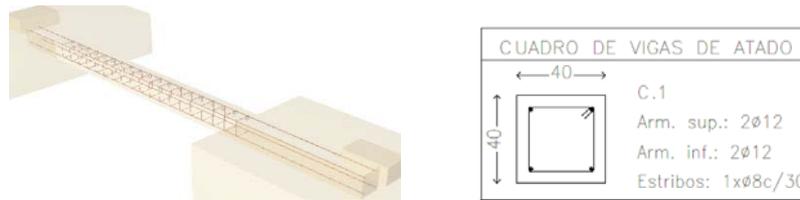


Ilustración nº 22. Viga de atado. Datos extraídos de Cype3D.

3. 2. 3. Placas de anclaje

Las placas de anclaje sirven de unión entre los pilares y la cimentación (CTE DB SE-A). Transmiten los esfuerzos de la estructura metálica a la cimentación. Justifican su uso con el propósito de evitar el hendimiento de la zapata por tracciones horizontales. Las solicitaciones principales son el axil, el momento y el cortante. Para soportar tales magnitudes, las placas de anclaje están compuestas por la placa de base, los rigidizadores y los pernos de anclaje.³¹

La base de los pórticos es empotrada, y debido a las grandes dimensiones del conjunto, se ha calculado un uso mínimo de cuatro pernos de anclaje en cada zapata. También es imprescindible la función de los rigidizadores puesto que la placa de base tendría que sobrepasar el espesor máximo si no se usasen, ello supondría mayores costes económicos, de manejo y de transporte. Las cartelas de rigidez son de acero S275JR y los pernos de anclaje son de acero corrugado B500 S, $Y_s=1,15$. Todas las placas están soldadas al pilar. Para fijar los pernos se hace uso de tornillos, tuercas y arandelas.

Alineación	Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
Fachada frontal y lateral edificio secundario	N72, N59, N46, N33, N20, N7, N125 y N101	6 Pernos \varnothing 25	Placa base (450x650x22)
Fachada lateral edificio principal (Alineación 1 y pilares interiores)	N1, N14, N27, N40, N53, N66, N71, N58, N45, N32, N19 y N6	6 Pernos \varnothing 32	Placa base (650x950x35)
Fachada frontal edificio principal	N114, N113, N111, N87, N89 y N90	8 Pernos \varnothing 40	Placa base (700x750x35)
Esquinas del edificio principal	N108, N84, N79 y N103	4 Pernos \varnothing 32	Placa base (450x800x30)
Esquinas del edificio secundario	N85 y N109	8 Pernos \varnothing 25	Placa base (400x800x30)

Ilustración nº 23. Cuadro de los arranques. Datos extraídos de Cype3D.

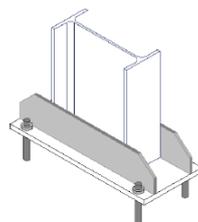


Ilustración nº 24. Placa de anclaje con cartelas. Datos extraídos de Cype3D.

³¹ Tecnología de la construcción, UPV. "Introducción", Tema 10: Placas de anclaje (2017).

3. 3. Estructura metálica

3. 3. 1. Pórtico interior

Hay un total de 5 pórticos interiores iguales, desde la alineación B hasta G.³² Se toma como representativo uno cualquiera.

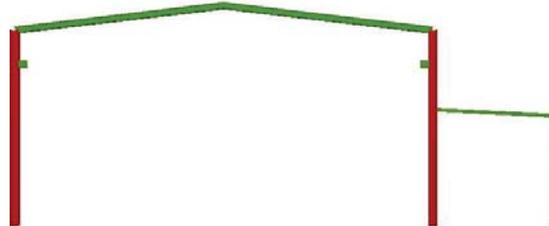


Ilustración nº 25. Pórtico interior. Datos extraídos de Cype3D.³³

Los pórticos interiores se componen por los pilares, las jácenas y las ménsulas que sirven de apoyo para las vigas carrileras. En el plano del pórtico, las principales acciones a las que están sometidos son la gravitatoria y de viento lateral. Frente a las acciones gravitatorias, las solicitaciones se transmiten de la cubierta a las correas, éstas a la jácena, luego a los pilares y finalmente al terreno a través de la cimentación. De la misma manera, para contrarrestar la acción del viento lateral, los cerramientos laterales y de cubierta transfieren cargas a las correas correspondientes, éstas al pórtico y el propio lo hace a la cimentación. Es importante reconocer que la acción gravitatoria siempre es de dirección y sentido hacia abajo mientras que el viento lateral puede hacer presión o succión según las circunstancias, siempre considerándose perpendicular a los cerramientos.

Los aleros de la estructura principal miden 16 m y tienen un perfil HEB 600 (en forma de H). Este tipo de perfiles laminados trabajan bien tanto a flexión como compresión, a diferencia de los IPE que trabajan peor a compresión y son menos resistentes (aunque sí más baratos económicamente). Igualmente, la jácena se materializa con un perfil HEB 500. La jácena presenta una ligera pendiente 11,76 % y tiene una luz de 34 m. Se necesita una considerable resistencia puesto que se tiene una luz muy grande y se carece de pilares intermedios.

Seguidamente, la ménsula donde apoya la viga carrilera es un IPE 600 de longitud 1 m, capaz de transmitir el momento flector a los pilares. Se sitúa a un nivel de +13,5 m por motivos explicados anteriormente. Más adelante, en los anexos se expone qué modelo de hipótesis de carga de puente grúa se utilizó para calcular su sección de perfil.

Respecto al edificio secundario, el pilar presenta un perfil laminado IPE 360 y la jácena un IPE 300. Los perfiles IPE trabajan bien a flexión y son una buena solución debido a su interesante relación *momento de inercia/cantidad de material* empleado. La luz del edificio es de 10 m en cuyo extremo se halla el pilar con una altura de 9 m. La jácena presenta una pendiente de cubierta de 5 %.

³² Se recomienda observar el plano nº 4: "Plano vista 3D estructura."

³³ Se recomienda observar el plano nº 5: "Plano pórtico tipo: alineaciones desde B a G."

El arriostramiento de los pórticos interiores en el plano de fachada lateral está constituido por las vigas perimetrales y el arriostramiento de CSA. Las vigas perimetrales sirven de atado para dividir en tres tramos el pilar y de ese modo reducir la longitud de pandeo. A través de esto se consigue una sección menor del perfil necesario y un comportamiento intraslacional del pórtico en el plano de fachada lateral. Por otro lado, en el plano del pórtico de fachada se arriostra con la VCV, la durmiente en el caso del edificio principal y por las propias correas de cubierta (disminuyen la longitud de pandeo de la jácena).

3. 3. 2. Correas

El diseño de las correas se realizó en el Generador de pórticos de Cype 2018. A continuación, se presentan las correas de cubierta y las correas laterales de ambos edificios.³⁴

3. 3. 2. 1. Correas en cubierta

Las correas de cubierta se apoyan en el ala superior de la jácena con el uso del ejón atornillado. Tienen un perfil CF-275x4.0. Éstos son capaces de trabajar bien a flexión y solventar el alabeo del ala comprimida de la UF con el rigidizador (labio B). La fijación de las correas es rígida impidiéndose el desplazamiento y la torsión. La separación de correas en ambos edificios es de 1,85 m (óptimo entre 1,75 y 2 m). El límite de flecha queda fijado en CTE DB-SE: $L/300$, siendo L la longitud de las correas.

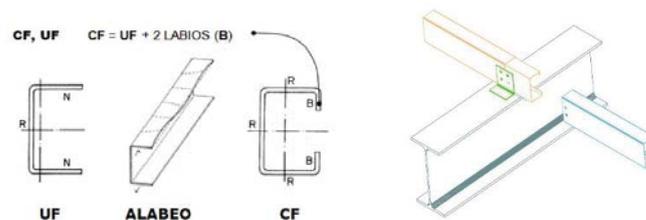


Ilustración nº 26. Perfil CF. (Fuente: CAD para Estructuras, UPV. "Correas", Manual Cype 2017 (2017)).

3. 3. 2. 2. Correas laterales

Las correas laterales son IPE 200 y tienen una separación de 1,8 m en ambos edificios. Estas correas están apoyadas en los pilares de los pórticos con su ala. Se decidió apostar por los IPE por su forma de doble T ya que permite aguantar el peso del cerramiento en su eje débil. Se recuerda que estos perfiles laminados en caliente tienen como característica su relación momento de inercia/cantidad de material superior a otros perfiles. Al igual que las correas de cubierta, la fijación de las correas es rígida y el límite de flecha sigue el CTE DB-SE (4.3.3.1.): $L/300$, siendo L la longitud de las correas.

³⁴ Se recomienda observar el plano nº 13: "Plano vista 3D estructura con correas."

3. 3. 3. Pórtico de fachada frontal

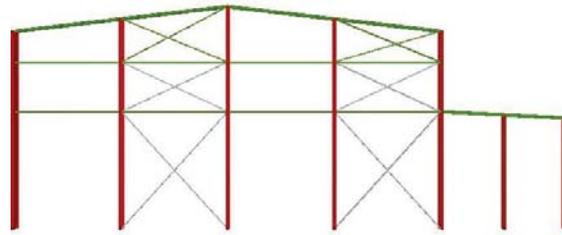


Ilustración nº 27. Pórtico de fachada frontal. Datos extraídos de Cype3D.

En la nave existen dos pórticos de fachada iguales en las alineaciones A y H.³⁵ Al igual que los pórticos interiores, se componen por pilares exteriores y por sus respectivas jácenas. No obstante, debido a la carga de viento frontal se ha decidido situar unos pilares intermedios y un sistema de contraviento.

En el edificio principal, los pilares exteriores son de IPE 550 y los interiores de HEB 320. La jácena se resuelve con un HEB 220. La altura del pilar central es de 18 m. La pendiente de jácena es 11,76% y la altura de pilares exteriores de 16 m.

En el plano perpendicular a la fachada frontal, el pórtico está empotrado en la base y apoyado en el pilar, sin desplazamiento. Esto se consigue con una consistente cimentación y con la viga contraviento y vigas perimetrales. Con esta composición se habilita la transmisión de la carga de los apoyos de las cabezas de los pilares 3/8qh y a su vez la cimentación el resto 5/8qh. Los pilares intermedios y exteriores están dispuestos a una misma distancia entre sí de 8,5 m. Sirven de apoyo de la jácena, transmiten cargas a los cimientos, facilitan la sujeción de correas y reducen los momentos flectores (proporcionales a L^2) y las flechas (proporcionales a L^4) de las barras en el plano perpendicular al pórtico. En el plano del pórtico, las cargas que aparecen son de la misma naturaleza que las del pórtico interior.

El sistema contraviento de fachada frontal consta de una serie de montantes cuadrados #140x8 en posición horizontal y de tirantes en cruz Lx100x8. Se busca la fijación en ciertas localidades de los pilares interiores para disminuir la longitud de pandeo en el plano perpendicular al pórtico. De lo contrario el pilar sería un voladizo y se requeriría mayor sección de perfil y mayor coste económico. Los montantes se sitúan a un nivel de +9,5 m y +13,5 m.

Las celosías triangulares se localizan en la segunda y cuarta columna desde la izquierda. Esto se debe a que en la primera columna se deja un hueco de 8,5 m de alto que sirve de puerta de entrada/salida de la nave. También el nivel de la fila de montantes inferior es +9,5 m para permitir el paso del difusor de la caldera de recuperación por la tercera columna de la alineación A.

³⁵ Se recomienda observar el plano nº 4: "Plano vista 3D estructura."

Se recomienda observar el plano nº 6: "Plano de fachada frontal, alineaciones A y H."

Luego en el edificio secundario aparecen el pilar exterior IPE 600 y el pilar interior IPE 360. La jácena se materializa con un IPE 270. La distancia entre pilares es de 5 m por los mismos motivos explicados. Dispone nuevamente de viga contraviento para apoyar las cabezas en el plano perpendicular y de base empotrada. La pendiente de cubierta es 5%.

3. 3. 4. Fachadas laterales

La nave posee tres fachadas laterales, pertenecen a las alineaciones 1, 5 y 7.³⁶

3. 3. 4. 1. Entramado lateral de la alineación 1

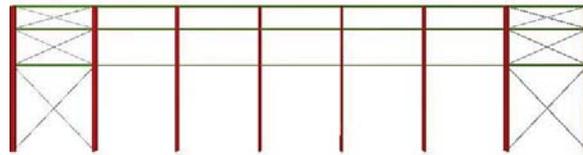


Ilustración nº 28. Entramado lateral de la alineación 1. Datos extraídos de Cype3D

La fachada lateral de la alineación 1 está comprendida por los pilares exteriores de todos los pórticos, por la Cruz de San Andrés, por las vigas perimetrales y por el cordón superior de arriostramiento de cubierta.

La CSA se sitúa en los vanos de cada extremo de la nave. Este arriostramiento se compone por un conjunto de cruces de tirantes diagonales y de montantes. Junto a las vigas perimetrales, impide la traslación de los pórticos en el plano perpendicular. Los tirantes sufren a tracción, de ahí que su perfil sea L100x8, y los montantes aparecen como cuadrados SHS 220x5. Con esta estructura se apoya la viga contraviento de cubierta, cuya reacción debe canalizarse hasta la cimentación. Los niveles de altura donde interseccionan los montantes, los pilares y las diagonales están a +9,5 m, +13,5 m y +16 m.

Se tienen dos filas de vigas perimetrales y una fila de cordones superiores. La diferencia entre ambos tipos de filas recae en que las vigas superiores aguantan a tracción como a compresión puesto que pertenecen al arriostramiento de la durmiente. En cambio, las vigas perimetrales trabajan a tracción. Las vigas perimetrales son IPE 140 y los cordones superiores son cuadrados SHS 250x5. Todas miden 9 m y los niveles de altura están a +9,5 m, +13,5 m y +16 m.

3. 3. 4. 2. Entramado lateral de la alineación 5

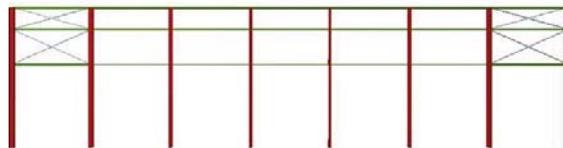


Ilustración nº 29. Entramado lateral de la alineación 5. Datos extraídos de Cype3D.

Todos los elementos coinciden con los correspondientes a la alineación 1, salvo que se ha despreciado el uso de diagonales en el tramo inferior de cada vano extremo por ser innecesario.

³⁶ Se recomienda observar el plano nº 4: "Plano vista 3D estructura."

Se recomienda observar el plano nº 7: "Plano pórtico fachada lateral, alineación 1."

Se recomienda observar el plano nº 8: "Plano pórtico fachada lateral, alineación 5."

Se recomienda observar el plano nº 9: "Plano pórtico fachada lateral, alineación 7."

3. 3. 4. 3. Entramado lateral de la alineación 7

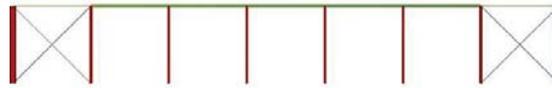


Ilustración nº 30. Entramado lateral de la alineación 7. Datos extraídos de Cype3D.

La fachada lateral del edificio secundario mide 9 m. Igualmente, tiene un arriostramiento de Cruz de San Andrés, formado por dos diagonales y un montante, en cada vano extremo. Las diagonales son unos tirantes de L100x8 mientras que el montante es cuadrado #140x5. Los pilares ya han sido descritos en el capítulo de pórticos interiores. Por último, la viga perimetral es un IPE 240 de 9 m de longitud. Cabe resaltar que la acción del viento frontal comprime el pilar del segundo pórtico y tracciona la diagonal.

3. 3. 5. Viga carrilera

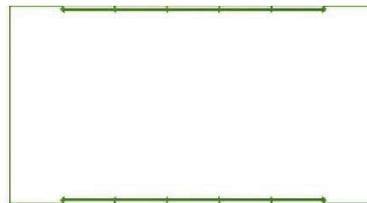


Ilustración nº 31. Plano viga carrilera. Datos extraídos en Cype3D.³⁷

El puente grúa birraíl necesita de dos vigas carrileras para poder moverse a lo largo del interior de la nave. Las ruedas del puente grúa se apoyan sobre estas vigas HEM 550, puesto que la acción del puente grúa requiere de un elemento resistente frente al pandeo lateral. Los HEM aguantan tanto a compresión como flexión en ambos planos. En todo caso debe evitarse dicho pandeo lateral ya que pondría en riesgo la caída del puente, y en consecuencia, la seguridad del establecimiento. La viga carrilera se asienta con el ala sobre la ménsula IPE 600 a 200 mm del extremo.

3. 3. 6. Cubiertas

La nave se cubre con una cubierta por cada edificio. Se presenta uno de los faldones idénticos del edificio primario y luego el faldón del adosado.

3. 3. 6. 1. Faldón de cubierta del edificio principal

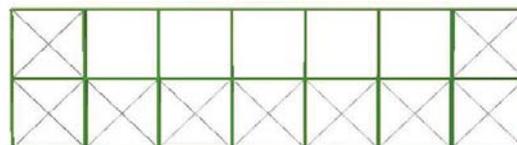


Ilustración nº 32. Faldón de cubierta del edificio primario. Datos extraídos en CYPE 3D.³⁸

³⁷ Se recomienda observar el plano nº 4: "Plano vista 3D estructura."

Se recomienda observar el plano nº 10: "Plano de viga carrilera, nivel +13,5 m."

³⁸ Se recomienda observar el plano nº 4: "Plano vista 3D estructura."

Para esta cubierta se decide utilizar una durmiente como arriostramiento y las vigas de contraviento colocadas detrás de los pórticos de hastial.

La viga contraviento VCV es una viga Pratt duplicada que funciona tanto en casos de succión como de presión. Se trata de una viga de celosía triangular que se sujeta en las almas de los perfiles de las jácenas de los pórticos extremos. Sus nudos coinciden con las cabezas de los pilares. La CSA sirve de apoyo para la VCV. Las reacciones $3/8qh$ de las cabezas de los pilares se conducen en suma y de forma equitativa a los dos apoyos de VCV, es decir, cada uno recibe la mitad de la reacción. Las acciones gravitatorias y esta reacción fluyen desde la cubierta hasta la cimentación a través de la estructura. Las diagonales son L 100x8 y los montantes cuadrados SHS 220x5. Las diagonales trabajan a tracción y los montantes tanto a compresión como a tracción según si el viento frontal es de presión o succión.

En cuanto a la viga durmiente, se define como una viga en celosía triangular compuesta por diagonales entrecruzadas y montantes. Se recorre toda la longitud de la nave 63 m. Véase en el plano nº 4: *Vista 3D de la estructura*, que las dos vigas durmientes están alineadas con el arriostramiento de fachada frontal. De este modo los arriostramientos del conjunto de la nave se complementan eficientemente. Los cordones de la durmiente son de perfil hueco cuadrado SHS 250x5 mientras que las diagonales son L100x8. Igualmente, todas las filas de cordones que unen las jácenas de los pórticos interiores son SHS 250x5, y así se homogeneiza la cubierta y se facilita el proceso de construcción.

3. 3. 6. 2. Faldón de cubierta del edificio secundario

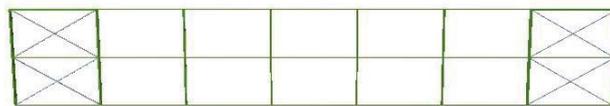


Ilustración nº 33. Faldón de cubierta del edificio secundario. Datos extraídos en CYPE 3D.³⁹

A diferencia de la cubierta del edificio primario, no se hace uso de la viga durmiente, solamente de VCV de menor ancho. La VCV se compone por diagonales L100x8 y por montantes cuadrados #140x5. La fila de vigas centrales también se trata de perfiles cuadrados #140x5.

3. 4. Cerramientos

Los cerramientos de cubierta y de fachada seleccionados pertenecen al catálogo de la empresa HB paneles, una empresa valenciana dedicada a la venta de paneles.⁴⁰

Se recomienda observar el plano nº 11: "Cubierta del edificio principal en vista proyectada."

³⁹ Se recomienda observar el plano nº 4: "Plano vista 3D estructura."

Se recomienda observar el plano nº 12: "Cubierta del edificio secundario en vista proyectada."

⁴⁰ HB Paneles. " Paneles sándwich de cubierta", Productos para naves industriales (2011). Página 6.

HB Paneles. " Panel sándwich de fachada junta oculta", Productos para naves industriales. Página 12.

3. 4. 1. Cerramiento de cubierta

El cerramiento de cubierta se materializa con el panel sándwich formado por dos chapas metálicas y de núcleo el poliuretano PUR, muy útiles para naves industriales con cubierta de pendientes mínimas de 10%. Con el panel de sándwich se busca una buena relación de resistencia por peso ya que estos materiales son ligeros. La chapa metálica superior tiene forma grecada con 3 grecas, así mejora la rigidez y desaloja el agua en caso de lluvia. Sin tapajuntas y sistema europeo de solape. Tiene un espesor de 40 mm y un ancho de 1000 mm. El poliuretano es una resina sintética que tiene propiedades interesantes como aislante térmico y acústico gracias a las porosidades de su interior.⁴¹

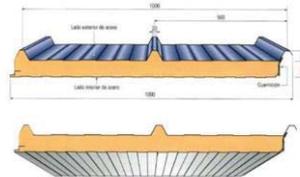


Ilustración nº 34. Cerramiento de cubierta de HB paneles. (Fuente: HB Paneles).

3. 4. 2. Cerramiento de fachada lateral

El cerramiento de todas las fachadas laterales es también de panel de sándwich. En este caso, está formado por dos chapas metálicas de espesor 0,6 mm y aislamiento de espuma de poliuretano de densidad 40 kg/m³ y 60 mm de espesor. Su fijación es oculta y atornillada.

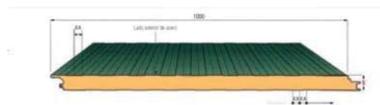


Ilustración nº 35. Cerramiento de fachada de HB paneles. (Fuente: HB Paneles).

Referido a los huecos en las paredes de la nave que se tienen en cuenta para medir la superficie de cerramiento lateral:⁴²

- El edificio principal permite la entrada y salida de operarios y transporte de materia por dos puertas de 8,5 m en ambos pórticos de hastial, una frente a la otra por el lado del área de inspección (espacio libre). Están formadas por lona de PVC fijada mediante atornillado.
- También se necesita que el difusor de los gases de escape dirigidos a la caldera de recuperación HRSR atraviese la fachada A. El hueco comprende 9 x 8,5 m². Su punto central geométrico coincide con el plano de la línea del eje de las turbinas.
- Para el conducto de toma de aire de la turbina de gas que reposa en el edificio adosado, un hueco de 4 x 9 m².
- Salida de línea trifásica 1,8 x 5 m² y dos puertas de entrada/salida de 5 x 5 m² en el edificio secundario. Son puertas seccionales industriales formadas por panel de sándwich de 40 mm de espesor con aislante de poliuretano. El acabado es lacado de color RAL 9016 en la cara exterior y de color RAL 9002 en la cara interior, con mirilla central de 610x180 mm, formada por marco de material sintético y acristalamiento de polimetilmetacrilato (PMMA).

⁴¹ PATEC (n.d.). Tipo de materiales. Recuperado de: <https://www.patec.org/proyecto-nave-industrial.php>

⁴² Se recomienda observar el plano nº 14: "Plano vista 3D estructura con cerramiento."

- Ventanales de 10 mm de espesor para que entre luz en la parte superior del edificio principal y en el secundario. Su altura coincide con la distancia entre correas 1,8 m. Son de vidrio de silicato sodocálcico templado, incoloro, fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo. Su ubicación tiene el fin de aprovechar al máximo la luz solar a lo largo del trayecto del sol diariamente desde este a oeste.

3. 5. Descripción de los perfiles

Los aceros para estructuras metálicas siguen el CTE DB – A. Los perfiles de doble T que se han utilizado son productos laminados en caliente (UNE EN 10025). La mayoría de las barras pertenecen a este grupo: IPE, HEB y HEM. Los perfiles de huecos cuadrados de las fachadas frontales son armados de chapas de acero laminado mientras que los montantes de CSA y VCV son huecos cuadrados SHS conformados en frío (UNE EN 12219). Las correas de cubierta tienen un perfil conformado en frío.

3. 5. 1. Tabla resumen de los perfiles empleados

	EDIFICIO PRIMARIO	EDIFICIO SECUNDARIO
PILAR	HEB 600	IPE 360
JÁCENA	HEB 500	IPE 300

Ilustración nº 36. Pórtico interior. (Fuente: Autor).

	EDIFICIO PRIMARIO	EDIFICIO SECUNDARIO
PILAR EXTERIOR	IPE 550	IPE 600
PILAR INTERIOR	HEB 320	HEB 360
JÁCENA	HEB 220	IPE 270
MONTANTE	CUADRADO 140X8	
TIRANTE	L 100X8	

Ilustración nº 37. Fachada de hastial. (Fuente: Autor).

	EDIFICIO PRINCIPAL		EDIFICIO SECUNDARIO
CORDÓN INFERIOR DURMIENTE	CUADRADO SHS 250X5	VIGA PERIMETRAL	IPE 240
VIGA PERIMETRAL	IPE 140	PILAR INTERIOR	IPE 360
TIRANTE CSA	L 100X8	TIRANTE CSA	L 100X8
MONTANTE CSA	CUADRADO SHS 220X5	MONTANTE CSA	CUADRADO 140X5

Ilustración nº 38. Fachada lateral. (Fuente: Autor).

	EDIFICIO PRINCIPAL		EDIFICIO SECUNDARIO
CORDÓN DURMIENTE	CUADRADO SHS 250X5	MONTANTE FALDÓN	CUADRADO 140X5
TIRANTE DURMIENTE	L100X8	TIRANTE VCV	L 100X8
TIRANTE VCV	L 100X8	MONTANTE VCV	CUADRADO 140X5
MONTANTE VCV	CUADRADO SHS 220X5		

Ilustración nº 39. Cubierta. (Fuente: Autor).

	PERFIL
VIGA CARRILERA	HEM 550
MÉNSULA	IPE 600

Ilustración nº 40. Plano de viga carrilera. (Fuente: Autor).

	PERFIL	DISTANCIA (m)
CUBIERTA	CF 275X4	1,85
LATERAL	IPE 200	1,8

Ilustración nº 41. Correas. (Fuente: Autor).

6. Normativa

El proyecto contempla el cumplimiento de dos de las veintiocho exigencias básicas dictaminadas por la normativa española:

- SE 1: Resistencia y estabilidad.
- SE 2: Aptitud al servicio.

El resto de las exigencias básicas no han sido consideradas dado que se requeriría un estudio de mayor complejidad y sobrepasaría los límites de extensión de un TFG. A continuación, se expone la normativa tenida en cuenta en el proyecto.

CTE DB SE - Código Técnico de Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Aprobado por el real Decreto 314/2006.

- CTE DB SE-AE - Código Técnico de Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Acciones de edificación.
 - Peso propio.
 - Sobrecarga de viento.
 - Sobrecarga de nieve.
 - Sobrecarga de uso.
- CTE DB SE-A - Código Técnico de Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Acero. Categorías de uso:
 - E. Zonas de tráfico y aparcamiento para vehículos ligeros. Para el puente grúa.
 - G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de las acciones variables.

CTE DB SE-A - Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

Material base: S275.

Material de aportación: características mecánicas igual o superior que material base. (4.4.1. CTE DB SE – A).

CTE DB SE-A - Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones atornilladas.

Material base: S275.

- CTE DB SE-M - Código Técnico de Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Madera.

Norma EHE-08 - Instrucción Española del hormigón estructural.

- Para hormigón estructural y placas de anclaje en situaciones permanente o transitoria.
 - Categoría de uso: G1. Cubiertas para mantenimiento no concomitante.
- Puente grúa. Categoría de uso: E. Zonas de tráfico y aparcamiento para vehículos ligeros.

Eurocódigo 9. Aluminio.

- ELU de Rotura. Cota de nieve: altitud inferior o igual a 1000 m.
- G. 30 kN < peso de vehículo <= 160 kN. (Puente grúa).

Eurocódigo 3. Parte 6. (EN 1993-6). Acciones y exigencias relacionadas con el puente grúa.

7. Materiales

1. Cimentación

- HA-25/B/30/IIa, Yc=1,5. El hormigón armado estructural tiene una resistencia característica de proyecto $f_{ck}=25$ MPa (resistencia a compresión con una confianza del 95% en los ensayos de rotura). El coeficiente parcial de seguridad es $Y_c=1,5$ (EHE 15.3) puesto que la situación de proyecto es persistente o transitoria. El tamaño máximo de cuarcita (árido) en cimentación es de 30 mm y en las vigas de cimentación es de 15 mm. Respecto al Estado Límite de Durabilidad, es de tipo de ambiente IIa, es decir, de clase general de exposición normal (relativos a la corrosión de las armaduras) con humedad alta.⁴³
- HL-150/B/30/IIa. Hormigón de limpieza. Es un hormigón no estructural de uso obligatorio (artículo 4.5.1.2. del DB SE-C) al estar hecha la zapata de hormigón armado. Se requiere de hormigón de limpieza sobre la excavación para eliminar desecación y contaminación en los primeros tiempos de vertido. Su espesor es de 10 cm.
- B500 S, Ys=1,15. El acero usado para las barras de la armadura de hormigón armado B es acero corrugado de límite elástico 500 MPa y es soldable de ductilidad normal S. El coeficiente de seguridad es $Y_s=1,15$ (EHE 15.3.) ya que la situación de proyecto es persistente o transitoria. Las mermas de acero son de 10% en zapatas y vigas de atado. Norma de producto UNE 36068.

El terreno de cimentación presenta las siguientes tensiones admisibles:

- Situaciones persistentes: 0,2 MPa.
- Situaciones sísmicas y accidentales: 0,3 MPa.



Ilustración nº 42. Acero corrugado B 500 S. (Fuente: Calidad Siderúrgica (n.d.). Barras corrugadas S y SD. Recuperado de: <http://www.calsider.es/products/barras-corrugadas-s-y-sd>)

⁴³ Tecnología de la construcción, UPV. "Acciones - Estado Límite de Durabilidad", Tema 05: Hormigón (2017).

2. Estructura metálica

Todos los aceros de CTE DB – A son soldables. El acero laminado es del tipo S275 y el acero conformado es del S235. La composición de los metales estructurales son hipoeutectoides y de perlita+ferrita. Su comportamiento ante los esfuerzos y deformaciones es de clase 3. Esto quiere decir que las barras son semicompactas o elásticas. Ante una situación de tensiones iguales a la tensión límite elástica, la deformación local no permite alcanzar el momento plástico.

	Acero conformado S235	Acero laminado S275
Módulo de elasticidad E	210 GPa	210 GPa
Coefficiente de Poisson	0,3	0,3
Módulo de cortadura G	81 MPa	
Límite elástico f_y	235 MPa	275 MPa
Densidad	78,5 KN/m ³	78,5 KN/m ³
Coefficiente de dilatación	$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ m/m.}^\circ\text{C}$	$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ m/m.}^\circ\text{C}$
Peso específico		77,01 KN/m ³
γ_{M0}	1,05	1,05
γ_{M1}	1,05	1,05

Ilustración nº 43. Acero en estructura metálica. (Fuente: CAD para Estructuras. "Acero". Manual de Cype 2017.)

8. Resumen del presupuesto

Presupuesto base de licitación	Importe (€)
1 Acondicionamiento del terreno	129.521,89
1.1.- Movimiento de tierras y compactación	30.290,39
1.2.- Solera	99.231,50
2 Cimentaciones	52.804,54
2.1.- Regularización	3.224,31
2.2.- Superficiales	45.104,72
2.3.- Arriostramientos	4.475,51
3 Estructuras	570.636,84
3.1.- Acero	570.636,84
4 Cerramiento de fachadas	234.311,94
4.1.- Cerramiento de fachadas	234.311,94
5 Cerramiento de cubiertas	77.088,42
5.1.- Cerramiento de cubiertas	77.088,42
6 Ventanas y puertas industriales	25.475,98
6.1.- Puertas industriales	9.648,22
6.2.- Ventanas de vidrio	15.827,76
7 Puente grúa	72.100,00
7.1.- Puente grúa	72.100,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	1.161.939,61
Gastos Generales 13%	151.052,15
Beneficio Industrial 6%	69.716,37
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	1.382.708,13
IVA 21%	290.368,71
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	1.673.076,84

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de UN MILLÓN SEISCIENTOS SETENTA Y TRES MIL SETENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Valencia, 14 de Junio de 2.018.

1. Queso del presupuesto

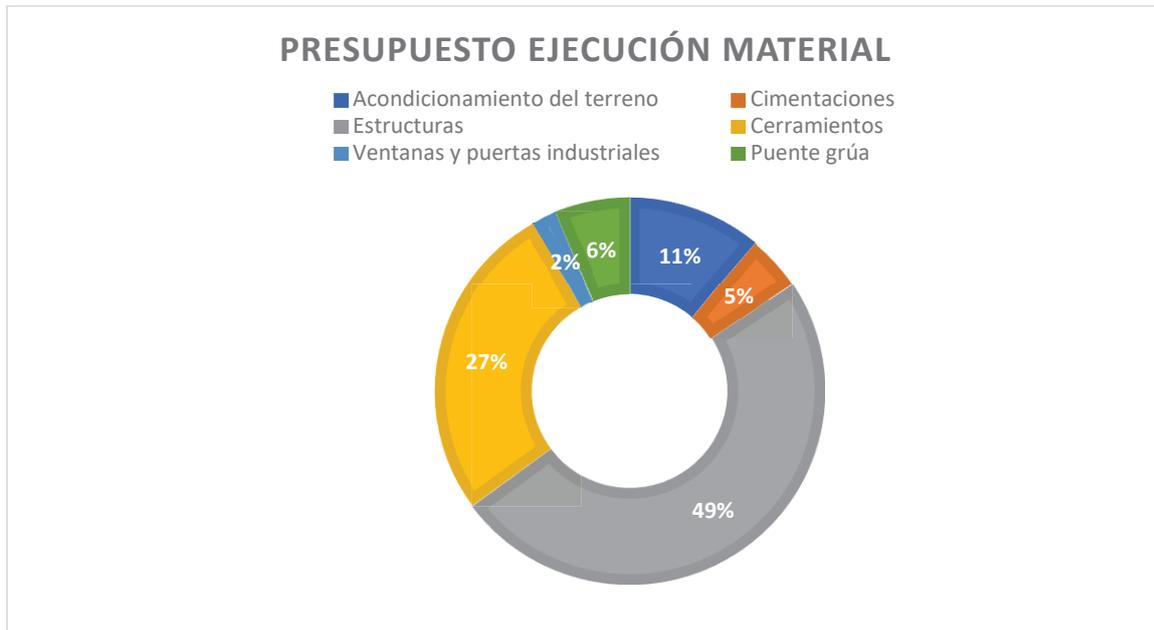


Ilustración nº 40. Queso del presupuesto ejecución material.

	Precio €/m ²
Acondicionamiento del terreno	47
Cimentaciones	19
Estructura metálica	206
Cerramientos	112
Ventanas y puertas industriales	28
Puente grúa	26

Ilustración nº 41. Índice de precio de coste por unidad de superficie de planta de cada unidad de obra.



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA Y LA
CIMENTACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA
UNA CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO,
SITUADA EN EL POLÍGONO QUÍMICO DE SAGUNTO

DOCUMENTO II. ANEXOS





Índice de Anexos

<u>1. Acciones sobre edificios</u>	1
1. Estados Límites	1
2. Capacidad portante. Situaciones persistentes o transitorias.....	1
2. 1. Desplazamientos.....	2
2. 2. E.L.U. de rotura. Acero laminado y conformado	2
3. Datos de obra	3
4. Permanentes	3
4. 1. Peso propio.....	3
5. Variables.....	3
5. 1. Sobrecarga de uso	3
5. 2. Viento	4
5. 3. Nieve.....	4
5. 4. Puente grúa	5
5. 4. 1. Hipótesis de carga.....	5
<u>2. Dimensionado de los elementos principales</u>	7
1. Cimentación.....	7
1. 1. Zapatas	8
1. 2. Vigas de atado	9
2. Placas de anclaje.....	10
3. Estructura metálica	11
3. 1. Correas.....	11
3. 1. 1. Correas de cubierta.....	12
3. 1. 2. Correas laterales	15
3. 2. Referencias de flechas y notación de comprobaciones de ELU	20
3. 3. Pórtico interior.....	21
3. 3. 1. Flechas	21
3. 3. 2. Comprobaciones de ELU resumidas	22
3. 4. Pórtico de fachada frontal	23
3. 4. 1. Flechas	23
3. 4. 2. Comprobaciones de ELU resumidas	23
3. 5. Fachada lateral del edificio principal.....	25
3. 5. 1. Flechas	25
3. 5. 2. Comprobaciones de ELU resumidas	25
3. 6. Fachada lateral del edificio secundario	26
3. 6. 1. Flechas	26
3. 6. 2. Comprobaciones de ELU resumidas	27
3. 7. Viga carrilera.....	27
3. 7. 1. Flechas	27
3. 7. 2. Comprobaciones de ELU resumidas	28
3. 8. Cubiertas.....	28



3. 8. 1. Cubierta del edificio principal	28
3. 8. 1. 1. Flechas.....	28
3. 8. 1. 2. Comprobaciones de ELU resumidas.....	29
3. 8. 2. Cubierta del edificio secundario	29
3. 8. 2. 1. Flechas.....	29
3. 8. 2. 2. Comprobaciones de ELU resumidas.....	30

II.- ANEXOS DE CÁLCULO

1. Acciones sobre edificios

Las acciones son perturbaciones que afectan al estado de la nave a lo largo de su vida útil.⁴⁴ Existiendo distintas clasificaciones de acciones, aquellas que se han valorado para el dimensionado son:

- Permanentes. Se les llama así porque su posición es fija respecto del tiempo, ya sea de magnitud constante o variable.
- Variables. Actúan sobre el edificio con cierta frecuencia según la acción.

En el presente proyecto, los cálculos realizados están basados en que las cargas son estáticas, aunque realmente siempre son dinámicas pero despreciables respecto del tiempo. El Generador de pórticos calcula las siguientes cargas:

- Peso propio.
- Sobrecarga de uso en cubierta.
- Correas.
- Sobrecarga de viento.
- Sobrecarga de nieve.

El Cype 3D calcula las acciones adicionales, que son las debidas al puente grúa. El sistema de unidades empleado es el Internacional SI. Las unidades de energía es el Julio (J).

1. Estados límites

Las comprobaciones de Seguridad Estructural se realizan con los Estados Límites Últimos ELU y de Servicio ELS. Superada esta condición se arriesga la seguridad.⁴⁵ El análisis global y la comprobación de las secciones se hacen por métodos elásticos (no se supera la tensión máxima admisibles).

- ELS. Estado Límite de Servicio de Deformación. Desplazamientos.
- ELU. Estado Límite Último de Resistencia de las Secciones.
- ELU. Estado Límite Último de Resistencia de las Barras. Pandeo.
- ELU de rotura. Para acero laminado. (Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m).
- ELU de rotura. Hormigón en cimentaciones. (Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m).
- ELU de rotura. Para acero conformado.

2. Capacidad portante. Situaciones persistentes o transitorias⁴⁶

Las situaciones persistentes o transitorias se refieren a las combinaciones de acciones permanentes, una acción variable principal y el resto de las acciones variables compatibles a esta. No hay espacio para ilustrar las situaciones sísmicas y accidentales.

⁴⁴ Tecnología de la construcción, UPV. "Introducción", Tema 2: Acciones (2017).

⁴⁵ Tecnología de la construcción, UPV. "Estados límite", Bases de cálculo (2017).

⁴⁶ Tecnología de la construcción, UPV. "Capacidad portante", Bases de cálculo (2017).

2. 1. Desplazamientos

- G_k Acción permanente
- P_k Acción de pretensado
- Q_k Acción variable
- g_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- g_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
- $g_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $g_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000
Empujes del terreno (H)	1.000	1.000

Ilustración nº 44. Acciones variables sin sismo. Datos extraídos de Cype.

2. 2. E.L.U. de rotura. Acero laminado y conformado

- G_k Acción permanente
- P_k Acción de pretensado
- Q_k Acción variable
- g_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- g_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
- $g_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $g_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $\gamma_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\gamma_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (γ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (γ_p)	Acompañamiento (γ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Pretensado, armadura postesa (PST)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso A)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso D)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	0.000	0.000

	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (y_p)	Acompañamiento (y_a)
Sobrecarga (Q - Uso G2)	0.000	1.500	1.000	0.000
Retracción (R)	1.000	1.500	-	-
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500
Temperatura (T)	0.000	1.500	1.000	0.600
Empujes del terreno (H)	0.700	1.350	-	-

Ilustración nº 45. Persistente o transitoria. Datos extraídos de Cype.

3. Datos de la obra

- Separación entre pórticos: 9,00 m.
- Con cerramiento en cubierta
 - Peso del cerramiento: 0,15 kN/m².
 - Sobrecarga del cerramiento: 0,40 kN/m².
- Con cerramiento en laterales
 - Peso del cerramiento: 0,15 kN/m².

4. Permanentes

Se toma en consideración el valor medio de la acción por ser valor característico. Solamente se ha introducido en el estudio el peso propio, dejando de lado otras acciones como las reológicas.

4. 1. Peso propio

El peso propio comprende el conjunto de todos los elementos constructivos y estructurales.

5. Variables

Las acciones variables pueden aparecer simultáneamente y de modo independiente con distinta intensidad. En este estudio prevalece la influencia del clima y la sobrecarga de uso.

5. 1. Sobrecarga de uso

A través de cargas superficiales se simula el peso de todo aquello que permanezca encima del sistema y no se tenga en cuenta en el peso propio. En concreto, la sobrecarga de uso de cubiertas accesibles únicamente para conservación *G1. Cubiertas ligeras sobre correas* (sin forjado) con carga superficial $q_k=0,4 \text{ KN/m}^2$.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	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 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁶⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
				0	2

Ilustración nº 46. CTE DB SE- AE. Tabla 3.1.

5. 2. Viento

El viento es variable en el tiempo y en la dirección, y puede ejercer fuerzas de presión y de succión según la situación y la forma del edificio. La presión estática depende del coeficiente de exposición (en función de altitud y grado de aspereza) y el parámetro eólico (según superficie de incidencia, situación, etc.):

$$Q_e = Q_b \cdot C_e \cdot C_p.$$

Datos de viento

- Normativa: CTE DB SE-AE (España).
- Zona eólica: A.
- $v_b = 26 \text{ m/s}$, $q_b = 0,42 \text{ KN/m}^2$.
- Grado de aspereza: IV. Zona urbana, industrial o forestal.
- Periodo de servicio (años): 50.
- Profundidad nave industrial: 63.00.
- Sin huecos.

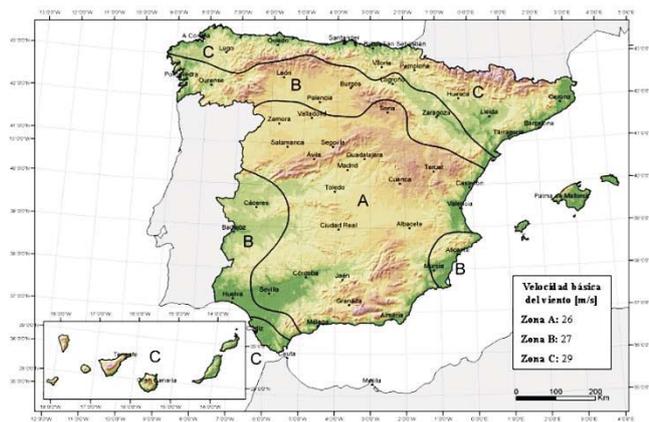


Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

- 1 - $V(0^\circ)$ H1: Viento a 0° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior.
- 2 - $V(0^\circ)$ H2: Viento a 0° , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior.
- 3 - $V(90^\circ)$ H1: Viento a 90° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior.
- 4 - $V(90^\circ)$ H2: Viento a 90° , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior.
- 5 - $V(180^\circ)$ H1: Viento a 180° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior.
- 6 - $V(180^\circ)$ H2: Viento a 180° , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior.
- 7 - $V(270^\circ)$ H1: Viento a 270° , presión exterior tipo 1 sin acción en el interior.
- 8 - $V(270^\circ)$ H2: Viento a 270° , presión exterior tipo 2 sin acción en el interior.

5. 3. Nieve

Sólo se considera la acumulación de nieve en cubiertas en CTE DB SE -AE. El valor de la carga depende del coeficiente de forma de cubierta y del valor característico.

$$Q_n = \mu \cdot S_k$$

Datos de nieve

- Normativa: CTE DB-SE AE (España).
- Zona de clima invernal: 5. (Sagunto).
- Altitud topográfica: 11.00 m.
- Cubierta sin resaltos.
- Exposición al viento: Normal.
- Hipótesis aplicadas:
 - 1 - N(EI): Nieve (estado inicial).
 - 2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1.
 - 3 - N(R) 2: Nieve (redistribución) 2.

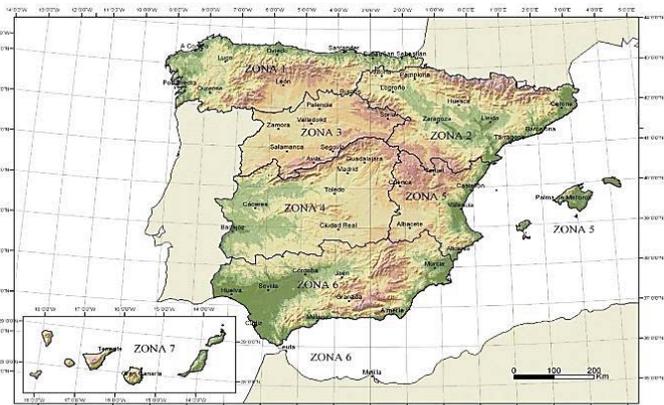


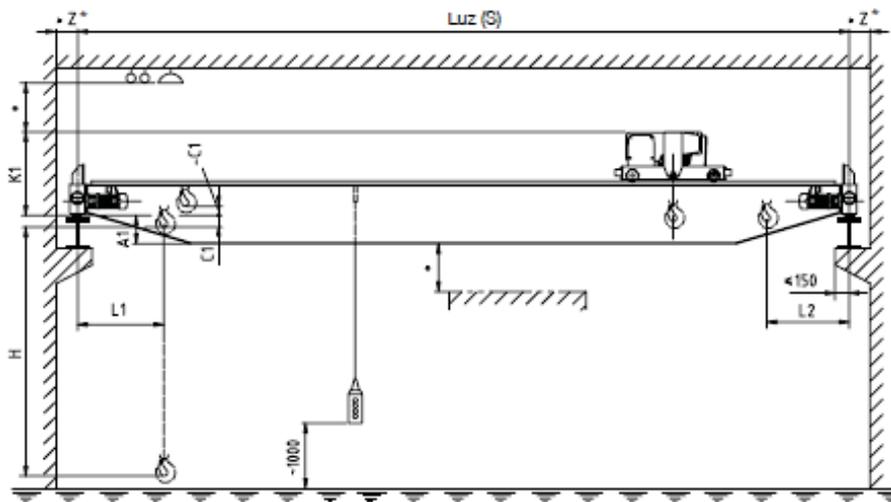
Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

5. 4. Puente grúa

El puente grúa se apoya sobre las vigas carrileras y éstas reposan sobre las ménsulas de los pórticos interiores. Las cargas debidas a la acción del puente grúa son:

- Verticales. Se focalizan en el punto de apoyo de las ruedas del carro.
 - Peso propio del puente grúa y del carro
 - Carga portante.
- Horizontales. Se ha considerado que sean una décima parte de la carga vertical.

Los datos técnicos del puente grúa se muestran a continuación:



* Distancia de seguridad de acuerdo a las regulaciones nacionales de cada país.

Peso puente grúa	22,5 ton
Reacción máxima	282 KN
S (m)	32
A3 (mm)	1180
K1 (mm)	1660
C1 (mm)	-160
L1 (mm)	1080
L2 (mm)	1080
Zmin (mm)	270
Hmax (mm)	8000
R (mm)	5100
LK (mm)	3055

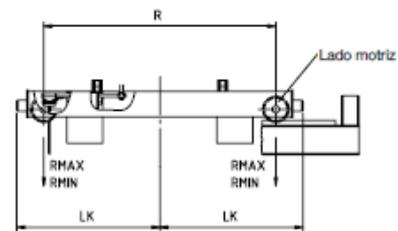
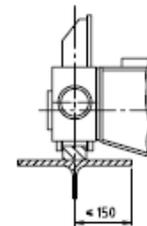


Ilustración nº 47. Datos geométricos del puente grúa ABUS ZLK 40.000 x 32.000 con polipasto de cable GM 7400 H6.
(Fuente: ABUS. "Dimensiones de los puentes grúas birrailes ZLK (Resumen)" Puentes grúas ABUS. Página 5).

5. 4. 1. Hipótesis de carga

Se suponen las hipótesis de carga más desfavorables para el sistema estructural. Un total de cuatro hipótesis de cargas para cada viga carrilera. Primero se aclaran los conceptos de reacciones máxima y mínima que aparecen en los catálogos, y también las reacciones máximas calculadas.

- Reacción máxima: El carro porta la máxima carga nominal y se halla en la parte extrema de un lado.
- Reacción mínima: El polipasto sin portar carga y se sitúa en el lado opuesto de la reacción.
- $RrV_{m\acute{a}x}$: Es igual a la reacción máxima del catálogo.
- $RaV_{m\acute{a}x}$: Reacción del lado contrario cuando hay reacción máxima.

Cálculos de reacciones.

Eje vertical: $2 \cdot RaV_{m\acute{a}x} + 2 \cdot RrV_{m\acute{a}x} = \text{Peso_Puen}te + \text{Peso_Carro} + \text{Carga_portante}$

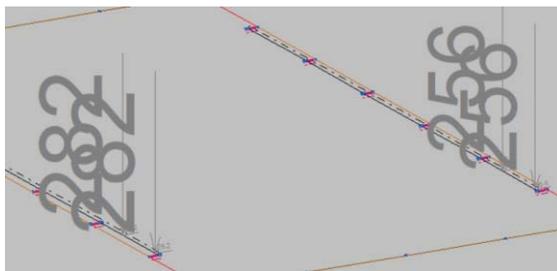
$\sum M=0$ (extremo de reacción máxima).

$$RaV_{m\acute{a}x} = \frac{1}{2 \cdot L} \cdot \left[(\text{Peso_Puen}te \cdot \frac{Luz}{2}) + ((\text{Carga_portante} + \text{Peso_Carro}) \cdot (Luz-L1)) \right]$$

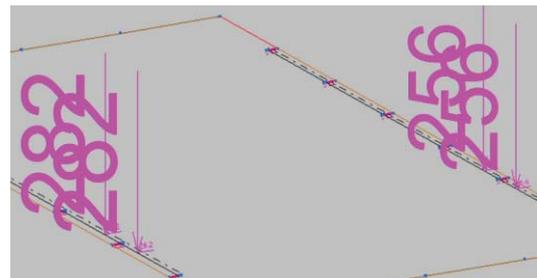
- $RrV_{m\acute{a}x} = 282 \text{ KN}$.
- $RaV_{m\acute{a}x} = 256 \text{ KN}$.
- $R_{horizontal1} = 28,2 \text{ KN}$.
- $R_{horizontal2} = 25,6 \text{ KN}$.

Estos son los cuatro casos más desfavorables considerados en cada viga, incompatibles entre sí:⁴⁷

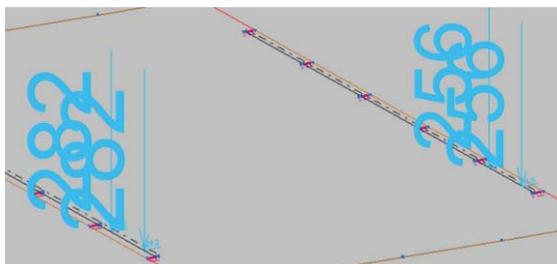
PG_1//PG_2.⁴⁸ El puente grúa se encuentra al inicio de la viga carrilera. Entre los pórticos B-C.



mecánicos son máximos para el punto de apoyo, que es la ménsula y seguidamente el pilar.



PG_CARRIL_1//PG_CARRIL_2. El puente se sitúa en medio de los dos pórticos, centralizado en la crujía. Aquí los esfuerzos son máximos para la viga carrilera.



PG_PINT_5//PG_PINT_6. El puente está colocado encima de uno de los pórticos interiores, caso parecido al tercero.



PG_P_3//PG_P_4. El puente está colocado encima del siguiente pórtico. Aquí los esfuerzos

Ilustración nº 48. Hipótesis de cargas del puente grúa. (Fuente: Autor).

⁴⁷ Datos extraídos del Cype.

2. Dimensionado de los elementos principales

1. Cimentación

1. 1. Zapatas

Ilustración nº 49. Comprobaciones del nudo N72. (Tipo 3/ Alineación 7/ Edificio secundario).

Referencia: N72 Dimensiones: 175 x 335 x 70 Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0352179 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0498348 MPa Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0868185 MPa	 Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 30.0 % Reserva seguridad: 27.3 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 20.51 kN·m Momento: 95.18 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 13.83 kN Cortante: 81.42 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 51.4 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N72:	Mínimo: 44 cm Calculado: 63 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple Cumple Cumple



Referencia: N72		
Dimensiones: 175 x 335 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuántía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 77 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 77 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple

Referencia: N72		
Dimensiones: 175 x 335 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 77 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 77 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

1. 2. Vigas de atado

Ilustración nº 50. Comprobaciones de C. 1 [N103 – N114]. (Fachada frontal / Edificio principal). Datos extraídos de Cype

Referencia: C.1 [N103-N114] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

2. Placas de anclaje

Ilustración nº 51. Comprobaciones de placa de anclaje del alero del edificio principal. Datos extraídos de Cype

1) Pilar HEB-600

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	11	2033	15.5	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 275 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 115 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 48.1	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 35 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:	Máximo: 248.91 kN Calculado: 211 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 174.24 kN Calculado: 20.56 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 248.91 kN Calculado: 240.38 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 255.69 kN Calculado: 234.05 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 295.35 MPa	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Aplastamiento perno en placa: <i>Limite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 586.67 kN Calculado: 20.85 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 105.179 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 105.44 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 181.309 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 181.13 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1123.78	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1123.78	Cumple
- Arriba:	Calculado: 5881.76	Cumple
- Abajo:	Calculado: 7470.06	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 200.414 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Rigidizador y-y (x = -156): Soldadura a la placa base	En ángulo	8	950	11.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = 156): Soldadura a la placa base	En ángulo	8	950	11.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -156): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 156): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

3. Estructura metálica

3.1. Correas

	Perfil	Distancia entre correas (m)	Número de correas
CUBIERTA	CF 275X4	1,85	26
LATERAL	IPE 200	1,8	20

Ilustración nº 52. Distancia entre correas y número de correas. Datos extraídos de Cype.

3. 1. 1. Correas de cubierta

Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-275x4.0	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.85 m	Número de vanos: Tres vanos
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: Fijación rígida

	Edificio principal	Edificio secundario
Longitud de mitad de jácena	17 m	10 m
Distancia libre entre extremo de jácena y la correa	0,03 m	0,03 m
Número de huecos	$n_1 = \text{ENTERO}((17-2*0,3)/2)+1=9.$	$n_2 = \text{ENTERO}((10-2*0,3)/2)+1=5.$
Separación entre correas	$s_1 = (17-0,6)/n=1,82$	$s_2 = (10-0,6)/n=1,88$
Separación media entre correas	$s = \frac{s_1+s_2}{2} = 1,85 \text{ m}$	

Ilustración nº 53. Datos de correas de cubiertas. (Fuente: Autor)

Comprobaciones

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 84.55 %
Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 99.93 %

Ilustración nº 54. Comprobaciones de correas de cubiertas. Datos extraídos de Cype.

Coordenadas del nudo inicial: 36.772, 18.000, 9.361

Coordenadas del nudo final: 36.772, 27.000, 9.361

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis

$1.00 * G1 + 1.00 * G2 + 1.00 * Q + 1.00 * N(EI) + 1.00 * V(180^\circ) H1$

a una distancia 4.500 m del origen en el tercer vano de la correa.

($I_y = 1958 \text{ cm}^4$) ($I_z = 139 \text{ cm}^4$)

Ilustración nº 55. Comprobaciones de barra pésima en cubierta

	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)	$y_g^{(3)}$ (mm)	$z_g^{(3)}$ (mm)
	0.919, 9.000, 16.108	0.919, 0.000, 16.108	9.000	18.20	1958.02	139.37	0.97	-18.79	0.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad									
	Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
	β	0.00	1.00	0.00	0.00				
	L_k	0.000	9.000	0.000	0.000				
	C_1	-			1.000				
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_k : Longitud de pandeo (m) C_1 : Factor de modificación para el momento crítico									

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b/t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	$M_y M_z$	V_y	V_z	$N_t M_y M_z$	$N_c M_y M_z$	$N M_y M_z$	$M_t N M_y M_z$	
pésima en cubierta	$b/t \leq (b/t)_{\text{Máx.}}$ Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 84.5$	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 14.2$	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE $\eta = 84.5$

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁸⁾ No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁹⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽¹⁰⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$$h/t : \underline{63.8} \quad \checkmark$$

$$b/t : \underline{15.0} \quad \checkmark$$

$$c/t : \underline{3.8} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$c/b : \underline{0.250}$$

Donde:

h: Altura del alma.

$$h : \underline{255.00} \text{ mm}$$

b: Ancho de las alas.

$$b : \underline{60.00} \text{ mm}$$

c: Altura de los rigidizadores.

$$c : \underline{15.00} \text{ mm}$$

t: Espesor.

$$t : \underline{4.00} \text{ mm}$$

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.845} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.919, 9.000, 16.108, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$ H1.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{26.95} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{y,Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} : \underline{31.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{el} : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$W_{el} : \underline{142.40} \text{ cm}^3$$

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

η_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\eta_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.142} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.919, 9.000, 16.108, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$ H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{19.63} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$$V_{b,Rd} : \underline{138.28} \text{ kN}$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{266.31} \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{4.00} \text{ mm}$$

α : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ grados}$$

f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$f_{bv} : \underline{136.30} \text{ MPa}$$

Siendo:

$\lambda_{rel,w}$: Esbeltez relativa del alma.

$$\lambda_{rel,w} : \underline{0.77}$$

Donde:

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

3. 1. 2. Correas laterales

Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 200	Límite flecha: $L / 300$
Separación: 1.80 m	Número de vanos: Tres vanos
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: Fijación rígida

	Edificio principal	Edificio secundario
Longitud de mitad de jácena	16 m	9 m
Distancia libre entre extremo de jácena y la correa	0,03 m	0,03 m
Número de huecos	$n_1 = \text{ENTERO}((16 - 2 \cdot 0,3)/2) + 1 = 8$	$n_2 = \text{ENTERO}((9 - 2 \cdot 0,3)/2) + 1 = 5$
Separación entre correas	$s_1 = (16 - 0,6)/n = 1,93$	$s_2 = (9 - 0,6)/n = 1,68$
Separación media entre correas	$s = \frac{s_1 + s_2}{2} = 1,8 \text{ m}$	

Ilustración nº 56. Datos de correas laterales. (Fuente: Autor).

Comprobaciones

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 36.22 %
Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 77.86 %

Ilustración nº 57. Comprobaciones de correas laterales. Datos extraídos de Cype.

Ilustración nº 58. Comprobaciones de barra pésima en lateral. Datos extraídos de Cype.

Perfil: IPE 200 Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	0.000, 63.000, 0.900	0.000, 54.000, 0.900	9.000	28.50	1943.00	142.00	6.98
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	α	0.00	1.00	0.00	0.00		
	L_k	0.000	9.000	0.000	0.000		
	C_m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C_1	-		1.000			
Notación: α : Coeficiente de pandeo L_k : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y$	$N M_z$	$N M_y V_z$	$N M_z V_y$		M_t
pésima en lateral	N.P. ⁽¹⁾	x: 1.5 m λ_w $\lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 9 m $\lambda = 36.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	x: 9 m $\lambda = 6.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	x: 1.5 m $\lambda < 0.1$	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE $\lambda = 36.2$

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

⁽¹⁰⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$32.68 \leq 251.55 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \frac{183.00}{1} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \frac{5.60}{1} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \frac{10.25}{1} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \frac{8.50}{1} \text{ cm}^2$$

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \frac{0.30}{1}$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{210000}{1} \text{ MPa}$$

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \frac{275.00}{1} \text{ MPa}$$

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.362} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 54.000, 0.900, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$ H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{20.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{57.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{221.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

ξ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{MO} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.067} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 54.000, 0.900, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$ H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{14.25} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{14.02} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$28.39 \leq 64.71$$



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{28.39}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

η : Factor de reducción.

$$\eta : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$6.52 \text{ kN} \leq 105.97 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.500 m del nudo 0.000, 63.000, 0.900, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$ H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 6.52 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 211.94 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 9.000, 0.900

Coordenadas del nudo final: 0.000, 0.000, 0.900

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis

$1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(270^\circ)$ H1

a una distancia 4.500 m del origen en el tercer vano de la correa.

($I_y = 1943 \text{ cm}^4$) ($I_z = 142 \text{ cm}^4$)

3. 2. Referencias de flechas y notación de comprobaciones de ELU

Flechas

Referencias

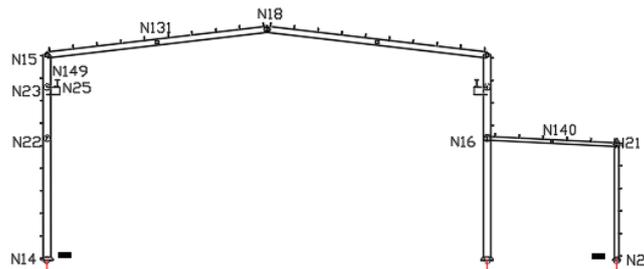
- Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.
- L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Notación

- $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
- λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N_t : Resistencia a tracción
- N_c : Resistencia a compresión
- M_Y : Resistencia a flexión eje Y
- M_Z : Resistencia a flexión eje Z
- V_Z : Resistencia a corte Z
- V_Y : Resistencia a corte Y
- $M_Y V_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- $M_Z V_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- $N_M M_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados
- $N_M M_Z V_Y V_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M_t : Resistencia a torsión
- $M_t V_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- $M_t V_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x : Distancia al origen de la barra
- η : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

3. 3. Pórtico interior



	EDIFICIO PRIMARIO	EDIFICIO SECUNDARIO
PILAR	HEB 600	IPE 360
JÁCENA	HEB 500	IPE 300

3. 3. 1. Flechas

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N14/N15	4.156	1.07	10.563	10.21	4.156	2.08	10.563	17.40
	3.563	L/(>1000)	10.563	L/(>1000)	3.563	L/(>1000)	10.563	L/(>1000)
N15/N18	8.256	3.01	9.967	14.41	8.256	5.23	9.967	28.69
	8.256	L/(>1000)	11.251	L/(>1000)	8.256	L/(>1000)	11.251	L/(>1000)
N20/N21	3.875	0.59	4.983	6.21	3.875	1.12	5.536	8.50
	3.875	L/(>1000)	4.983	L/(>1000)	3.875	L/(>1000)	4.983	L/(>1000)
N21/N16	6.943	0.33	4.584	12.97	6.943	0.62	4.584	21.84
	6.943	L/(>1000)	4.584	L/715.1	6.943	L/(>1000)	4.584	L/715.3
N23/N25	0.250	0.00	0.500	0.01	0.250	0.01	0.500	0.01
	0.250	L/(>1000)	0.500	L/(>1000)	0.250	L/(>1000)	0.500	L/(>1000)

3. 3. 2. Comprobaciones de ELU resumidas

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	NM_yM_z V_yV_z	M_t	M_tV_z		M_tV_y
N14/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 9.5 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 34.0$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 0 m $\eta = 7.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 38.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 7.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 38.4$
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.399 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 3.4 m $\eta = 38.5$	x: 3.4 m $\eta = 1.3$	$\eta = 5.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.4 m $\eta = 42.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 5.5$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 42.6$
N23/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.247 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 2.248 m $\eta = 52.7$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 2.248 m $\eta = 5.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.248 m $\eta = 55.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.9$	x: 2.248 m $\eta = 5.7$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 55.5$
N15/N131	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 8.559 m $\eta = 1.8$	x: 0.303 m $\eta = 6.9$	x: 0.303 m $\eta = 67.8$	x: 8.559 m $\eta = 1.5$	x: 0.303 m $\eta = 12.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.303 m $\eta = 71.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0.303 m $\eta = 12.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 71.3$
N131/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 8.559 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 8.7$	x: 7.275 m $\eta = 40.1$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 5.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7.275 m $\eta = 46.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 5.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 46.7$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 8.858 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 20.5$	x: 0 m $\eta = 43.0$	x: 0 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 10.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 45.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 10.9$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 45.9$
N21/N140	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.006 m $\eta = 3.0$	x: 0.181 m $\eta = 4.1$	x: 0.181 m $\eta = 45.3$	x: 5.006 m $\eta = 0.2$	x: 0.181 m $\eta = 11.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.181 m $\eta = 46.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.181 m $\eta = 9.4$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 46.8$
N140/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.704 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 4.0$	x: 4.705 m $\eta = 74.8$	x: 4.705 m $\eta = 0.9$	x: 4.705 m $\eta = 18.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.705 m $\eta = 77.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 4.705 m $\eta = 10.3$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 77.4$
N23/N149	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.3 m $\eta = 2.0$	x: 0.8 m $\eta = 0.7$	x: 0.3 m $\eta = 2.8$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.3 m $\eta = 2.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.2$	x: 0.3 m $\eta = 2.9$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 4.2$
N149/N25	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m $\eta < 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁵⁾	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE $\eta < 0.1$

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

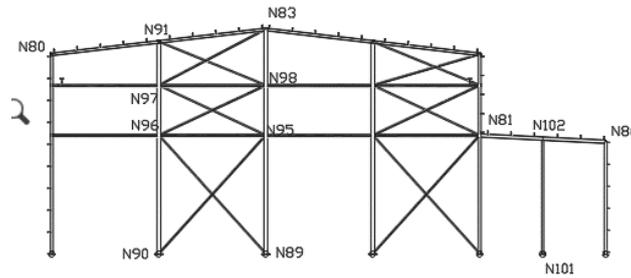
⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

⁽¹⁰⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Ilustración nº 59. Flechas y comprobaciones de ELU resumidas del pórtico interior. Datos extraídos de Cype.

3. 4. Pórtico de fachada frontal



	EDIFICIO PRIMARIO	EDIFICIO SECUNDARIO
PILAR EXTERIOR	IPE 550	IPE 600
PILAR INTERIOR	HEB 320	HEB 360
JÁCENA	HEB 220	IPE 270
MONTANTE	CUADRADO 140X8	
TIRANTE	L 100X8	

3. 4. 1. Flechas

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N80/N83	13.694	22.26	3.851	11.28	13.694	42.14	3.851	16.03
	13.694	L/392.7	3.851	L/762.1	13.694	L/392.7	3.851	L/762.3
N86/N81	2.253	0.53	2.253	1.95	2.503	0.89	2.253	2.92
	2.253	L/(>1000)	2.253	L/(>1000)	2.253	L/(>1000)	2.253	L/(>1000)
N89/N83	11.500	2.26	10.500	52.91	11.500	4.33	10.500	97.55
	11.500	L/(>1000)	10.500	L/338.1	11.500	L/(>1000)	10.500	L/338.1
N96/N95	4.250	0.00	4.250	8.92	6.375	0.00	4.250	8.91
	-	L/(>1000)	4.250	L/953.3	-	L/(>1000)	4.250	L/954.3
N90/N95	11.154	0.00	11.154	0.00	11.154	0.00	6.374	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N95/N97	4.697	0.00	4.697	0.00	5.871	0.00	4.697	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N97/N83	4.656	30.44	4.656	51.85	4.656	30.41	4.656	51.80
	4.656	L/305.9	4.656	L/179.6	4.656	L/306.2	4.656	L/179.8
N101/N102	3.646	2.10	2.279	5.59	3.646	4.04	2.279	9.61
	3.646	L/(>1000)	2.279	L/(>1000)	3.646	L/(>1000)	2.279	L/(>1000)

3. 4. 2. Comprobaciones de ELU resumidas

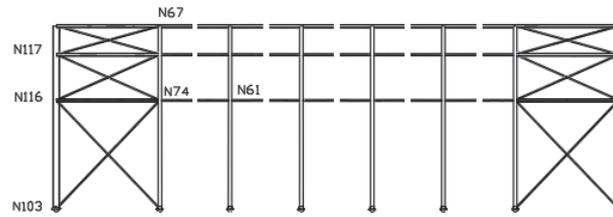
Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N80/N91	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 8.559 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 19.0$	x: 8.559 m $\eta = 21.5$	x: 8.559 m $\eta = 15.4$	x: 8.559 m $\eta = 7.7$	x: 8.559 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 8.559 m $\eta = 45.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 52.0$	x: 8.559 m $\eta = 9.3$	x: 8.559 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 52.0$
N91/N83	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 8.559 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 17.4$	x: 0 m $\eta = 21.5$	x: 8.559 m $\eta = 50.6$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 0.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 8.559 m $\eta = 77.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 39.4$	x: 0 m $\eta = 6.9$	x: 0 m $\eta = 1.1$	CUMPLE $\eta = 77.2$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N M_Y M_Z$	$N M_Z V_Y$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	
N86/N102	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$ Cumple	x: 5.006 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 13.6$	x: 5.006 m $\eta = 15.2$	x: 1.752 m $\eta = 1.1$	x: 5.006 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.252 m $\eta = 18.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 40.5$	x: 5.006 m $\eta = 7.5$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 40.5$
N102/N81	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$ Cumple	x: 5.006 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 22.5$	x: 5.006 m $\eta = 15.5$	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.006 m $\eta = 29.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 61.1$	x: 5.006 m $\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 61.1$
N89/N95	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$ Cumple	x: 9.5 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 19.7$	x: 0 m $\eta = 72.8$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 0 m $\eta = 14.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 88.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 88.5$
N95/N98	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$ Cumple	x: 4 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 8.0$	x: 1.75 m $\eta = 38.6$	x: 0 m $\eta = 2.3$	x: 4 m $\eta = 2.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.5 m $\eta = 45.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 45.0$
N98/N83	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$ Cumple	x: 4.388 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 34.1$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 4.389 m $\eta = 7.9$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 37.5$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 37.5$
N96/N95	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.531 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$ Cumple	$\eta = 3.1$	$\eta = 73.9$	x: 4.25 m $\eta = 7.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	x: 0 m $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	x: 0.53 m $\eta < 0.1$	N.P.(5)	x: 4.25 m $\eta = 83.4$	x: 0.53 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 83.4$
N101/N102	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, \max}$ Cumple	x: 9.113 m $\eta = 2.2$	x: 0 m $\eta = 13.7$	x: 0 m $\eta = 66.2$	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 10.5$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 71.0$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 71.0$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N M_Y M_Z$	$N M_Z V_Y$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$		
N90/N95	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 65.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 65.4$	
N95/N97	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 37.3$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(6)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	N.P.(7)	N.P.(8)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 37.3$	
N97/N83	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 9.312 m $\eta = 16.7$	x: 0 m $\eta = 16.9$	x: 4.656 m $\eta = 15.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	x: 0 m $\eta = 0.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(4)	x: 0.582 m $\eta < 0.1$	N.P.(5)	x: 4.656 m $\eta = 54.8$	x: 0.582 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 54.8$	

Ilustración nº 60. Flechas y comprobaciones de ELU resumidas del pórtico de fachada frontal. Datos extraídos de Cype.

3. 5. Fachada lateral del edificio principal



	EDIFICIO PRINCIPAL
CORDÓN INFERIOR DURMIENTE	CUADRADO SHS 250X5
VIGA PERIMETRAL	IPE 140
TIRANTE CSA	L 100X8
MONTANTE CSA	CUADRADO SHS 220X5

3. 5. 1. Flechas

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
	N116/N74	4.908 -	0.00 L/(>1000)	4.362 4.362	3.64 L/(>1000)	4.908 -	0.00 L/(>1000)	4.362 4.362
N74/N61	7.313 -	0.00 L/(>1000)	4.500 4.500	9.53 L/944.7	6.188 -	0.00 L/(>1000)	4.500 4.500	9.52 L/945.7
N103/N74	10.308 -	0.00 L/(>1000)	8.722 -	0.00 L/(>1000)	10.308 -	0.00 L/(>1000)	10.308 -	0.00 L/(>1000)
N74/N117	1.790 -	0.00 L/(>1000)	7.161 -	0.00 L/(>1000)	1.790 -	0.00 L/(>1000)	8.951 -	0.00 L/(>1000)
N117/N67	6.791 -	0.00 L/(>1000)	3.396 -	0.00 L/(>1000)	6.791 -	0.00 L/(>1000)	3.396 -	0.00 L/(>1000)

3. 5. 2. Comprobaciones de ELU resumidas

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N116/N74	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumplido	x: 0.276 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 0.5$	$\eta = 24.0$	x: 4.638 m $\eta = 5.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.275 m $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.276 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 4.638 m $\eta = 29.2$	x: 0.276 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 29.2$
N74/N61	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumplido	x: 0.563 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 4.5$	$\eta = 2.4$	x: 4.5 m $\eta = 7.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 4.5 m $\eta = 12.0$	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 12.0$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_z M_y$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N103/N74	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 36.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 36.4$
N74/N117	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 26.7$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 26.7$
N117/N67	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 18.0$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 18.0$

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Ilustración nº 61. Flechas y comprobaciones de ELU resumidas de fachada lateral 1. Datos extraídos de Cype.

3. 6. Fachada lateral del edificio secundario



	EDIFICIO SECUNDARIO
VIGA PERIMETRAL	IPE 240
PILAR INTERIOR	IPE 360
TIRANTE CSA	L 100X8
MONTANTE CSA	CUADRADO 140X5

3. 6. 1. Flechas

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N109/N73	9.996	0.00	11.534	0.00	9.996	0.00	11.534	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N110/N73	6.750	0.00	4.500	10.55	6.750	0.00	4.500	10.54
	-	L/(>1000)	4.500	L/852.8	-	L/(>1000)	4.500	L/853.7
N73/N8	18.000	15.34	22.500	3.22	18.000	27.05	22.500	3.24
	9.000	L/(>1000)	22.500	L/(>1000)	9.000	L/(>1000)	31.500	L/(>1000)

3. 6. 2. Comprobaciones de ELU resumidas

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z$ $V_y V_z$	M_t	M_t V_z		M_t V_y
N110/N73	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.563 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 0.3$	$\eta = 48.2$	x: 4.5 m $\eta = 8.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 4.5 m $\eta = 58.8$	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 58.8$
N73/N60	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.563 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 5.7$	$\eta = 3.3$	x: 4.5 m $\eta = 4.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 4.5 m $\eta = 9.9$	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 9.9$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z$ $V_y V_z$	M_t	M_t V_z	M_t V_y	
N109/N73	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 18.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 18.4$

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Ilustración nº 62. Flechas y comprobaciones de ELU resumidas de fachada lateral 7. Datos extraídos de Cype.

3. 7. Viga carrilera



3. 7. 1. Flechas

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N146/N147	4.050	8.73	4.500	13.29	4.500	9.71	4.500	13.29
	4.050	L/(>1000)	4.500	L/677.4	4.050	L/(>1000)	4.500	L/677.4

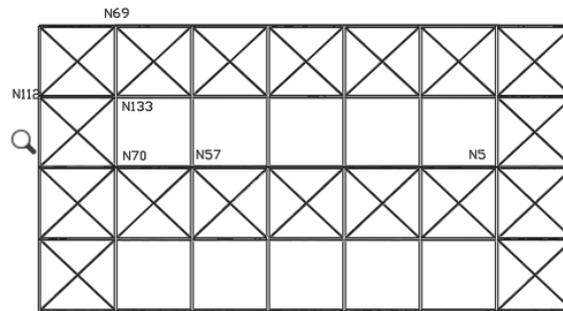
3. 7. 2. Comprobaciones de ELU resumidas

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_z V_y$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N146/N147	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.45 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.604 m $\eta = 65.2$	x: 5.604 m $\eta = 14.4$	x: 0 m $\eta = 28.0$	x: 0 m $\eta = 1.4$	x: 0.45 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.604 m $\eta = 79.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 28.1$	x: 0 m $\eta = 1.4$	CUMPLE $\eta = 79.4$

Ilustración nº 63. Flechas y comprobaciones de ELU resumidas de viga carrilera. Datos extraídos de Cype.

3. 8. Cubiertas

3. 8. 1. Cubierta del edificio principal



EDIFICIO PRINCIPAL	
CORDÓN DURMIENTE	CUADRADO SHS 250X5
TIRANTE DURMIENTE	L100X8
TIRANTE VCV	L 100X8
MONTANTE VCV	CUADRADO SHS 220X5

3. 8. 1. 1. Flechas

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N112/N70	11.644	0.00	9.315	0.00	11.644	0.00	10.867	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N69/N112	3.105	0.00	6.210	0.00	6.986	0.00	7.762	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N70/N5	18.000	11.74	18.000	29.13	18.000	20.57	18.000	53.81
	18.000	L/(>1000)	18.000	L/(>1000)	18.000	L/(>1000)	18.000	L/(>1000)
N112/N133	8.438	0.00	4.500	4.12	8.438	0.00	4.500	4.12
	-	L/(>1000)	4.500	L/(>1000)	-	L/(>1000)	4.500	L/(>1000)

3. 8. 1. 2. Comprobaciones de ELU resumidas

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y$	M_t		$M_t V_z$	$M_t V_y$
N70/N57	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.563 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,\text{máx}}$ Cumple	$\eta = 9.0$	$\eta = 47.0$	$x: 4.5 \text{ m}$ $\eta = 5.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.563 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 4.5 \text{ m}$ $\eta = 53.8$	$x: 0.563 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 53.8$
N112/N133	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.563 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,\text{máx}}$ Cumple	$\eta = 6.0$	$\eta = 27.9$	$x: 4.5 \text{ m}$ $\eta = 6.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.563 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 4.5 \text{ m}$ $\eta = 34.7$	$x: 0.563 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 34.7$

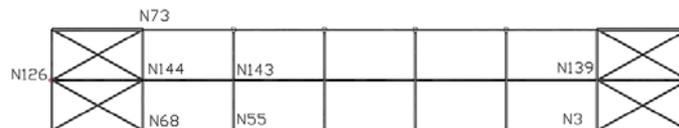
Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N112/N70	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 29.2$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 29.2$
N69/N112	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 44.7$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 44.7$

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Ilustración nº 64. Flechas y comprobaciones de ELU resumidas de cubierta principal. Datos extraídos de Cype.

3. 8. 2. Cubierta del edificio secundario



EDIFICIO SECUNDARIO	
MONTANTE FALDÓN	CUADRADO 140X5
TIRANTE VCV	L 100X8
MONTANTE VCV	CUADRADO 140X5

3. 8. 2. 1. Flechas

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N73/N126	9.011	0.00	9.655	0.00	7.724	0.00	9.655	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N126/N68	9.011	0.00	9.011	0.00	6.437	0.00	9.011	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N68/N3	18.000	15.25	22.500	9.58	18.000	26.82	22.500	9.90

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
	9.000	L/(>1000)	22.500	L/(>1000)	9.000	L/(>1000)	22.500	L/(>1000)
N126/N144	3.938 -	0.00 L/(>1000)	4.500 4.500	10.55 L/852.8	8.438 -	0.00 L/(>1000)	4.500 4.500	10.54 L/853.7
N144/N139	18.000 9.000	15.35 L/(>1000)	40.500 36.000	10.27 L/532.5	18.000 9.000	27.08 L/(>1000)	4.500 36.000	10.64 L/532.5

3. 8. 2. 2. Comprobaciones de ELU resumidas

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z V_y$	$N M_z V_y$	M_t		$M_t V_z$	$M_t V_y$
N68/N55	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.563 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 9.3$	$\eta = 7.9$	x: 4.5 m $\eta = 7.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 4.5 m $\eta = 15.6$	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 15.6$
N144/N143	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.563 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 2.7$	$\eta = 3.7$	x: 4.5 m $\eta = 8.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 4.5 m $\eta = 10.8$	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 10.8$
N126/N144	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.563 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 2.4$	$\eta = 64.8$	x: 4.5 m $\eta = 8.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 4.5 m $\eta = 76.4$	x: 0.563 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 76.4$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_z V_y$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N73/N126	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 27.5$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 27.5$
N126/N68	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 15.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁶⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 15.1$

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Ilustración nº 65. Flechas y comprobaciones de ELU resumidas de cubierta secundaria. Datos extraídos de Cype.



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA Y LA
CIMENTACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA
UNA CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO,
SITUADA EN EL POLÍGONO QUÍMICO DE SAGUNTO

DOCUMENTO III. PRESUPUESTO





Índice de Presupuesto

<u>1. Listado de mediciones</u>	1
1. Cimentaciones (se incluyen las mermas de acero)	1
2. Vigas de atado (se incluyen las mermas de acero)	1
3. Correas.....	1
4. Excavación	2
5. Compactación	2
6. Base de pavimento con zahorra (e= 10 cm)	2
7. Cerramientos de fachada	2
8. Cerramientos de cubierta	2
9. Ventanas de vidrio.....	2
<u>2. Presupuestos parciales</u>	3
1. Acondicionamiento del terreno	3
2. Cimentación.....	3
3. Estructura	4
4. Cerramiento de fachadas	5
5. Cerramiento de cubiertas.....	5
6. Ventanas y puertas industriales	5
7. Puente grúa	6
<u>3. Presupuesto base de licitación</u>	7
<u>4. Queso del presupuesto</u>	8

III.- PRESUPUESTO

1. Listado de mediciones

Ilustración nº 66. Listado de mediciones para las unidades de obra del presupuesto. (Fuente: Autor)

1. Cimentaciones (se incluyen las mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)				Hormigón (m³)	
	Ø12	Ø16	Ø20	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N72, N59, N46, N33, N20 y N7	6x129.84			779.04	6x4.10	6x0.59
Referencias: N1, N14, N27, N40, N53 y N66	6x323.00			1938.00	6x10.38	6x1.09
Referencias: N114, N113, N111, N87, N89 y N90		6x710.12		4260.72	6x22.82	6x1.76
Referencias: N108, N84, N79 y N103		4x400.35		1601.40	4x13.12	4x1.25
Referencias: N125 y N101		2x150.62		301.24	2x4.66	2x0.62
Referencias: N85 y N109	2x182.75			365.50	2x6.13	2x0.88
Referencias: N71, N58, N45, N32, N19 y N6		6x173.32	6x73.86	1483.08	6x6.97	6x0.87
Totales	3082.54	7203.28	443.16	10728.98	339.64	33.82

2. Vigas de atado (se incluyen las mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø8	Ø12	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: C [N103-N114], C [N114-N113], C [N113-N111], C [N111-N108], C [N84-N87], C [N87-N89], C [N89-N90] y C [N90-N79]	8x12.12	8x33.24	362.88	8x0.92	8x0.23
Referencias: C [N108-N125], C [N125-N109], C [N85-N101] y C [N101-N84]	4x6.35	4x19.58	103.72	4x0.46	4x0.11
Referencias: C [N109-N72], C [N72-N59], C [N59-N46], C [N46-N33], C [N33-N20], C [N20-N7], C [N7-N85], C [N79-N1], C [N1-N14], C [N14-N27], C [N27-N40], C [N40-N53], C [N53-N66], C [N66-N103], C [N108-N71], C [N71-N58], C [N58-N45], C [N45-N32], C [N32-N19], C [N19-N6] y C [N6-N84]	21x13.28	21x35.20	1018.08	21x1.02	21x0.26
Totales	401.24	1083.44	1484.68	30.57	7.64

3. Correas

Lateral	Longitud total correas (m)	Cubierta	Longitud total correas (m)
Alineación 1	63*10= 630	Fachada frontal A	334
Alineación 5	63*6= 378	Fachada frontal H	283
Alineación 7	63*6= 378		

Tipo de correas	Nº de correas	Longitud (m)
Correas de cubierta	26	1638
Correas laterales	20	1877

4. Excavación

	Volumen (m ³)
Hormigón de limpieza	4,16
Zapatas	339,64
Vigas	31,16
Excavación total	374,96

5. Compactación

Zapatas	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m ²)
Lateral principal	2,35	4,65	10,9275
Pilares interiores	2,15	4,05	8,7075
Lateral secundario	1,75	3,35	5,8625
Esquinas principal	2,55	4,9	12,495
Esquinas secundario	2,5	3,5	8,75
Frontal principal	3	5,85	17,55
Frontal secundario	1,75	3,55	6,2125
		Total	338,19

6. Base de pavimento con zahorra (e= 10 cm)

Superficie de la nave x espesor. $2772 \times 0,01 = 27,72 \text{ m}^3$.

7. Cerramientos de fachada

	Superficie sin huecos (m ²)	Superficie de huecos (m ²)	Superficie con huecos (m ²)
Alineación 1	$63 \times 16 = 1008$	$3 \times 1,8 \times 9 = 48,6$	959,4
Alineación 5	$(16 - 9,5) \times 63 = 409,5$	$4 \times 9 + 2 \times 1,8 \times 9 = 67,65$	499,35
Alineación 7	$63 \times 9 = 567$	$2 \times 1,8 \times 9 = 32,4$	377,1
Fachada frontal A	$34 \times 16 + 9 \times 10 + 0,5 \times 10 / 2 + 34 \times 2 / 2 = 670,5$	$= 2 \times 1,8 \times 8,5 + 8,5 \times 8,5 + 5 \times 5 + 1,8 \times 5 = 136,85$	533,65
Fachada frontal H	$34 \times 16 + 9 \times 10 + 0,5 \times 10 / 2 + 34 \times 2 / 2 = 670,5$	$= 8,5 \times 8,5 + 5 \times 5 + 9,5 \times 8,5 = 178$	492,5
Total	3.325,5	463,5	2.862

8. Cerramientos de cubierta

	Superficie (m ²)
Cubierta principal	$(17^2 + 2 \times 2)^{1/2} \times 63 \times 2 = 2156,77$
Cubierta secundaria	$(10^2 + 0,5^2)^{1/2} + 63 = 630,78$
Total	2.787,56

9. Ventanas de vidrio

	Altura (m)	Ancho (m)	Superficie por ventana (m ²)	Número de ventanas	Superficies totales (m ²)
Ventanas alineación 1	1.8	9	16.2	3	48,6
Ventanas alineación 5	1.8	9	16.2	3	48,6
Ventanas edificio secundario	1.8	9	16.2	2	32,4
Ventanas frontal A	1.8	8.5	15.3	2	30,6
				Total:	160,2

2. Presupuestos parciales (datos extraídos de Arquímedes)

Presupuesto parcial nº 1. Acondicionamiento del terreno

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
1.1.- Movimiento de tierras y compactación					
1.1.1	m ²	Desbroce y limpieza del terreno con arbustos y tocones, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.	10.000,000	1,86	18.600,00
1.1.2	m ³	Excavación en zanjas para cimentaciones en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	374,960	25,72	9.643,97
1.1.3	m ³	Transporte de tierras dentro de la obra, con camión de 12 t.	374,960	0,93	348,71
1.1.4	m ²	Compactación mecánica de fondo de excavación, al 95% del Proctor Modificado con pisón vibrante de guiado manual.	338,190	5,02	1.697,71
Total 3.1.- AD Movimiento de tierras y compactación:					30.290,39
1.2.- Solera					
1.2.1	m ³	Base de pavimento realizada mediante relleno a cielo abierto, con zahorra natural caliza, y compactación al 95% del Proctor Modificado con bandeja vibrante de guiado manual.	27,720	23,78	659,18
1.2.2	m ²	Solera de hormigón armado de 20 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, extendido y vibrado manual, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 sobre separadores homologados, con acabado superficial mediante fratasadora mecánica, con juntas de retracción.	2.772,000	35,56	98.572,32
Total 1.2.- AN Solera:					99.231,50
Total presupuesto parcial nº 1 Acondicionamiento del terreno:					129.521,89

Presupuesto parcial nº 2. Cimentaciones

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
2.1.- Regularización					
2.1.1	m ²	Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.	416,040	7,75	3.224,31
Total 2.1.- CR Regularización:					3.224,31
2.2.- Superficiales					
2.2.1	m ³	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 34,8 kg/m ³ .	339,644	132,80	45.104,72
Total 2.2.- CS Superficiales:					45.104,72
2.3.- Arriostramientos					
2.3.1	m ³	Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 48,6 kg/m ³ .	31,160	143,63	4.475,51
Total 2.3.- CA Arriostramientos:					4.475,51
Total presupuesto parcial nº 2 Cimentaciones:					52.804,54

Presupuesto parcial nº 3. Estructuras

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.1.- Acero					
3.1.1	kg	Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie Cold Formed SHS, con uniones soldadas en obra.	13.922,770	2,26	31.465,46
3.1.2	kg	Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEB, con uniones soldadas en obra.	97.227,040	2,26	219.733,11
3.1.3	kg	Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEM, con uniones soldadas en obra.	25.038,400	2,26	56.586,78
3.1.4	kg	Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie Huecos cuadrados, con uniones soldadas en obra.	5.927,600	2,26	13.396,38
3.1.5	kg	Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE, con uniones soldadas en obra.	21.477,360	2,26	48.538,83
3.1.6	kg	Acero S275JR en estructura metálica, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie L, con uniones soldadas en obra.	12.619,440	2,26	28.519,93
3.1.7	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 950x650 mm y espesor 35 mm, con 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 32 mm de diámetro y 109,8 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca. Tipo 1.	12,000	604,81	7.257,72
3.1.8	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 650x450 mm y espesor 20 mm, con 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 25 mm de diámetro y 76 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca. Tipo 3.	2,000	199,18	398,36
3.1.9	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 800x450 mm y espesor 30 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 32 mm de diámetro y 104,3 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca. Tipo 8.	4,000	306,96	1.227,84
3.1.10	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 800x400 mm y espesor 30 mm, con 8 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 25 mm de diámetro y 86 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca. Tipo 9.	2,000	293,09	586,18
3.1.11	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 750x700 mm y espesor 35 mm, con 8 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 40 mm de diámetro y 123,3 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca. Tipo 10.	6,000	565,27	3.391,62
3.1.12	kg	Acero S275JR en correas metálicas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante y colocado en obra con tornillos.	43.095,920	2,18	93.949,11
3.1.13	kg	Acero S235JRC en correas metálicas, con piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado y colocado en obra con tornillos.	23.423,400	2,80	65.585,52
Total presupuesto parcial nº 3 Estructuras:					570.636,84

Presupuesto parcial nº 4 Cerramiento de fachadas

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
4.1.- Cerramiento de fachadas					
4.1.1	m ²	Cerramiento de fachada formado por paneles sándwich aislantes, de 60 mm de espesor y 1000 mm de ancho, formados por doble cara metálica de chapa de aluminio de 0,6 mm de espesor cada una y alma aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m ³ , montados en posición vertical, con sistema de fijación oculto.	2.862,000	81,87	234.311,94
Total 4.1.- FLM Cerramiento de fachadas:					234.311,94
Total presupuesto parcial nº 4 Cerramiento de fachadas:					234.311,94

Presupuesto parcial nº 5 Cerramiento de cubiertas

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
5.1.- Cerramiento de cubiertas					
5.1.1	m ²	Cubierta inclinada de paneles sándwich aislantes de acero, de 40 mm de espesor y 1000 mm de ancho, alma aislante de poliuretano, con una pendiente mayor del 10%.	2.787,000	27,66	77.088,42
Total 5.1.- QTM Cerramiento de cubiertas:					77.088,42
Total presupuesto parcial nº 5 Cerramiento de cubiertas:					77.088,42

Presupuesto parcial nº 6 Ventanas y puertas industriales

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
6.1.- Ventanas de vidrio					
6.1.1	m ²	Vidrio de silicato sodocálcico templado, incoloro, de 10 mm de espesor, clasificación de prestaciones 1C1, según UNE-EN 12600, fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo.	160,200	98,80	15.827,76
Total 6.1.- LVT Ventanas de vidrio:					15.827,76
6.2.- Puertas industriales					
6.2.1	m ²	Puerta industrial apilable de apertura rápida, de entre 8 y 8,5 m de altura máxima, formada por lona de PVC, marco y estructura de acero galvanizado, cuadro de maniobra, pulsador, fotocélula de seguridad y mecanismos, fijada mediante atornillado en obra de fábrica.	2,000	313,03	626,06
6.2.2	Ud	Puerta seccional industrial, de 5x5 m, formada por panel sándwich, de 40 mm de espesor, de doble chapa de acero zincado con núcleo aislante de espuma de poliuretano, acabado lacado de color RAL 9016 en la cara exterior y de color RAL 9002 en la cara interior, con mirilla central de 610x180 mm, formada por marco de material sintético y acristalamiento de polimetilmetacrilato (PMMA).	2,000	4.511,08	9.022,16
Total 6.2.- LI Puertas industriales:					9.648,22
Total presupuesto parcial nº 6 Ventanas y puertas industriales:					25.475,98



Presupuesto parcial nº 7 Puente grúa

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
7.1.- Puente grúa					
7.1.1	Ud	Puente grúa ABUS ZLK 40.000 x 32.000 con polipasto de cable GM 7400 H6	1,000	72.100,00	72.100,00
Total 7.1.- PGA Puente grúa:					72.100,00
Total presupuesto parcial nº 7 Puente grúa:					72.100,00

3. Presupuesto Base de Licitación

Presupuesto base de licitación	Importe (€)
1 Acondicionamiento del terreno	129.521,89
1.1.- Movimiento de tierras y compactación	30.290,39
1.2.- Solera	99.231,50
2 Cimentaciones	52.804,54
2.1.- Regularización	3.224,31
2.2.- Superficiales	45.104,72
2.3.- Arriostramientos	4.475,51
3 Estructuras	570.636,84
3.1.- Acero	570.636,84
4 Cerramiento de fachadas	234.311,94
4.1.- Cerramiento de fachadas	234.311,94
5 Cerramiento de cubiertas	77.088,42
5.1.- Cerramiento de cubiertas	77.088,42
6 Ventanas y puertas industriales	25.475,98
6.1.- Puertas industriales	9.648,22
6.2.- Ventanas de vidrio	15.827,76
7 Puente grúa	72.100,00
7.1.- Puente grúa	72.100,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	1.161.939,61
Gastos Generales 13%	151.052,15
Beneficio Industrial 6%	69.716,37
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	1.382.708,13
IVA 21%	290.368,71
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	1.673.076,84

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de UN MILLÓN SEISCIENTOS SETENTA Y TRES MIL SETENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Valencia, 14 de Junio de 2.018.

4. Queso del presupuesto

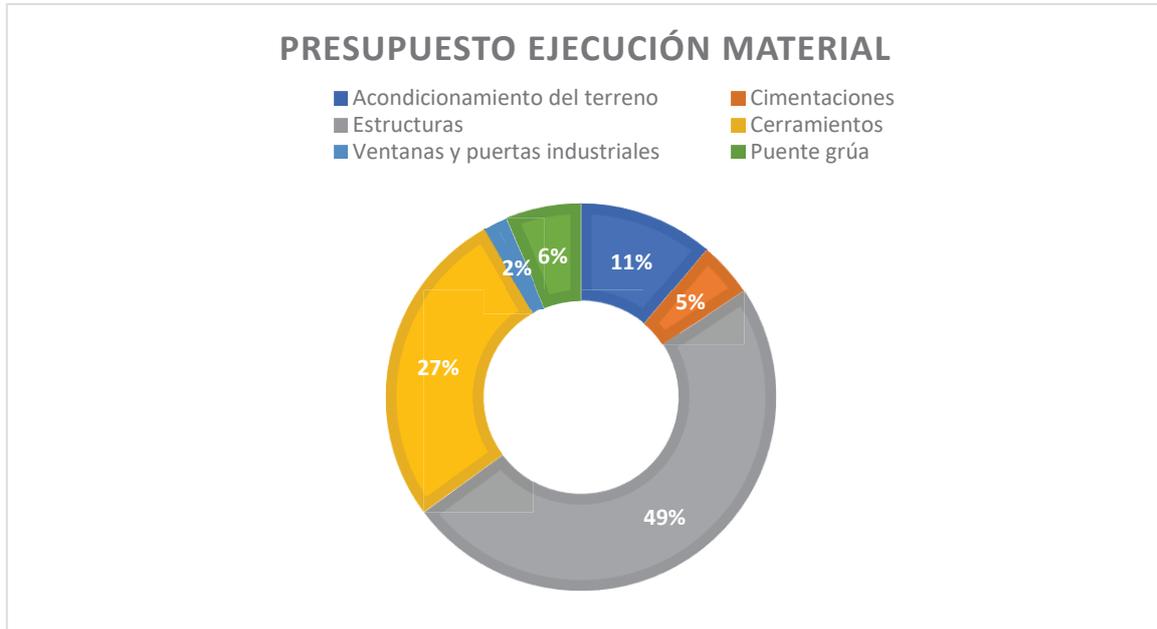


Ilustración nº 40. Queso del presupuesto ejecución material.

	Precio €/m ²
Acondicionamiento del terreno	47
Cimentaciones	19
Estructura metálica	206
Cerramientos	112
Ventanas y puertas industriales	28
Puente grúa	26

Ilustración nº 41. Índice de precio de coste por unidad de superficie de planta de cada unidad de obra.



TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA Y LA
CIMENTACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA
UNA CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO,
SITUADA EN EL POLÍGONO QUÍMICO DE SAGUNTO

DOCUMENTO III. PLANOS





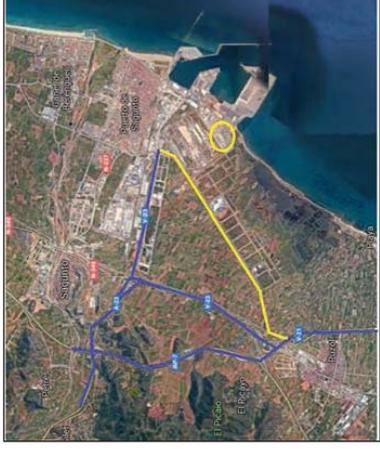
Índice de Planos

1. Polígono Químico de Sagunto y la parcela
2. Emplazamiento de la nave dentro de la parcela
3. Cimentación y placas de anclaje
4. Vista 3D de la estructura
5. Pórtico tipo interior, alineaciones desde B a G
6. Fachada frontal, alineaciones A y H
7. Fachada lateral, alineación 1
8. Fachada lateral, alineación 5
9. Fachada lateral, alineación 7
10. Viga carrilera, nivel +13,5 m
11. Cubierta del edificio principal en vista proyectada
12. Cubierta del edificio secundario en vista proyectada
13. Vistas 3D de la estructura con correas
14. Vistas 3D de la estructura con cerramiento lateral y de cubierta





Localización de Sagunto en España



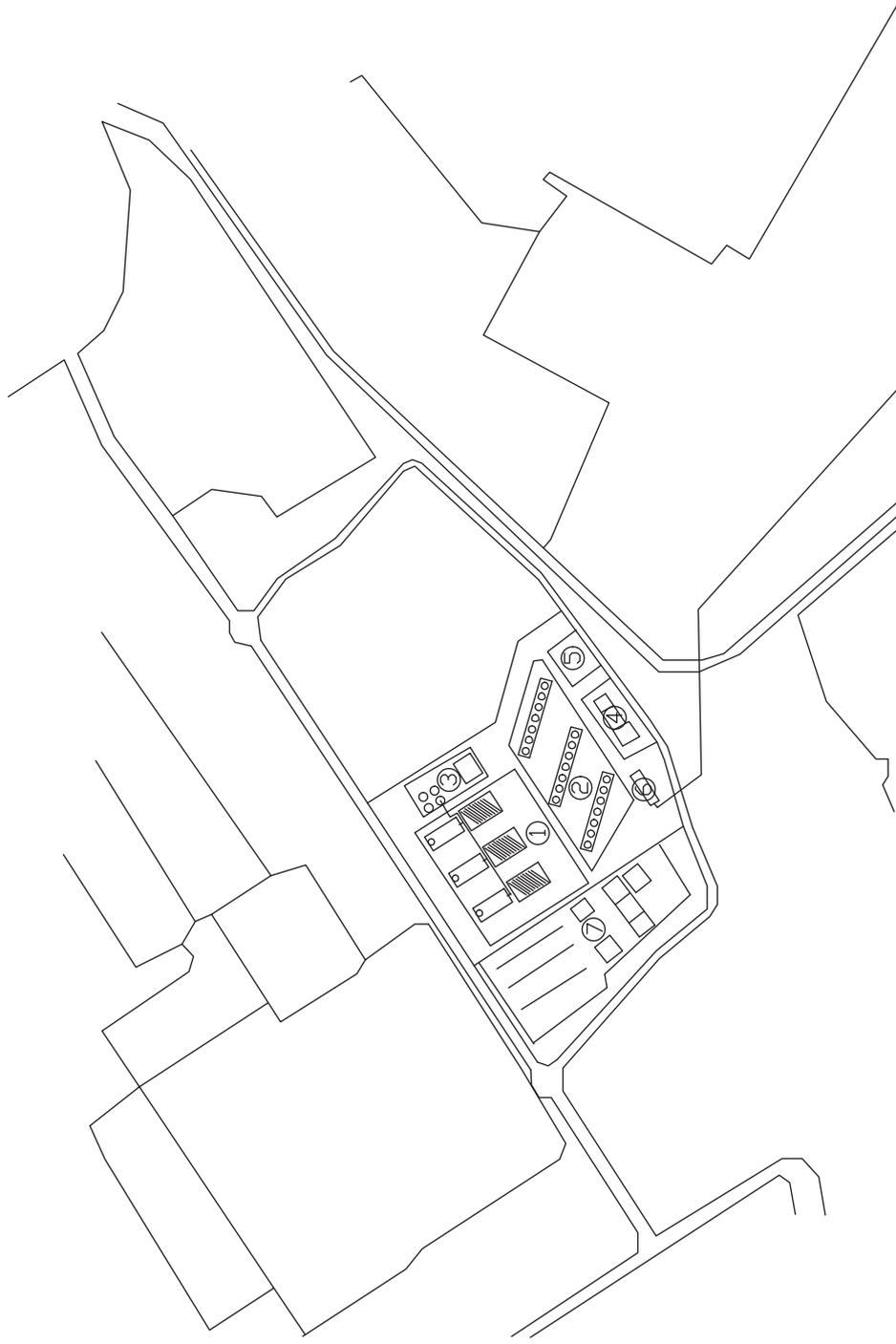
Situación del Polígono Químico de Puerto de Sagunto



Plano del Polígono Químico



Ubicación de la parcela en el Polígono Químico



- ① Edificios de turbinas-Calderas de recuperación HRSG
- Sistemas eléctricos-Chimeneas-H2 Racks
- ② Torres de refrigeración de tiro forzado
- ③ PTA-Tanque de agua desmineralizada
- ④ Edificio de oficinas y administración
- ⑤ Aparcamientos
- ⑥ Estación de regulación y medición de gas
- ⑦ Red Eléctrica Española

Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL DE 2.772 m² SITUADO EN PUERTO DE SAGUNTO**

Plano: **Plano del emplazamiento dentro de la parcela**

Fecha: **Julio 2018**

Escala: **1:7500**

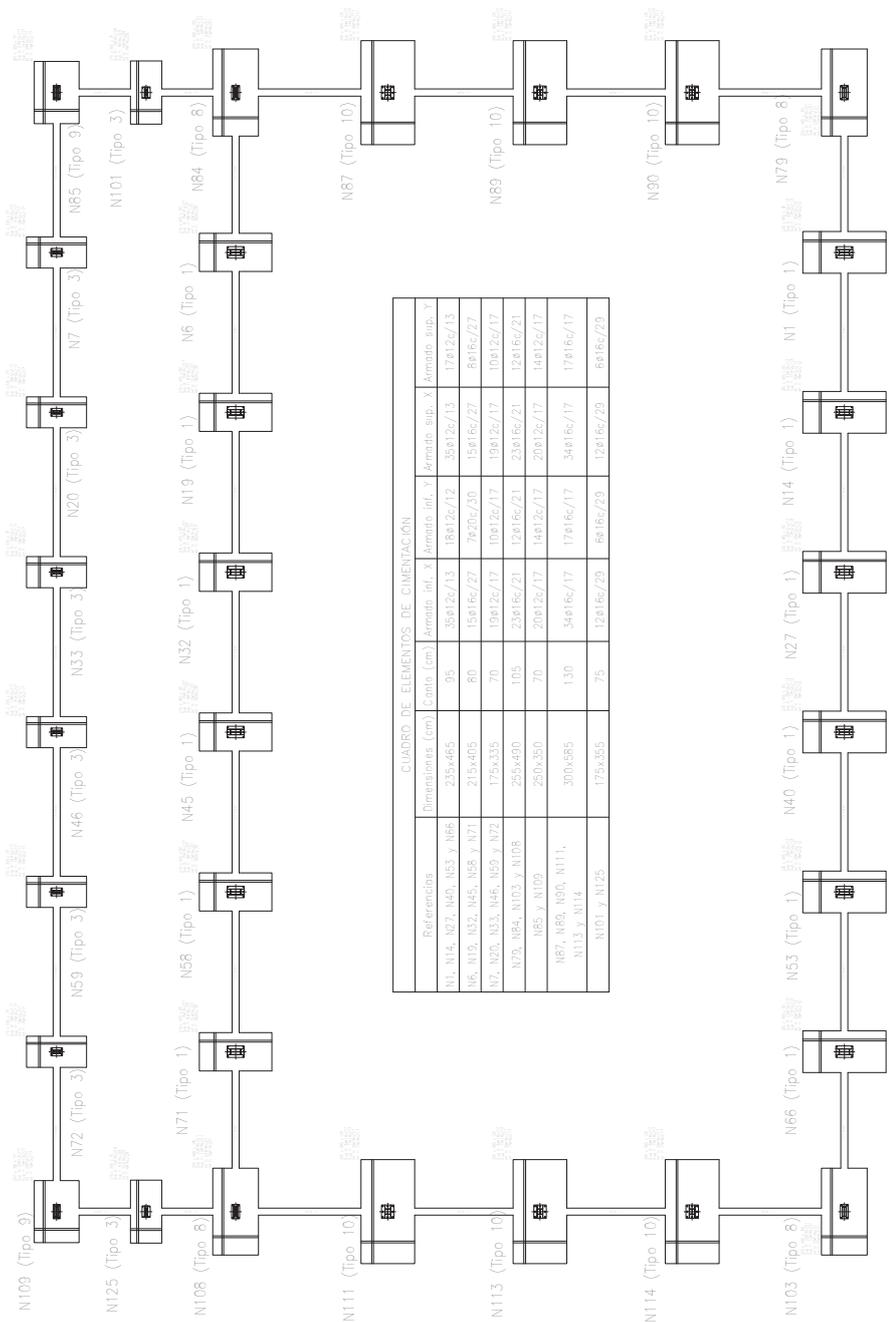
Autor: **David Panadero Ricós**

Nº Plano:

02

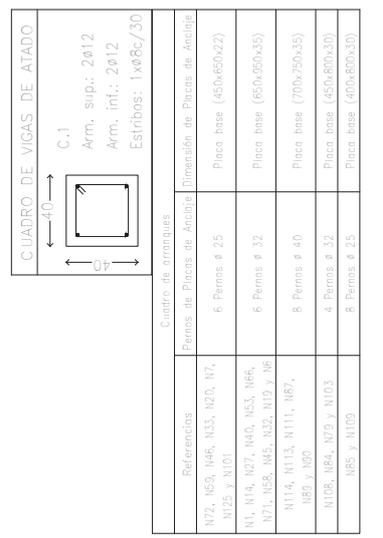
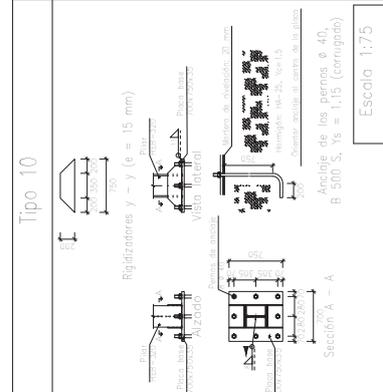
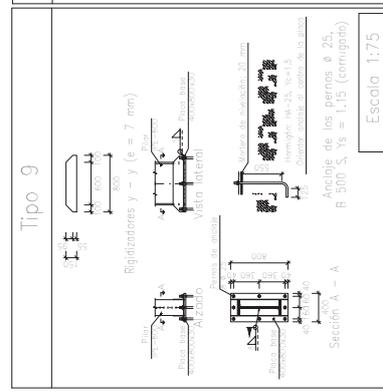
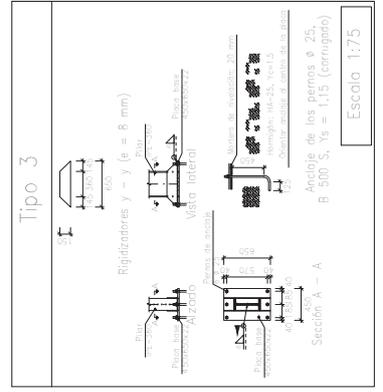
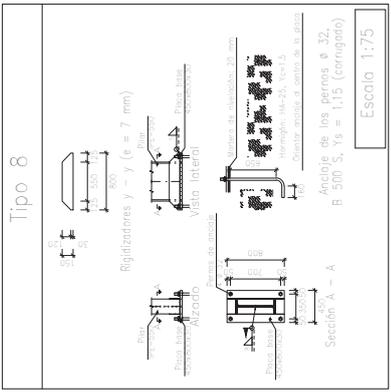
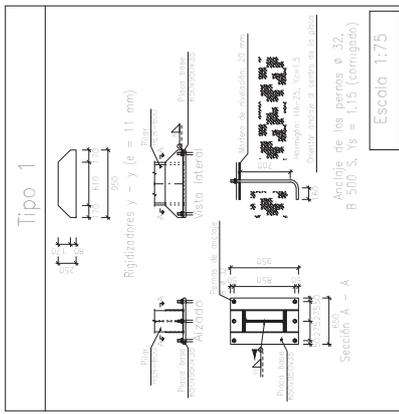
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



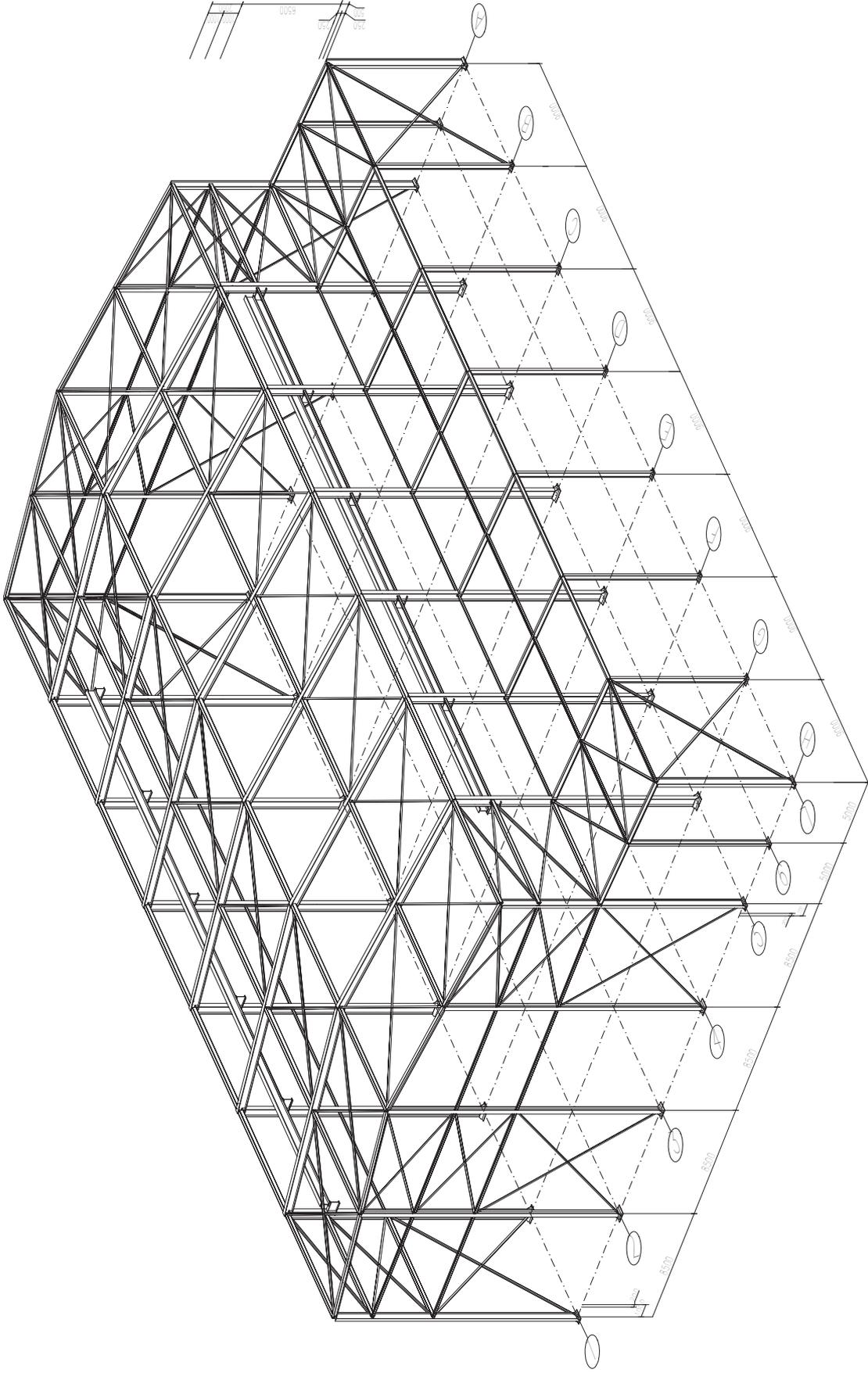


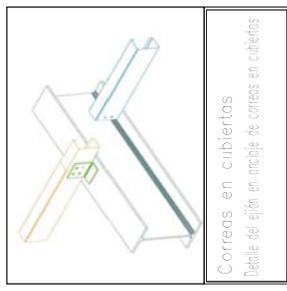
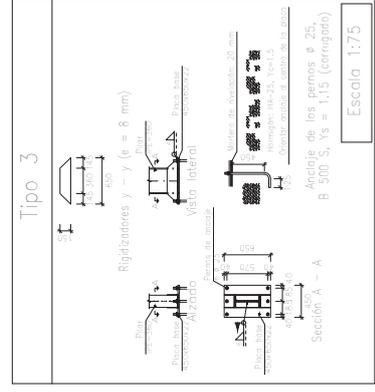
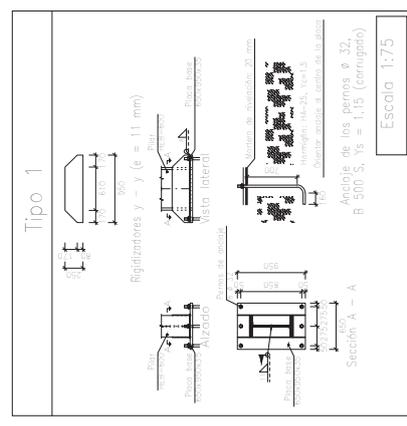
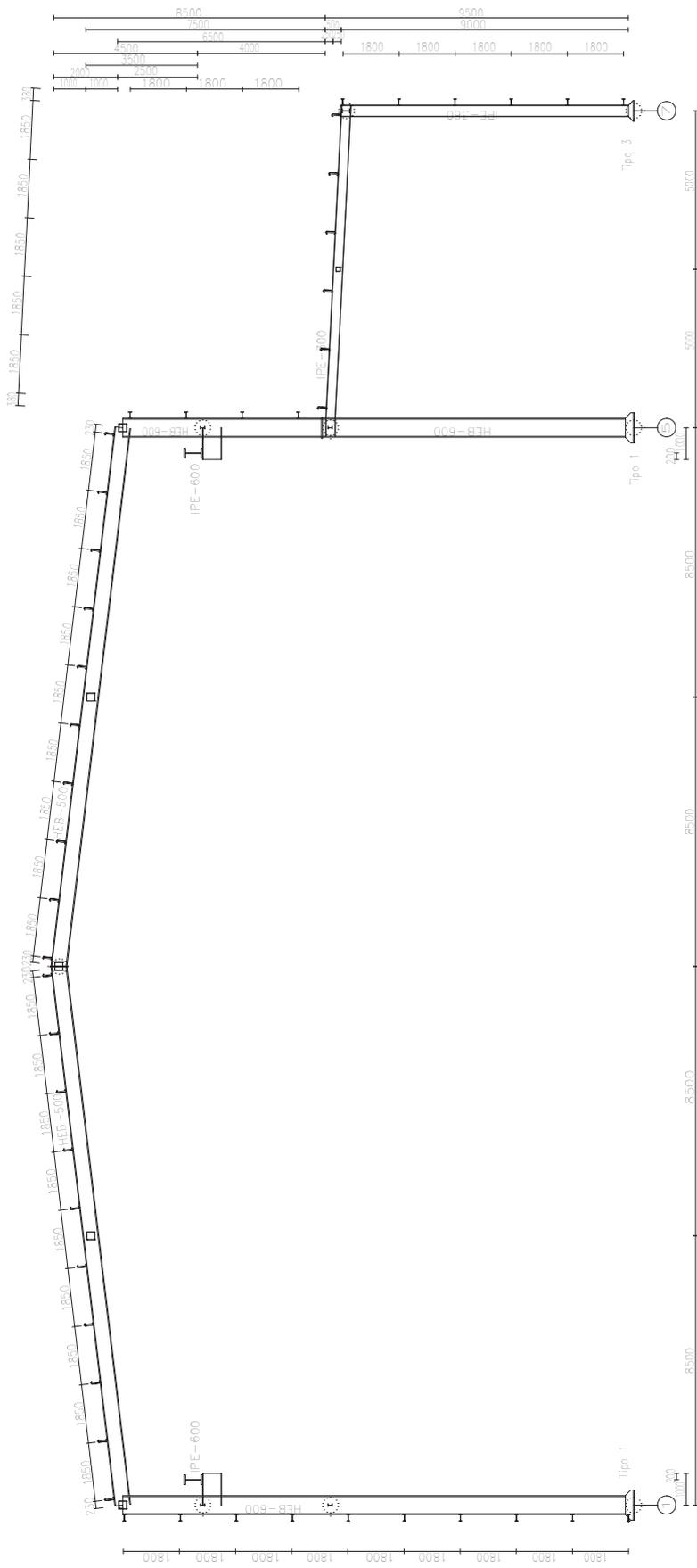
CUADRO DE ELEMENTOS DE ORIENTACION

Referencias	Dimensiones (cm)	Punto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y	Armado sup. X	Armado sup. Y
N1, N14, N27, N40, N53, y N66	235x465	96	56x126/13	56x126/12	35x126/13	17x126/13
N6, N13, N32, N45, N58, y N71	215x405	60	15x162/22	7x202/30	15x162/22	6x162/22
N7, N20, N33, N46, N59, y N27	175x335	70	19x126/17	10x126/17	19x126/17	10x126/17
N73, N84, N103, y N108	255x400	105	23x162/21	12x162/21	23x162/21	12x162/21
N85, y N109	250x350	70	20x126/17	14x126/17	20x126/17	14x126/17
N87, N89, N90, N111, N113, y N114	300x395	130	34x162/17	17x162/17	34x162/17	17x162/17
N101, y N125	175x355	75	12x162/23	6x162/23	12x162/23	6x162/23

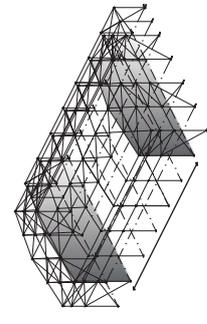


3D:





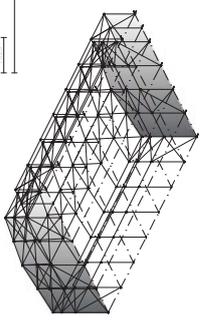
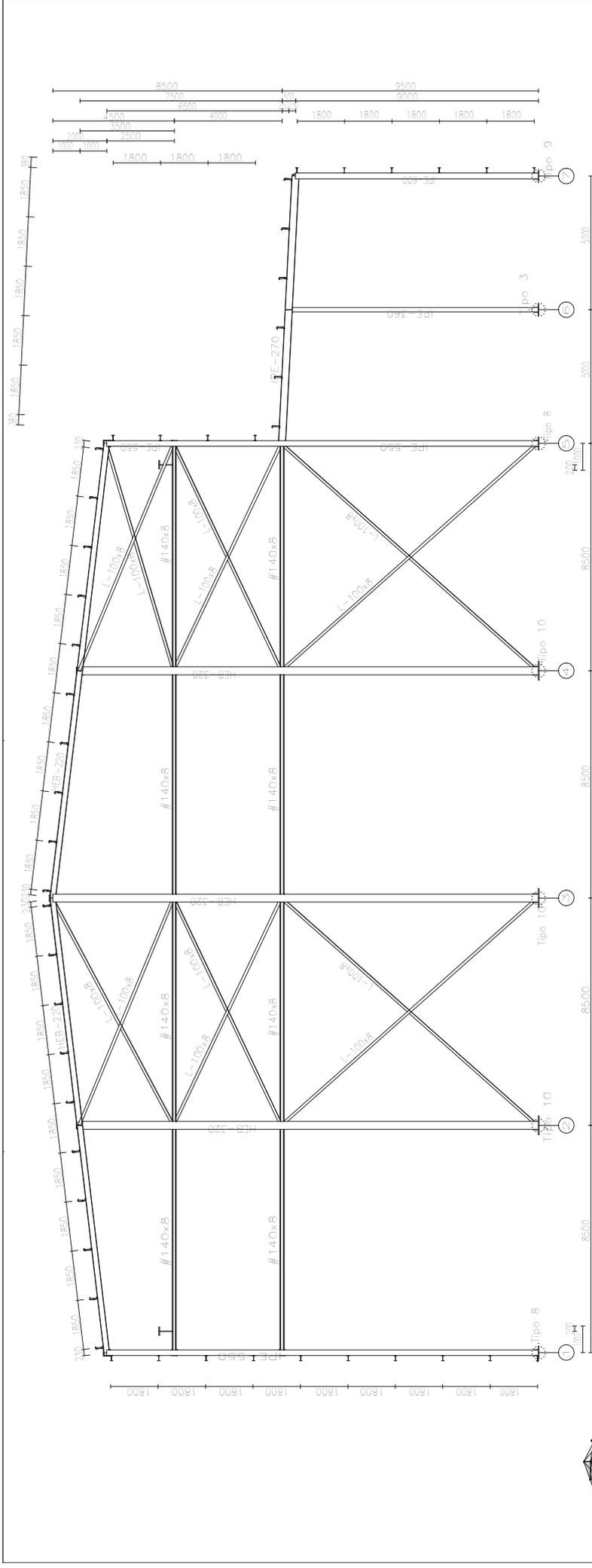
Escala: 1/150
 Separación entre p[er]ticos (m): 9,00
 Correas en cubiertas
 Tipo de Acero: S235
 Tipo de perfil: CF-275x4,0
 N[um]ero de correas: 26
 Correas en laterales
 Tipo de Acero: S275
 Tipo de perfil: IPE 200
 N[um]ero de correas: 20



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA MET[ALICA]		
ACERO EN ESTRUCTURA MET[ALICA] (EAE Capitulo V)	γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frio	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL DE 2.772 m² SITUADO EN PUERTO DE SAGUNTO**
 Autor: **David Panadero Ric[os]**
 Fecha: **Julio 2018**
 Escala: **1:150**





CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METALICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METALICA (EAE Capitulo IV)			
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L-E. 275 N/mm ²	γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles conformados en frio	S 235 - L-E. 235 N/mm ²	γ_{M0} =1,05	γ_{M1} =1,05
		γ_{M0} =1,05	γ_{M1} =1,05

Tipo 3

Rigidizadores y - z (e = 8 mm)

Placa, Placa base, Alzado, Placa de anclaje

Sección A - A

Escala 1:75

Tipo 9

Rigidizadores y - z (e = 7 mm)

Placa, Placa base, Alzado, Placa de anclaje

Sección A - A

Escala 1:75

Tipo 10

Rigidizadores y - z (e = 15 mm)

Placa, Placa base, Alzado, Placa de anclaje

Sección A - A

Escala 1:75

Tipo 8

Rigidizadores y - z (e = 7 mm)

Placa, Placa base, Alzado, Placa de anclaje

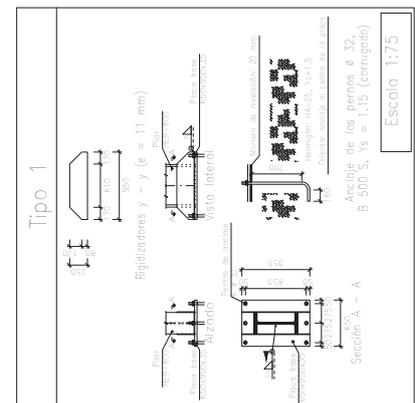
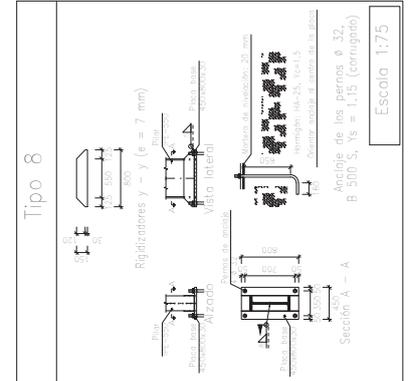
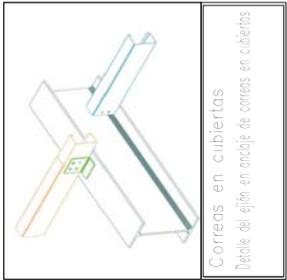
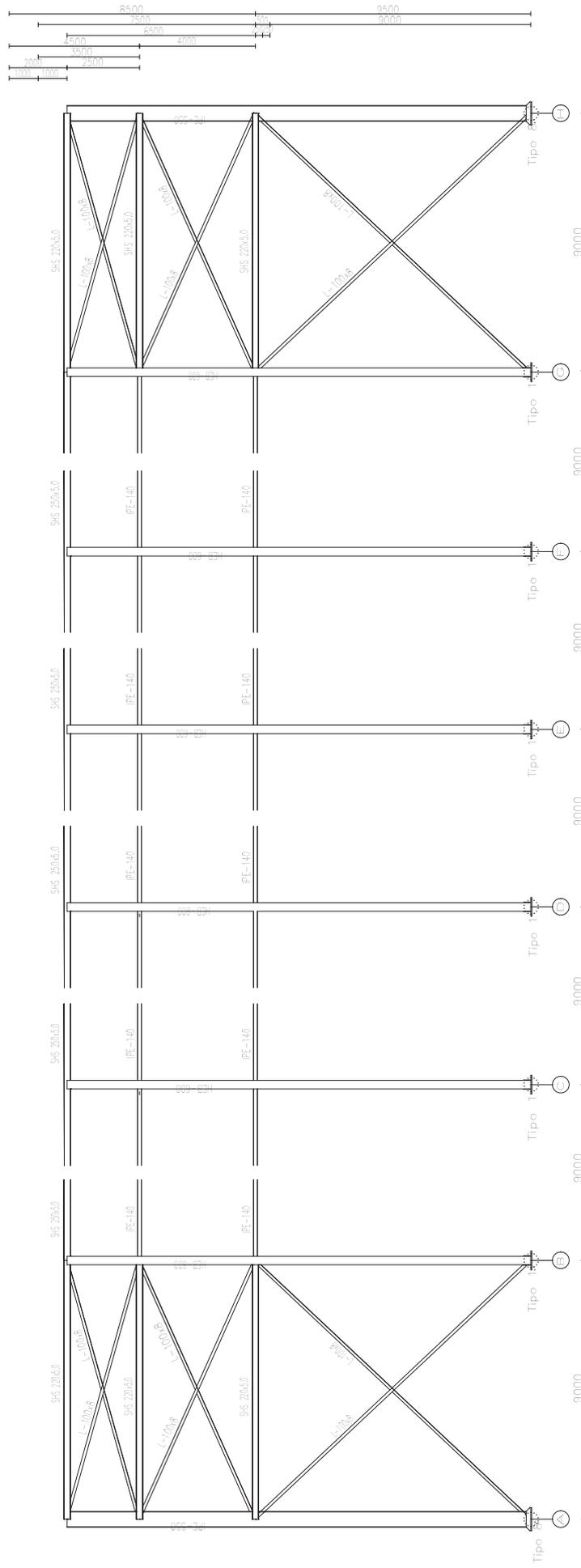
Sección A - A

Escala 1:75

Correas en cubiertas
Detalle del ejón en anclaje de correas en cubiertas

Escala: 1/150
Separación entre pórticos (m): 9,00
Correas en cubiertas
Tipo de Acero: S235
Tipo de perfil: CF-275x4,0
Número de correas: 26

Correas en laterales
Tipo de Acero: S275
Tipo de perfil: IPE 200
Número de correas: 20



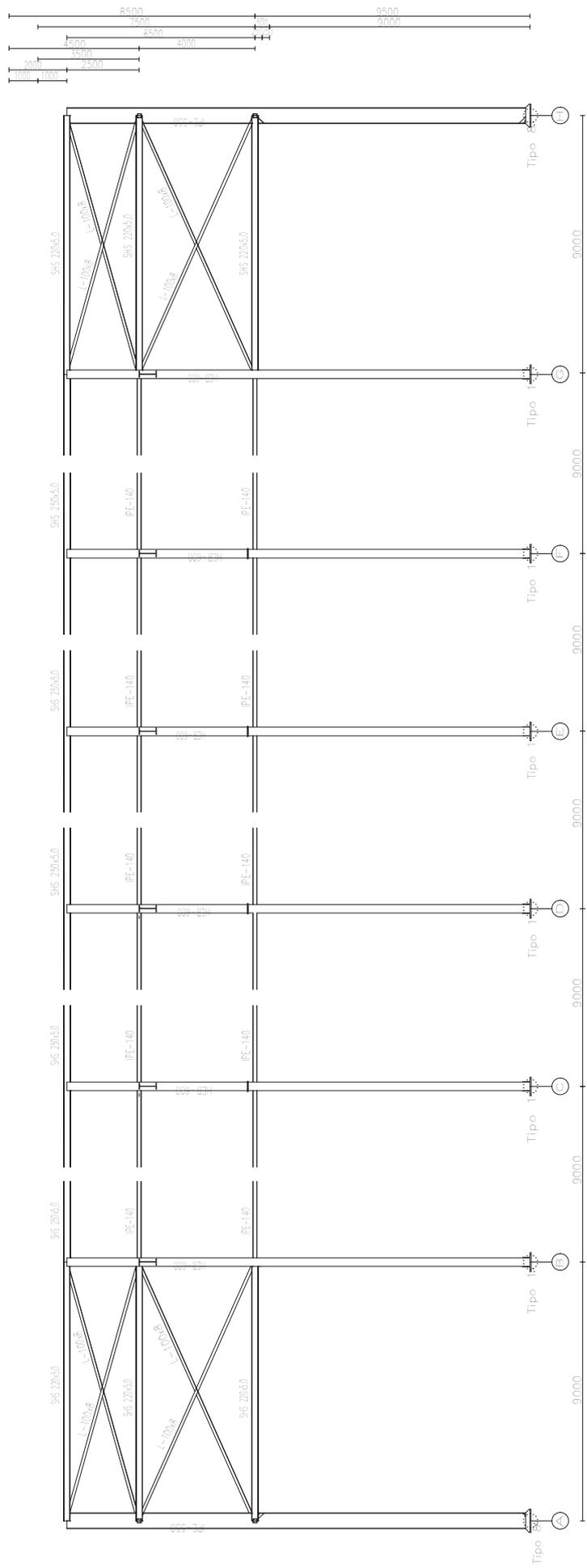
Escala: 1/150
 Separación entre pórticos (m): 9,00
 Correas en cubiertas
 Tipo de Acero: S235
 Tipo de perfil: CF-275x4,0
 Número de correas: 26

Correas en laterales
 Tipo de Acero: S275
 Tipo de perfil: IPE 200
 Número de correas: 21

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo V)	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

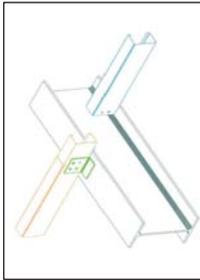
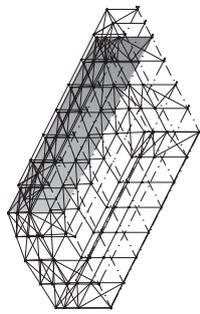
Plano: **Plano pórtico fachada lateral, alineación 1**
 Fecha: **Julio 2018**
 Autor: **David Panadero Ricós**
 Escala: **1:150**

Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL DE 2.772 m² SITUADO EN PUERTO DE SAGUNTO**

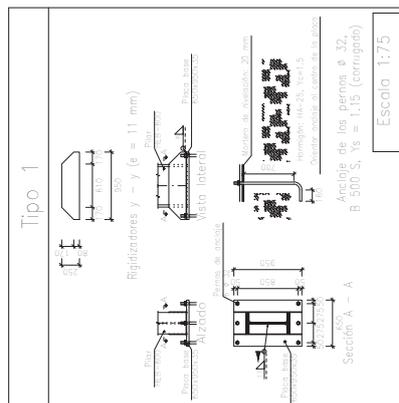
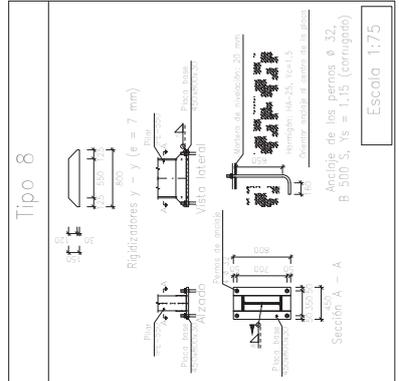


Escala: 1/150
 Separación entre pórticos (m): 9,00
 Correas en cubiertas
 Tipo de Acero: S235
 Tipo de perfil: CF-275x4.0
 Número de correas: 26

Correos en laterales
 Tipo de Acero: S275
 Tipo de perfil: IPE 200
 Número de correas: 20



Correos en cubiertas
 Detalle del ejón en anclaje de correas en cubiertas



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo V)	γ _{Mo}	γ _{Mt}	γ _{Mt}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	γ _{Mo} =1,05	γ _{Mt} =1,05
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	γ _{Mo} =1,05	γ _{Mt} =1,05

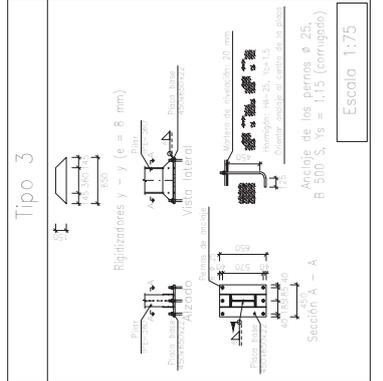
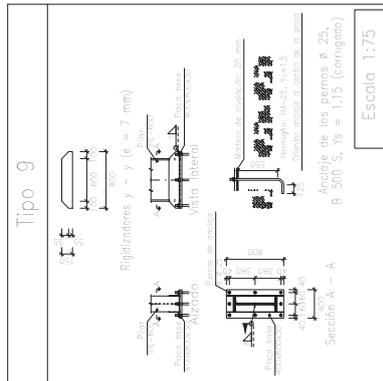
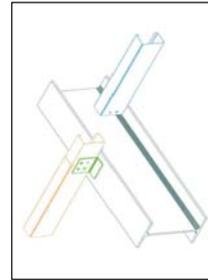
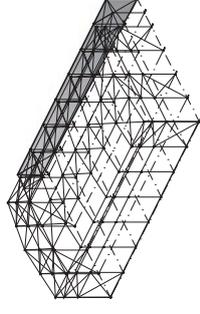
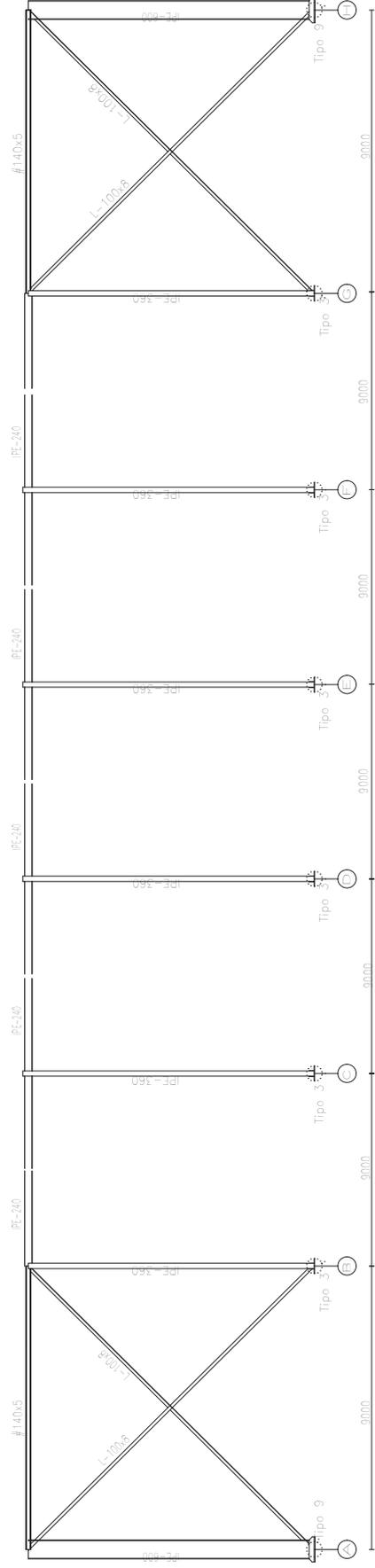
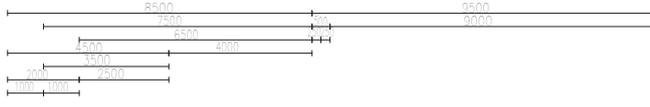
Plano: **Plano pórtico fachada lateral, alineación 5**

Fecha: **Julio 2018**

Autor: **David Panadero Ricós**

Escala: **1:150**

Nº Plano: **08**



Escala: 1/150
 Separación entre pórticos (m): 9,00
 Correas en cubiertas
 Tipo de Acero: S235
 Tipo de perfil: CF-275x4,0
 Número de correas: 26

Correas en laterales
 Tipo de Acero: S275
 Tipo de perfil: IPE 200
 Número de correas: 20

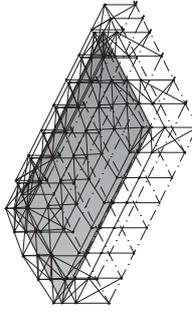
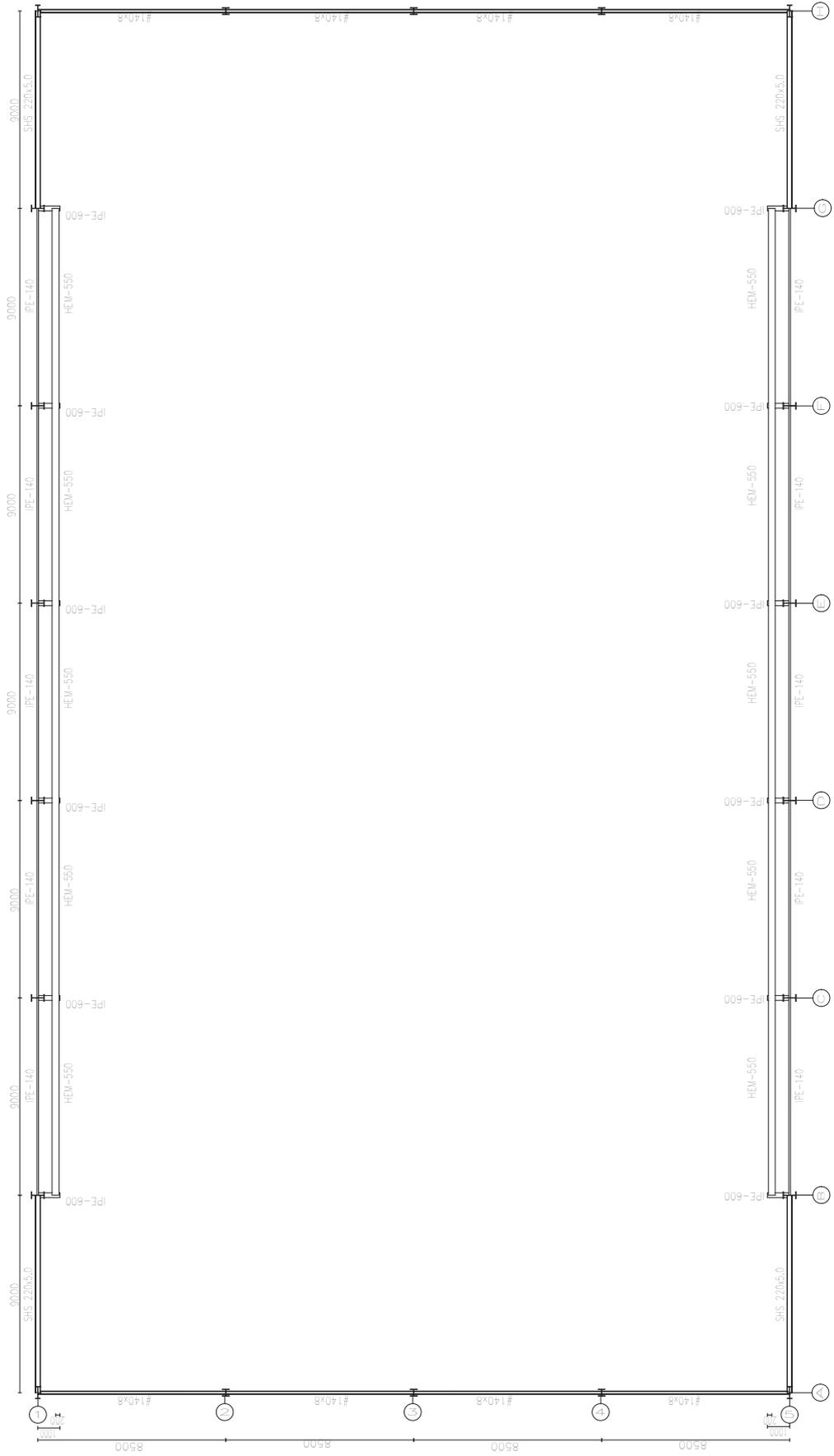
Correas en cubiertas
 Detalle del ejón en anclaje de correas en cubiertas

CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo V)	γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$

Plano: Plano pórtico fachada lateral, alineación 7	Fecha: Julio 2018	Nº Plano: 09
Autor: David Panadero Ricós	Escala: 1:150	

Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL DE 2.772 m² SITUADO EN PUERTO DE SAGUNTO**



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo V)	γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M1}=1,05$

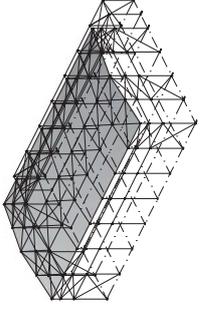
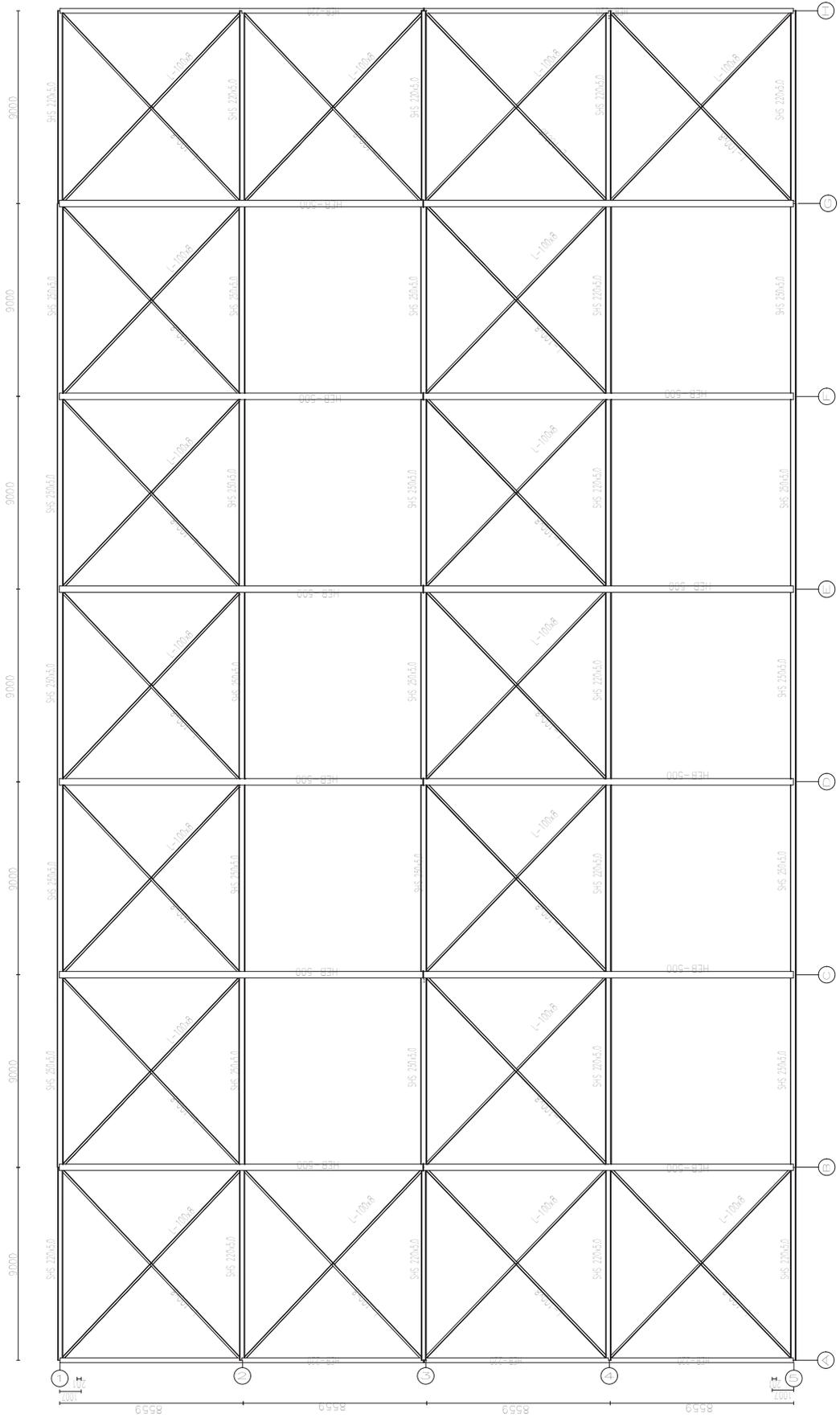
Plano: Plano de viga carrilera, nivel +13,5 m	Fecha: Julio 2018
Autor: David Panadero Ricós	Escala: 1:200

Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL DE 2.772 m² SITUADO EN PUERTO DE SAGUNTO**

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA

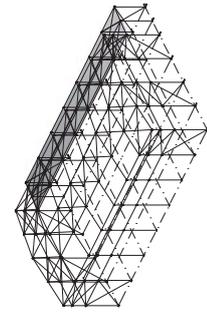
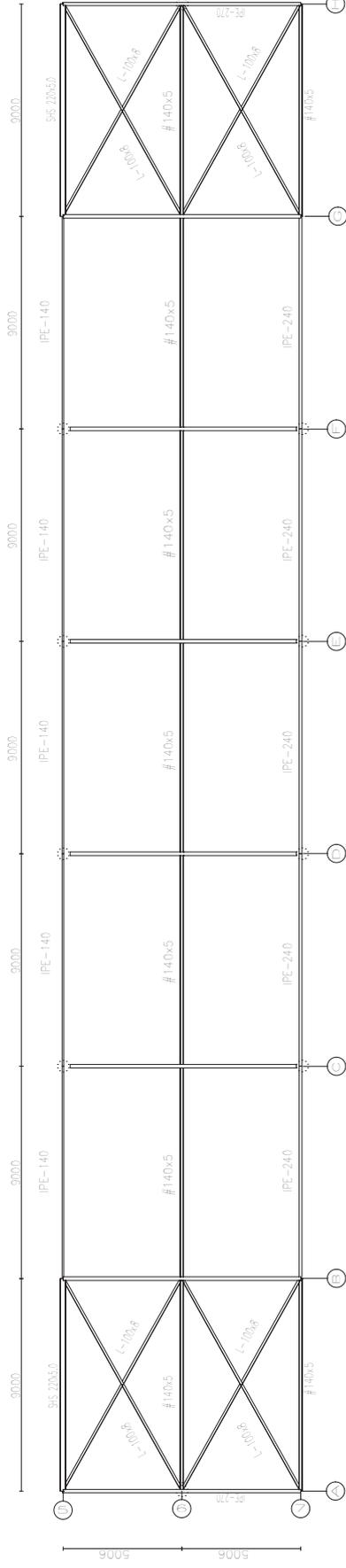


CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo V)	γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M1}=1,05$
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	$\gamma_{M1}=1,05$

Proyecto: **PROYECTO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL DE 2.772 m² SITUADO EN PUERTO DE SAGUNTO**
 Autor: **David Panadero Ricós**
 Fecha: **Julio 2018**
 Escala: **1:200**
 Nº Plano: **11**

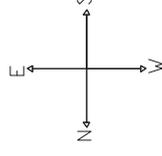
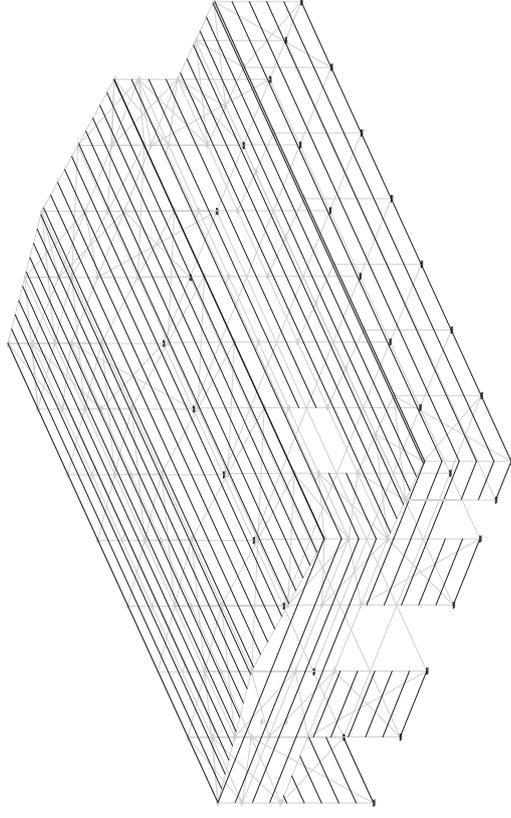
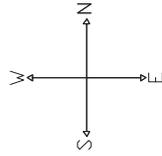
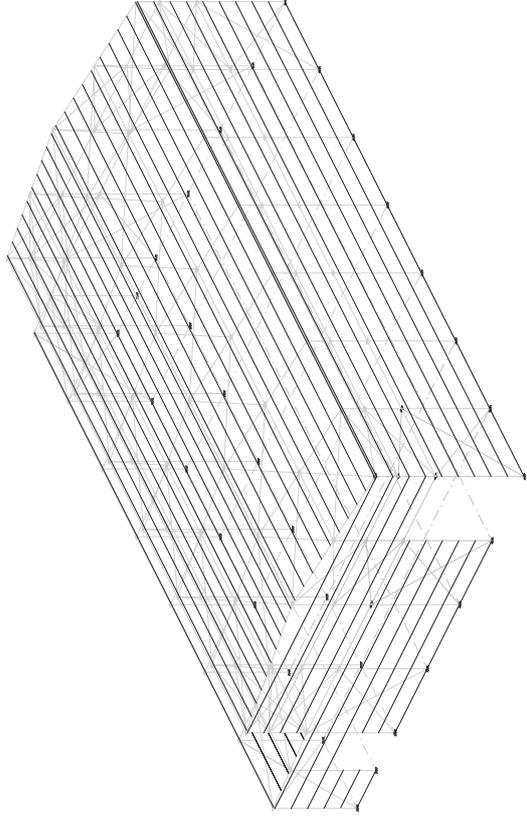
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (EAE Capítulo V)	γ _{Mo}	γ _{Mt}	
Perfiles laminados en caliente	S 275 - L.E. 275 N/mm ²	γ _{Mo} =1,05	γ _{Mt} =1,05
Perfiles conformados en frío	S 235 - L.E. 235 N/mm ²	γ _{Mo} =1,05	γ _{Mt} =1,05

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA	Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL DE 2.772 m² SITUADO EN PUERTO DE SAGUNTO	Fecha: Julio 2018	Nº Plano: 12
		Autor: David Panadero Ricós	Escala: 1:200	





Escala: 1/500
 Separación entre pórticos (m): 9,00
 Correas en cubiertas
 Tipo de Acero: S235
 Tipo de perfil: CF-275x4,0
 Número de correas: 26
 Correas en laterales
 Tipo de Acero: S275
 Tipo de perfil: IPE 200
 Número de correas: 20

Plano: Plano vistas 3D estructura con correas

Fecha: Julio 2018

Escala: 1:500

Proyecto: PROYECTO ESTRUCTURAL DE NAVE
 INDUSTRIAL DE 2.772 m² SITUADO EN
 PUERTO DE SAGUNTO

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS
 INDUSTRIALES



Nº Plano:

13

Autor: David Panadero Ricós

