



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Reformado técnico del proyecto de una nave industrial de estructura metálica hacia estructura de hormigón armado prefabricado

Autor: D. Luis Miguel García García

Tutor: D. Antolín Lorenzana Iban

Valladolid, Septiembre, 2019

RESUMEN

Se plantea una oferta de licitación de una nave industrial de 40x20m proyectada inicialmente en acero, si bien, mientras se mantenga la funcionalidad y se mejore el precio se admiten reformados técnicos. Una empresa contratista, especializada en construir naves en hormigón armado prefabricado está interesada en ofertar. Con la experiencia de la empresa se prevé viable en coste y plazo un reformado hacía una nave de hormigón prefabricado. Se calculará la nave de acero, a fin de poder estimar su coste y de extraer información necesaria para el cálculo de la nave en hormigón. Se hará lo propio con la de hormigón para comparar ambas. Se considerarán como únicas diferencias el material de la estructura y la solución técnica del forjado.

ABSTRACT

A bidding proposal for a 40x20m industrial building initially planned in steel is proposed, although, as long as the functionality is maintained and the price is improved, technical modifications are admitted. A contractor company, specialized in building with prefabricated reinforced concrete, is interested in bidding. With the experience of the company, modify building and do it with prefabricated concrete is viable in terms of cost and time. The steel building will be calculated, to be able to estimate its cost and to extract necessary information for the calculation of the building in concrete. The building in concrete will also be calculated to compare both. The material of the structure and the technical solution of the slab will be considered as the only differences.

Quisiera dedicar este trabajo a mis padres, mi hermana y mi novia por creer en mí y apoyarme en cada paso.

También a mi tutor que, gracias a su dedicación, siempre pude contar con su ayuda para sacar adelante este trabajo.

A todos ellos muchas gracias.

ACRÓNIMOS

TFM (*Trabajo Fin de Máster*)

CTE (*Código Técnico de la Edificación*)

EHE-08 (*Instrucción Española del Hormigón Estructural*)

NBE (*Normativa Básica de la Edificación*)

BOE (*Boletín Oficial del Estado*)

CSIC (*Consejo Superior de Investigaciones Científicas*)

LOE (*Ley de Ordenación de la Edificación*)

SEC (*Sede Electrónica del Catastro*)

PP (*Peso Propio*)

CM (*Carga Muerta*)

Q (B) (*Q (Uso B. Zonas administrativas)*)

Q (G1) (*Sobrecarga de uso (Uso G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de las acciones variables)*)

V(0°) H1 (*Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Presión interior*)

V(0°) H2 (*Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior*)

V(0°) H3 (*Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Presión interior*)

V(0°) H4 (*Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior*)

V(90°) H1 (*Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior*)

V(90°) H2 (*Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior*)

V(180°) H1 (*Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Presión interior*)

V(180°) H2 (*Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior*)

V(180°) H3 (*Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Presión interior*)

V(180°) H4 (*Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior*)

V(270°) H1 (*Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior*)

V(270°) H2 (*Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior*)

N(EI) (*Nieve (estado inicial)*)

N(R) 1 (*Nieve (redistribución) 1*)

N(R) 2 (*Nieve (redistribución) 2*)

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN	15
1.1- PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS.....	15
1.2-JUSTIFICACIÓN	16
1.3.- ORGANIZACIÓN.....	16
CAPÍTULO 2.- ESTADO DEL ARTE	17
CAPÍTULO 3.- EMPLAZAMIENTO Y DISEÑO DE LA NAVE	21
3.1.- EMPLAZAMIENTO.....	21
3.2.- DISEÑO DE LA NAVE	22
CAPÍTULO 4.- SOLUCIONES TÉCNICAS ADOPTADAS	27
4.1.- PERFILES DE ACERO	27
4.2.- HORMIGÓN PREFABRICADO	42
CAPÍTULO 5.- ESTRUCTURA DE ACERO VS. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	61
CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	63
ANEXOS	69

LISTA DE ILUSTRACIONES

- Figura 2. 1 Esquema piramidal de la reglamentación. Fuente: [www.codigotecnico.org, 2019]
- Figura 3. 1 Localización de la parcela. Fuente: [www.sedecatastro.gob.es, 2019]
- Figura 3. 2 Geometría de los pórticos. Fuente: [CYPE Generador de Pórticos, 2019]
- Figura 3. 3 Geometría de la nave. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 3. 4 Frontal de la nave. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 3. 5 Fondo de la nave. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 3. 6 Pilares del forjado. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 3. 7 Planta del forjado. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 3. 8 Estructura de la nave. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 3. 9 Normativa para el cálculo de la sobrecarga de nieve. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 3. 10 Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 1 Grupo 1 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 2 Grupo 2 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 3 Grupo 3 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 4 Grupo 4 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 5 Grupo 5 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 6 Grupo 6 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 7 Grupo 7 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 7 Grupo 8 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 9 Grupo 9 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 10 Grupo 10 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 11 Forjado colaborante. Fuente: [www.incoperfil.com, 2019]
- Figura 4. 12 Valores eficaces de los forjados colaborantes. Fuente: [www.incoperfil.com, 2019]
- Figura 4. 13 Tablas de resistencia de los forjados colaborantes. Fuente: [www.incoperfil.com, 2019]
- Figura 4. 14 Resultados del cálculo. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 15 Cimentación. Fuente: [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 16 Combinaciones de cargas [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 17 Coeficientes de seguridad de las cargas [CYPE 3D, 2019]
- Figura 4. 18 Casos de viento [CTE, 2006]
- Figura 4. 19 Influencia de la geometría de la cubierta a la acumulación de nieve [CTE, 2006]
- Figura 4. 20 Viguetas VI [Prainsa, 2019]
- Figura 4. 21 Viga Delta 2 Pretensada [Prainsa, 2019]
- Figura 4. 22 Pilares [Prainsa, 2019]
- Figura 4. 23 Resistencia de la placa alveolar FA16 [Prainsa, 2019]
- Figura 4. 24 Placa alveolar FA16 [Prainsa, 2019]
- Figura 4. 25 Detalle de la unión entre la placa alveolar y la jácena [Prainsa, 2019]
- Figura 4. 26 Jácenas de la Serie JR [Prainsa, 2019]
- Figura 4. 27 Tipos de ménsulas [Prainsa, 2019]
- Figura 4. 28 Jácenas de la Serie I [Prainsa, 2019]
- Figura 4. 29 Gancho de cubierta galvanizado [ITTE, 2019]
- Figura 4. 30 Paso 1: Cimentaciones de zapata corrida [3D Builder, 2019]
- Figura 4. 31 Paso 2: Colocación de los pilares EP44 sobre la cimentación [3D Builder, 2019]
- Figura 4. 32 Paso 3: Colocación de las jácenas JI 50 y JR 25 del forjado [3D Builder, 2019]

Figura 4. 33 Paso 4: Colocación de las placas alveolares FA 16 [3D Builder, 2019]

Figura 4. 34 Paso 5: Colocación de las vigas Delta 2 Pretensadas [3D Builder, 2019]

Figura 4. 35 Paso 6: Colocación de las viguetas VI 18 [3D Builder, 2019]

LISTA DE TABLAS

- Tabla 4. 1 Perfiles seleccionados.
- Tabla 4. 2 Carga sobre el paño del forjado
- Tabla 4. 3 Cargas sobre la nave
- Tabla 4. 4 Combinaciones más desfavorables
- Tabla 4. 5 Peso de la estructura de acero
- Tabla 4. 6 Peso de la estructura de hormigón
- Tabla 4. 7 Comparativa presupuestaria

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

1.1- PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS

En este primer capítulo se introduce el tema del Trabajo Fin de Máster (TFM), así como el objetivo que se persigue con el mismo.

El proyecto trata de comparar la solución técnica que supone una nave de hormigón prefabricado frente a una nave de estructura metálica. Se pretende simular una situación real, en la que una empresa de construcciones especializada en hormigón prefabricado licita para la construcción de una nave industrial proyectada inicialmente con estructura metálica. El objetivo por tanto es proyectar una nave de perfiles de acero, resolviendo su estructura con el objetivo de obtener la envolvente de la nave. Una vez resuelta se hará uso de los catálogos de nuestra empresa especializada en hormigón prefabricado para sustituir el acero de los pilares, dinteles y vigas por otros de hormigón. Esto último es la parte que se comparará a través del presupuesto.

Las calidades y funcionalidades de la nave se mantienen, así como las dimensiones de esta, con el objetivo de comparar ambas propuestas.

Se harán una serie de simplificaciones para limitar el alcance del TFM. A continuación, se exponen las hipótesis adoptadas:

- Se utilizará un terreno de buena calidad ya destinado para uso industrial.
- Los cerramientos de la nave serán de muros de hormigón prefabricado para los laterales y de placa sándwich para la cubierta en ambas soluciones.
- El acondicionamiento del terreno, entorno de la nave, instalaciones y uso de la nave será el mismo en ambos casos.
- La nave contará con una segunda planta para uso de oficinas en el primer vano entre el primer y segundo pórtico.

Por tanto, el proyecto se limita a comparar ambas soluciones estructurales teniendo en cuenta que las únicas diferencias entre ellas son:

- Los materiales empleados en la estructura.
- La solución adoptada para el forjado. Siendo de chapa colaborante para el caso de la nave de acero y de placas alveolares para el caso de la nave de hormigón.
- Las dimensiones de la cimentación, ya que las estructuras de hormigón son más pesadas que las de acero.

Para poder comparar ambas soluciones a fin de convencer al cliente del cambio, se valorará el precio ya que el tiempo de ejecución será muy similar.

1.2-JUSTIFICACIÓN

La motivación de este proyecto se encuentra en la revolución constructiva que supone hoy en día el hormigón prefabricado. Cada vez más se hace uso de elementos prefabricados de hormigón para la construcción tanto civil, como industrial. Por tanto y como futuro ingeniero industrial, he querido profundizar en su utilización en el área de la edificación que nos ocupa a los ingenieros, en este caso una nave de uso industrial.

Con este objetivo se planteó una situación en la que se pudiera comparar una nave de perfiles de acero con una nave de hormigón. De esta manera se podrían detectar las virtudes y carencias del hormigón prefabricado frente al acero. Para ello, se ha tomado como referencia una nave tipo de dimensiones 40mx20m como la desarrollada entre sus ejemplos por CYPE Ingenieros en su página web [CYPE, 2019].

1.3.- ORGANIZACIÓN

Partiendo del ejemplo disponible en la página web de CYPE ingenieros, se ha realizado una estructura en 3D emplazada en Benavente (Zamora) y, por tanto, considerando las condiciones climáticas de esta zona. Una vez diseñada la nave, se han optimizado todos los perfiles buscando su máximo aprovechamiento bajo las solicitaciones del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Una vez solucionada la estructura se aprovecharán las envolventes calculadas por CYPE 3D para entrar en los catálogos de hormigón prefabricado de Prainsa, que hará las veces de empresa licitadora. Se ha escogido esta empresa y no otra por la amplia información de la que dispone en sus catálogos, lo cual ha permitido aplicar una mejor solución. Los resultados no están supeditados a una empresa u otra ya que todo el hormigón estructural ha de cumplir unas especificaciones mínimas marcadas por la Instrucción Española del Hormigón Estructural del 2008 (EHE-08).

CAPÍTULO 2.- ESTADO DEL ARTE

En este capítulo, se tratará de dar una visión de la edificación industrial en la actualidad y el porqué de la irrupción del hormigón prefabricado.

Primero se sitúa en su contexto la EHE-08. En el 2008 se inició en España una crisis económica, también conocida como “la crisis del ladrillo” o “el boom de la construcción”. Los motivos y las consecuencias son bien conocidos por todos. Sin embargo, esta crisis condujo a una serie de cambios normativos que aún siguen vigentes hoy en día.

En el año 2006, se aprueba el Real Decreto 314/2006 [BOE, 2006], entrando en vigor el CTE [CTE,2006], en cambio se da una prórroga de hasta 12 meses para su aplicación obligatoria. Este período permitía seguir aplicando la normativa anterior, Normativa Básica de la Edificación (NBE) de 1996.

En el momento en que pasa a ser obligatorio la aplicación del CTE, el sector ya se encuentra al límite del colapso. Su aplicación, con el objetivo de evitar la situación que se venía produciendo desde el inicio de la década, cada vez se construía más, más rápido y de peor calidad, llega tarde.

El CTE venía a aglutinar una serie de mínimos en las distintas áreas de la edificación que eran necesarios. Su estructura como bien explica la propia página del CTE, en la cual dedica un artículo [CTE,2019], dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y este a su vez del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades es la siguiente:

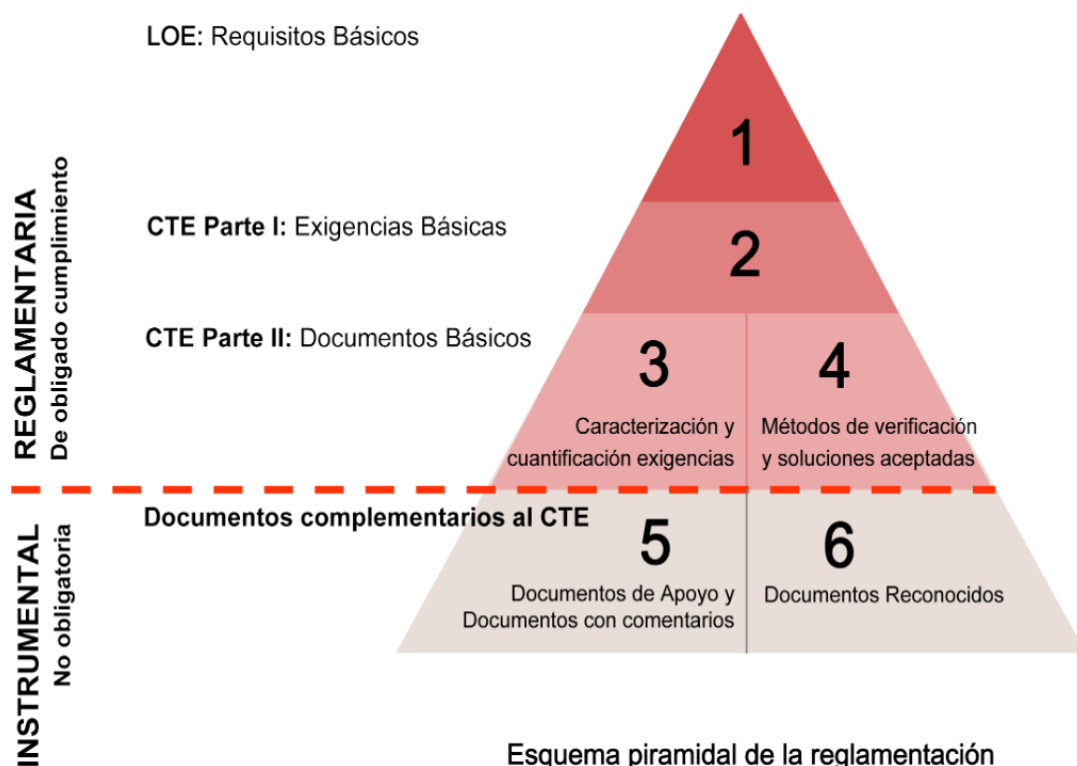


Figura 2. 1 Esquema piramidal de la reglamentación. Fuente: [www.codigotecnico.org, 2019]

El CTE está dividido en dos partes. En la primera, están los requisitos básicos de carácter normativo, según la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) [LOE,1995]. En la segunda, se encuentra los Documentos Básicos (DB) de carácter técnico, en ellos se detallan las exigencias básicas y los procedimientos para conseguirlas. Los DB se componen de:

- DB SE: Seguridad estructural.
 - DB SE-AE: Acciones en la edificación
 - DB SE-A: Estructuras de acero
 - DB SE-F: Estructuras de fábrica
 - DB SE-M: Estructuras de madera
 - DB SE-C: Cimentaciones
- DB SI: Seguridad en caso de incendio
- DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad
- DB HE: Ahorro de energía
- DB HR: Protección frente al ruido
- DB HS: Salubridad

En la última parte denominada instrumental, se aportan una serie de documentos de apoyo con guías técnicas, buenas praxis, soluciones constructivas, etc. Todos estos documentos están reconocidos por el Ministerio de Fomento que los actualiza y publica periódicamente en el Registro General del Código Técnico de la Edificación.

Dos años después de la publicación del CTE, se publica otra normativa específica para el hormigón, el citado EHE-08, que viene a unificar todas las normas de hormigón anteriores e introduce una serie de requisitos mínimos en la construcción con este material. Por un lado, establece como resistencia mínima del hormigón para armar en 25 MPa. Además de aumentar las exigencias en el control del hormigón, tanto en su fabricación como en su recepción en la obra. Otro avance, es el uso de aditivos, fibras de refuerzo o áridos ligeros que mejoran las propiedades del hormigón [EHE-08, 2008].

A partir de este momento, el hormigón como elemento constructivo tiene mayores garantías como solución técnica, ya que se definen unos mínimos de calidad, se mejoran sus prestaciones y admite mayores cargas.

Las características del hormigón dependen de una serie de factores como son la cantidad de áridos, de agua y aditivos. Pero también influye el proceso de fraguado o endurecimiento. La forma más común en los últimos años de usar el hormigón era in situ. Mediante una cuba se vertía en una formaleta o armazón y se curaba. Están estipulados 28 días para que el hormigón alcance la resistencia de compresión suficiente [EHE-08, 2008]. Este proceso está expuesto a las condiciones ambientales, que pueden variar en este tiempo y a la vez son diferentes según la zona de España.

Para solventar esta variabilidad, ha surgido el hormigón prefabricado. Lo cierto es que no es una tecnología nueva, ya que ha sido un elemento muy extendido en carreteras, puertos, canales, etc. Se utiliza el hormigón prefabricado en arquetas, muros de contención, tuberías, puentes, pilares, etc. Sin embargo, no ha sido hasta hace una década que su utilización se ha extendido en otras áreas como viviendas, edificios de uso público o de uso industrial.

Para conocer las ventajas de el hormigón prefabricado se ha consultado algunos de los principales fabricantes como es Prefabricados Alberdi [Alberdi, 2019]. El cuál nos explica en su página web las 10 ventajas principales del uso de hormigón prefabricado.

Las 10 ventajas principales para usar prefabricados de hormigón son:

“1. Construcción Industrializada: Los prefabricados de hormigón son productos a medida fabricados en plantas industriales que ofrecen todas las garantías tanto en funcionalidad como en calidad.

2. Mínimo tiempo de ejecución: Los prefabricados de hormigón únicamente se montan en obra (no hay construcción in situ), lo que permite reducción de tareas auxiliares y mano de obra.

3. Seguridad en su construcción y uso: La resistencia de los prefabricados de hormigón está garantizada desde la salida de la planta y a lo largo de toda la vida del producto.

4. Durabilidad: Las materias primas empleadas y los controles de calidad de los productos acabados posibilitan una máxima durabilidad frente a otras opciones de construcción.

5. Máxima resistencia: estructural, fuego... Los prefabricados de hormigón conservan todas sus características de resistencia incluso en situaciones adversas, por ejemplo, en incendios.

6. Aislante acústico y térmico: Los prefabricados de hormigón mejoran el aislamiento acústico y optimización energética mediante la masa térmica.

7. Excelente relación coste/beneficio: Los prefabricados de hormigón consiguen una reducción de tareas en todo el proceso de la construcción que redundan en un mejor balance entre la inversión y sus beneficios.

8. Calidad controlada: La calidad del producto está avalada por la empresa fabricante, independiente de la ejecución.

9. Versatilidad y diseño: Los prefabricados de hormigón se adaptan a cualquier necesidad técnica o de diseño y consiguen una alta competitividad en productos seriados.

10. Sostenibilidad: El empleo de prefabricados de hormigón supone tener un óptimo control de impactos ambientales, sociales y económicos tanto durante la construcción como durante el uso y gestión posterior.”

Es de esperar que no solo tenga ventajas si no también inconvenientes. En el blog Prefabricado Seguro del ingeniero Javier Álvarez [Seguro, 2019], muestra varios. A continuación, se enumeran algunos:

1. Transporte limitado por la normativa vigente (dimensiones y peso, sobre todo).
2. Cimentaciones muy precisas para garantizar el encaje de las piezas prefabricadas.
3. Elementos de elevación de mayor tonelaje.
4. Escasa resistencia a esfuerzos horizontales, especialmente delicada su manipulación en obra.
5. Mayores cimentaciones debidas al mayor peso de la estructura.

CAPÍTULO 3.- EMPLAZAMIENTO Y DISEÑO DE LA NAVE

En este capítulo se definirá el emplazamiento para la construcción de ambas naves y las características de esta última. Como ya se comentó en el capítulo 1, las dimensiones de la nave serán las mismas en ambos casos.

3.1.- EMPLAZAMIENTO

Lo primero que se debe definir es el emplazamiento. Para ello se ha elegido una localidad con polígono industrial y con un Plan Parcial del polígono. En este caso se ha elegido la localidad de Benavente en la provincia de Zamora. El terreno seleccionado se encuentra dentro del área comprendida por el Polígono Industrial "Benavente III". Haciendo uso de la Sede Electrónica del Catastro (SEC) podemos obtener la siguiente información acerca de la parcela [Catastro,2019].

Referencia Catastral: 49023A501002860000KY

Localización: Polígono 501 Parcela 286 Los Salados. Benavente (Zamora)

Superficie: 4.157 m²



Figura 3. 1 Localización de la parcela. Fuente: [Catastro, 2019]

Se ha seleccionado esta parcela porque se dispone de acceso por dos laterales. Cuenta además con una parcela colindante para una posible ampliación futura de las instalaciones y está situada cerca de los desvíos para las autovías A-6, A-52 y A-66. Además, cuenta con varias nacionales que nacen del entorno de Benavente. Por lo que se considera un buen centro logístico. La funcionalidad de la nave y su utilización no van a influir en su estructura.

A través del Plan Parcial [PParcial, 2012], podemos conocer los retranqueos a respetar:

- Frente 8m
- Lateral 3m
- Fondo 8m

Además de la altura máxima en cornisa, que será de 12 m. Se ha comprobado que la nave de dimensiones de 40 m x 20 m x 10 m respeta el Plan Parcial.

3.2.- DISEÑO DE LA NAVE

La función que se le asigna a esta nave es la de un almacén de paquetería para furgonetas de reparto. Cada vez más, se valora la proximidad en la entrega y la comarca de Benavente y Los Valles cuenta con numerosos pueblos, que junto con los habitantes de Benavente suman cerca de 40.000 habitantes. Esto supone aproximadamente el 23% de toda la provincia en una región que no representa más del 13% de toda la superficie [Benavente, 2019].

Es una región con alto índice de población en un área relativamente pequeña. Por tanto, esta proximidad permite llegar a un gran número de entregas en una misma jornada de reparto.

Para el diseño de la nave se ha partido del ejemplo de nave industrial que facilita CYPE Ingenieros en su página web [CYPE, 2019]. Se trata de una nave de 40 m de largo por 20 m de ancho. Los pilares son de 8 m de altura con una cumbrera que alcanza los 10m con los dinteles.

Los muros laterales son de hormigón prefabricado cubriendo la altura total de la nave. Arriostran los pilares de los pórticos a pandeo y su peso propio no recae sobre la estructura si no sobre los cimientos.

La cubierta es de panel sándwich $0,24 \text{ KN/m}^2$ de peso [Hiansa, 2019] y descansa sobre unas correas en cubierta separadas entre sí 1,4 m. Se volverá a tratar la cubierta en el capítulo 3. Quedando por tanto los pórticos de la siguiente manera. Se define una sobrecarga del cerramiento debido a las labores de mantenimiento de la cubierta de $0,4 \text{ KN/m}^2$.

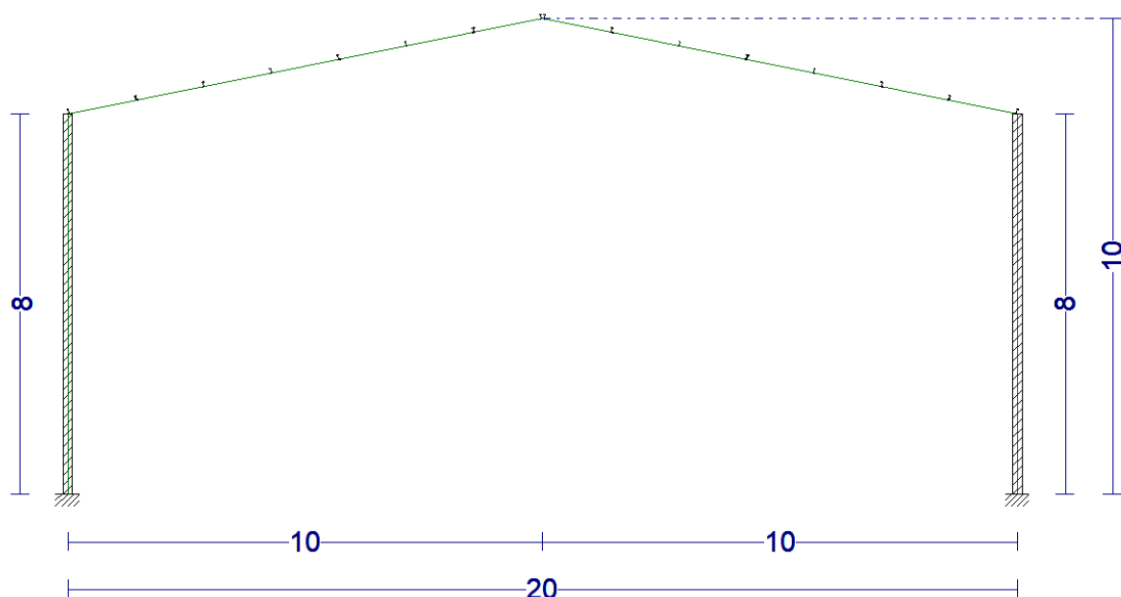


Figura 3. 2 Geometría de los pórticos. Fuente: [CYPE Generador de Pórticos, 2019]

Se trata de una nave compuesta por 9 pórticos a dos aguas de 5m de vano que hacen en total los 40 m de longitud. En la siguiente figura se puede observar la geometría de la nave en 3D.

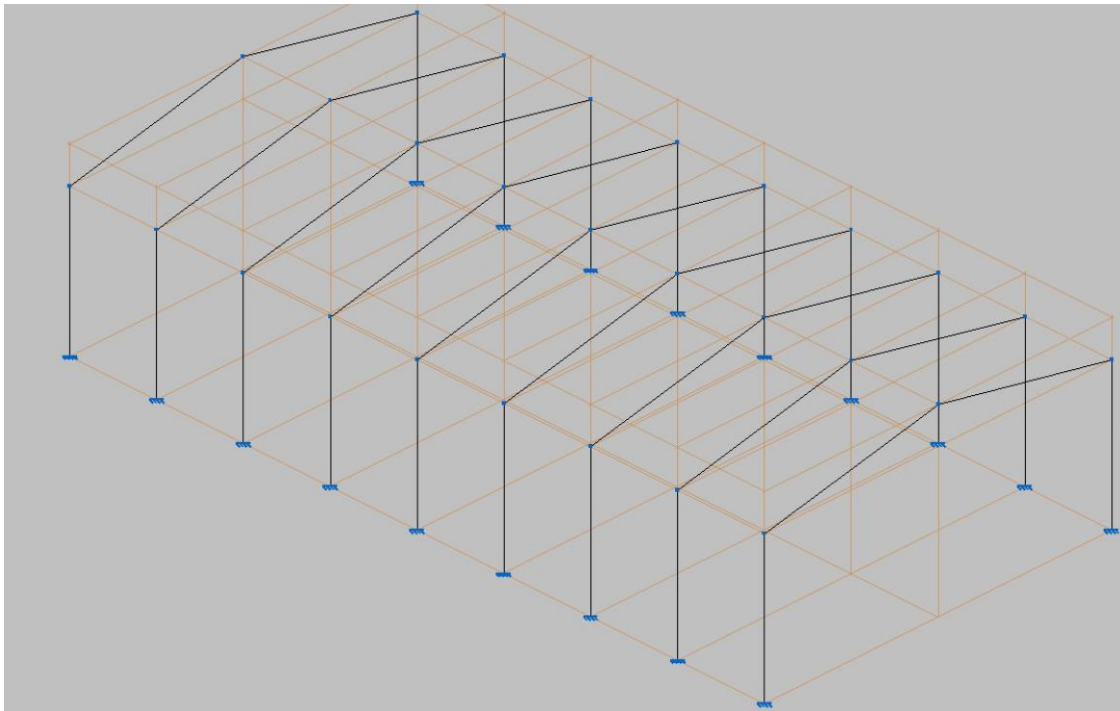


Figura 3. 3 Geometría de la nave. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Dispone de tres huecos de 5 m de ancho por 6 m de alto lo que permite el acceso a camiones y furgonetas. Estos se sitúan en los vanos 2 y 7 del lateral izquierdo y en el vano 2 del lateral derecho. En cada hueco, se colocará unas vigas entre los vanos a una altura de 6 m.

La ventaja de que haya dos puertas enfrentadas es que un camión puede atravesar la nave sin necesidad de maniobrar en su interior. Esto permite realizar la descarga por un lateral del camión con carretillas elevadoras y una vez finalizada la descarga el camión sale recto de la nave.

En el frontal y en el fondo de la nave se colocan unos pilares para los muros de piñón, espaciados entre sí 5 m. En el caso del frontal, se incorporan vigas entre los pilares a una altura de 4 m para la sujeción del forjado.

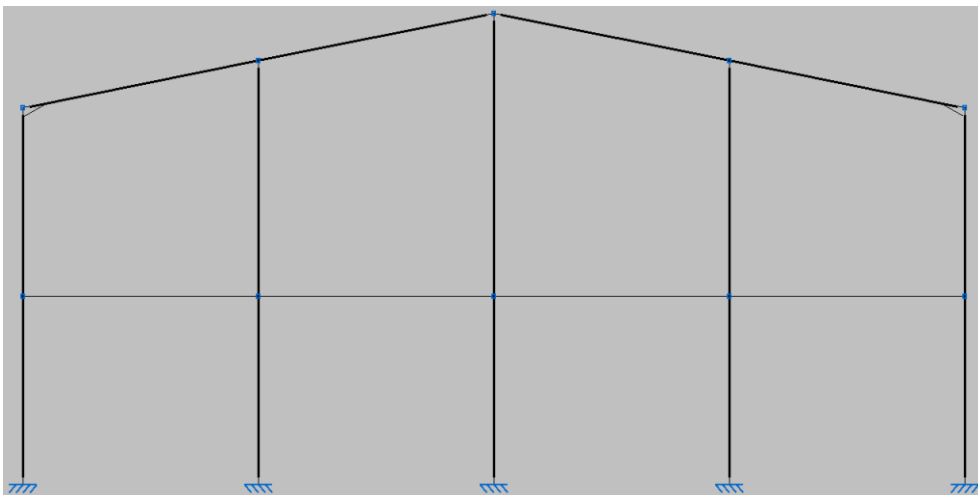


Figura 3. 4 Frontal de la nave. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

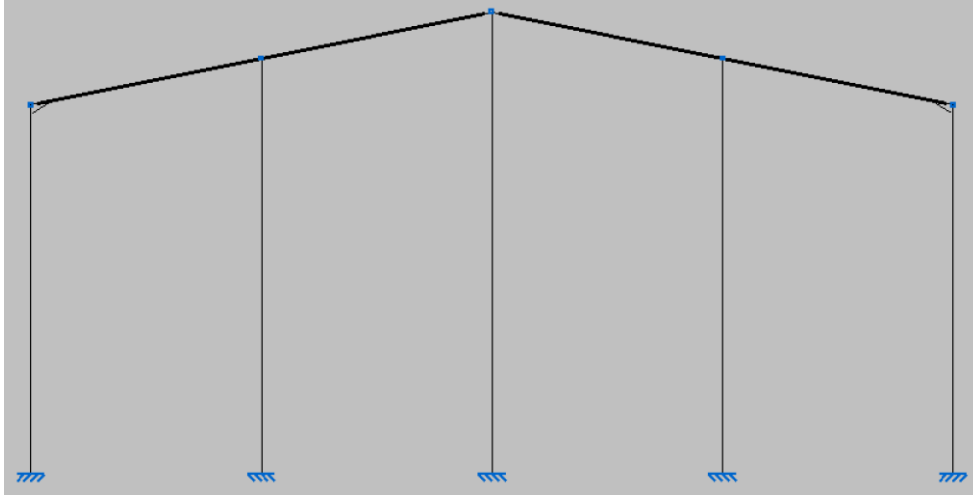


Figura 3. 5 Fondo de la nave. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Por otro lado, la nave cuenta con una segunda planta en el primer vano para uso de oficinas, de 5 m de ancho por 20 m de largo. Su disposición no afecta al paso de los camiones ya que se encuentra en el vano de un extremo de la nave.

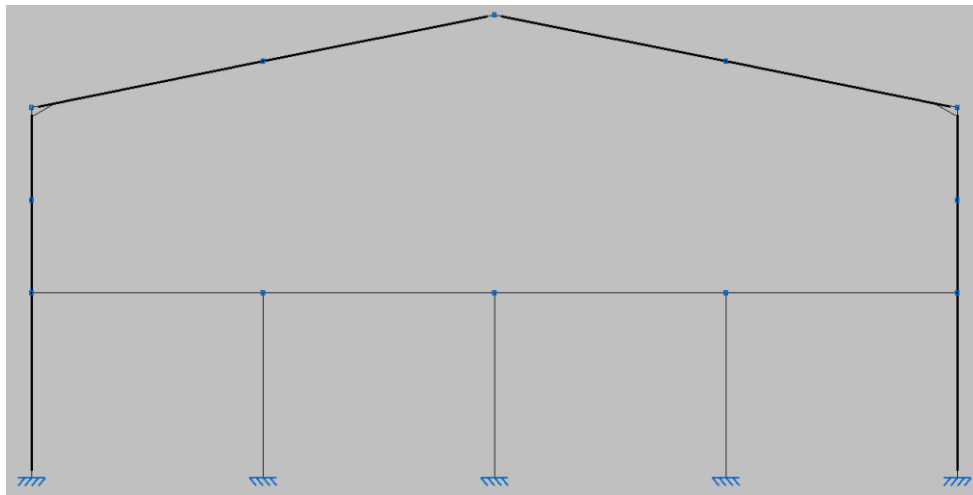


Figura 3. 6 Pilares del forjado. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

El forjado apoya en los pilares del primer y segundo pórtico y en otros 6 repartidos, 3 y 3, en el interior del primer y el segundo pórtico. En la Figura 3.7, se puede observar la distribución en planta del forjado.

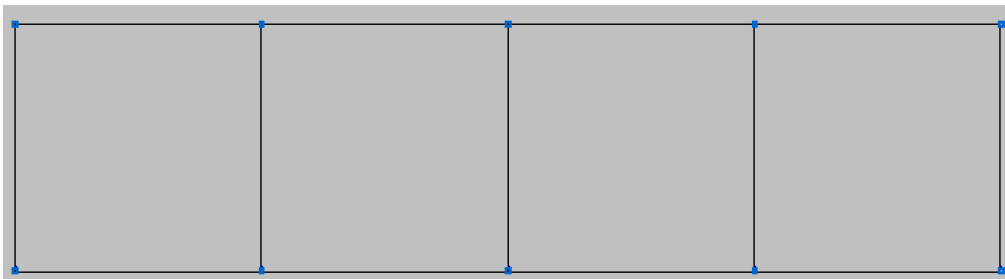


Figura 3. 7 Planta del forjado. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

En la cubierta se colocarán unas vigas para arriostrar el plano del faldón también llamados cabios. Por último, se añaden cruces de San Andrés mediante elementos tirantes tanto en el primer vano como en el último. En la Figura 3.8, se puede ver la geometría final de la nave.

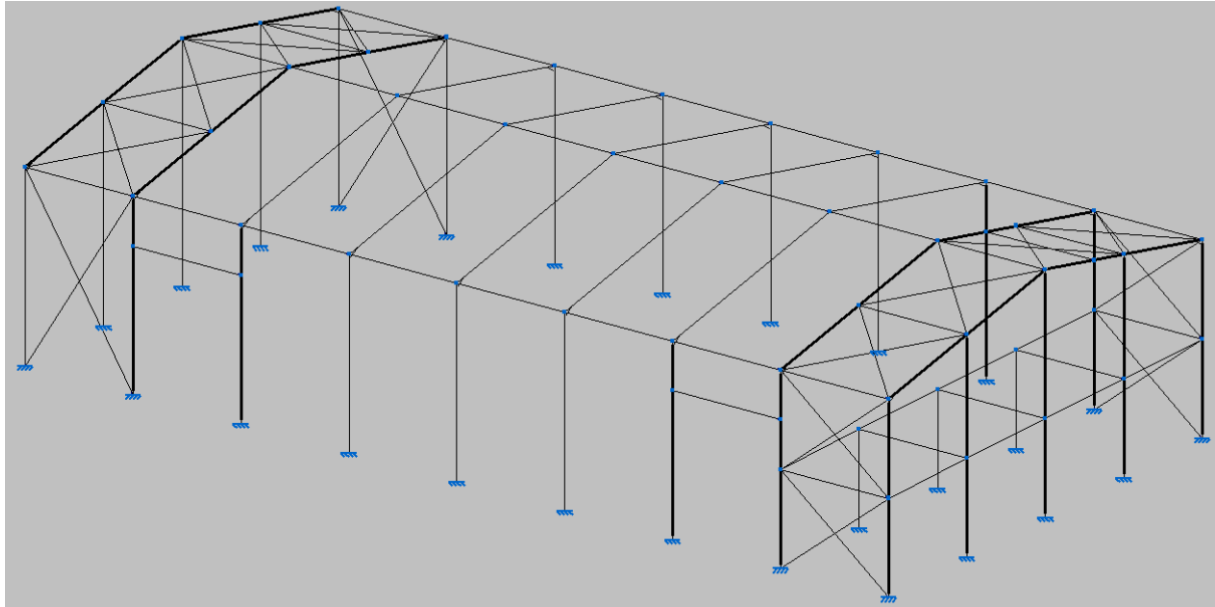


Figura 3. 8 Estructura de la nave. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

En cuanto a las cargas debidas a la acción climática, se establece una sobrecarga de nieve y viento según el CTE por la situación de la nave [CTE, 2006]. Para la sobrecarga de nieve, según vemos en la Figura 3.9, está en la zona 3 y con una altitud de 727 m. En el caso de sobrecarga de viento, ver Figura 3.10, por su situación le corresponde la zona eólica A y grado de aspereza 4, ya que se sitúa en una zona industrial.

Normativa para el cálculo de la sobrecarga de nieve

- CTE DB-SE AE (España)
- NTE (España)
- Eurocódigo 1 (Portugal)
- RSA (Portugal)
- Eurocode 1 (France)
- Eurocode 1 (Belgique)
- Eurocódigo 1
- N 84 (France)
- DIN 1055-5 (Alemania)
- NTC: 14-01-2008 (Italia)
- Наредба No3, 21 юли 2004 (Bulgaria)
- ASCE 7 - 05 (USA)
- NBC 05 (Canada)
- IS: 875 (Part 4) - 1987 (Reaffirmed 1997) (India)
- Nieve genérica

Datos del emplazamiento

Zona 1 2 3 4 5 6 7

Altitud topográfica m

Exposición al viento

Protegida Normal Fuertemente expuesta

Si la construcción está protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve se incrementa en un 20%.

Si se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto a la acción del viento, el valor de la carga de nieve se reduce en un 20%.

Descripción de la cubierta

Cubierta con resaltos

Figura 3. 9 Normativa para el cálculo de la sobrecarga de nieve. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

 Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento

España
 UE
 Alemania
 Bélgica
 Bulgaria
 Francia
 Italia
 Portugal
 Argelia
 Marruecos
 Argentina
 Brasil
 Colombia
 Cuba
 México
 Paraguay
 Perú
 Venezuela
 Canadá
 USA
 India

CTE DB SE-AE NTE

CTE DB SE-AE
 Código Técnico de la Edificación.
 Documento Básico Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación

Zona eólica
 A. Velocidad básica: 26 m/s
 B. Velocidad básica: 27 m/s
 C. Velocidad básica: 29 m/s



Grado de aspereza
 Única Según dirección
 I II III IV V

Zona urbana, industrial o forestal

Periodo de servicio (años)

Con huecos

Coeficiente de obstrucción para cubiertas aisladas

Figura 3. 10 Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

CAPÍTULO 4.- SOLUCIONES TÉCNICAS ADOPTADAS

4.1.- PERFILES DE ACERO

En este apartado se describirán las secciones de los perfiles utilizados, así como las consideraciones realizadas para el cálculo de la estructura. Para resolver la nave mediante perfiles de acero se ha usado acero S275. Los perfiles empleados se han agrupado según las secciones y sus coeficientes de pandeo. Se distinguen 10 grupos. Para todos ellos el eje z se sitúa en la dirección de los pilares (vertical), x en dirección de los laterales e y en la dirección del frontal.

El primer grupo lo componen los pilares centrales con una sección IPE 360.

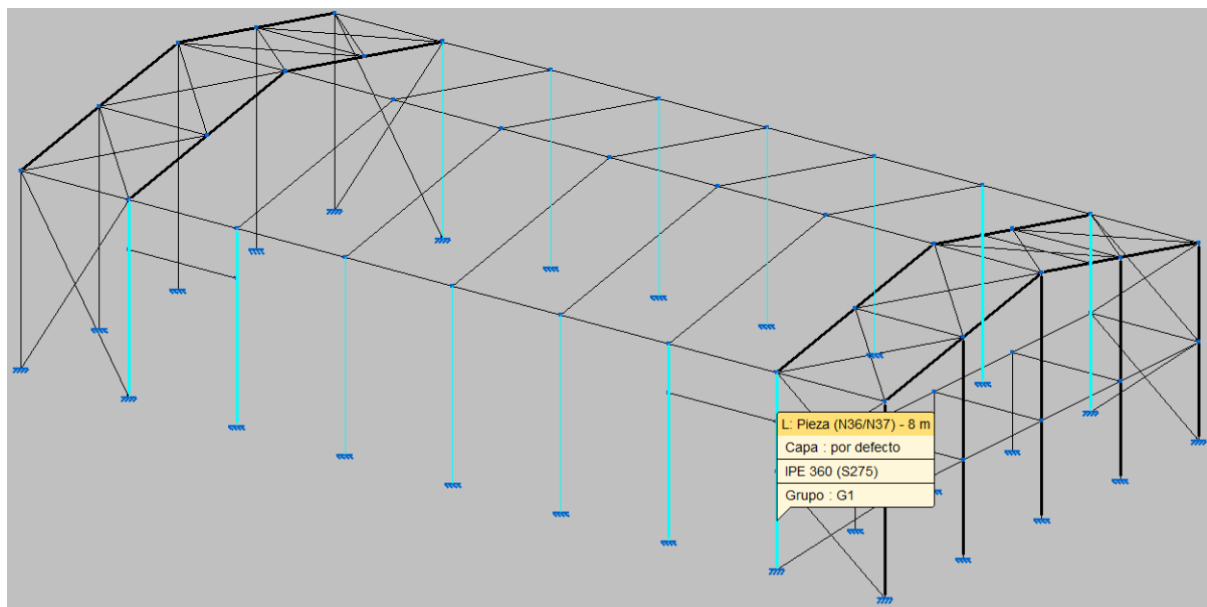


Figura 4. 1 Grupo 1 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Para el grupo mostrado en la Figura 4.1, se ha definido un coeficiente de pandeo de 0 en el plano xy. Estos pilares se encuentran arriostrados por los muros laterales de la nave en esa dirección. Para el plano xz, se ha considerado una longitud de pandeo de 9,6 m ($\beta=1,2$). En cuando a los nudos, la vinculación exterior con el terreno es mediante empotramientos y la vinculación interior son nudos rígidos.

Si realiza otra exportación del Generador pórticos, pero definiendo la estructura como traslacional, se observa que los coeficientes de pandeo que se exportan en el plano de los pórticos son de $\beta = 1.20$ para los pilares y de $\beta = 1.135$ para los dinteles [CYPE,2019]

El segundo grupo lo componen los dinteles con una sección IPE 360. Para el grupo mostrado en la Figura 4.2, se ha definido un coeficiente de pandeo de 0 en el plano xy. Estos pilares se encuentran arriostrados por unas tornapuntas en esa dirección. Para el plano xz, se ha considerado una longitud de pandeo de 11,575 m ($\beta=1,135$). Las uniones son mediante nudos rígidos entre dinteles y unión rígida con una cartela inicial inferior de 0,5 m con el pilar.

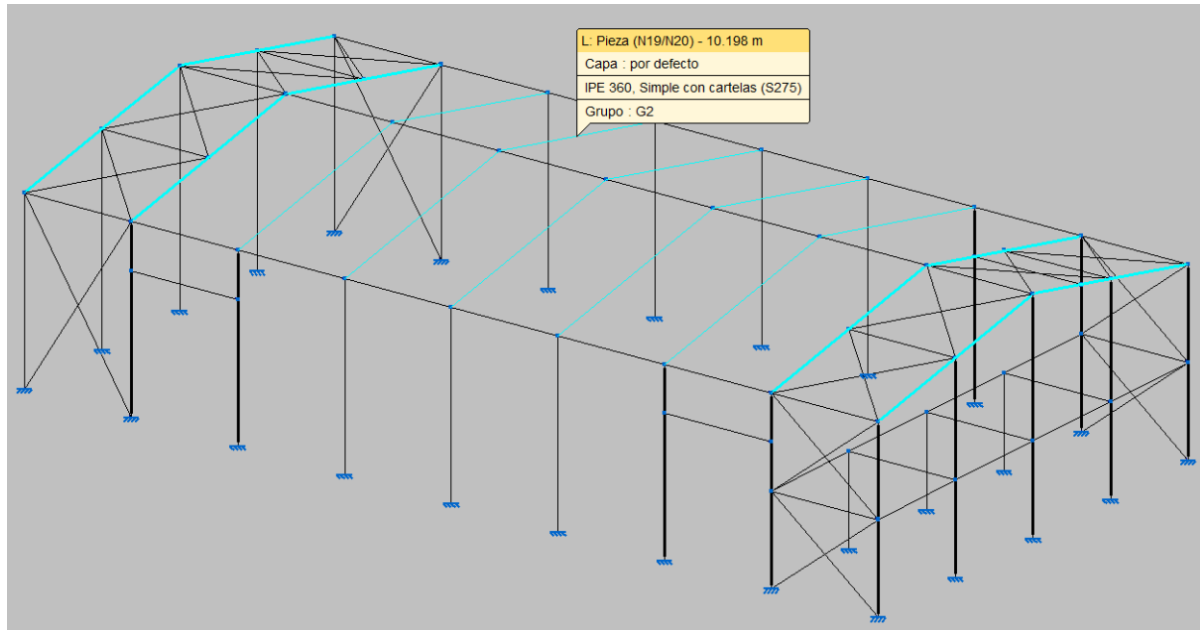


Figura 4. 2 Grupo 2 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

El tercer grupo lo componen los pilares de los muros piñón con una sección IPE 270.

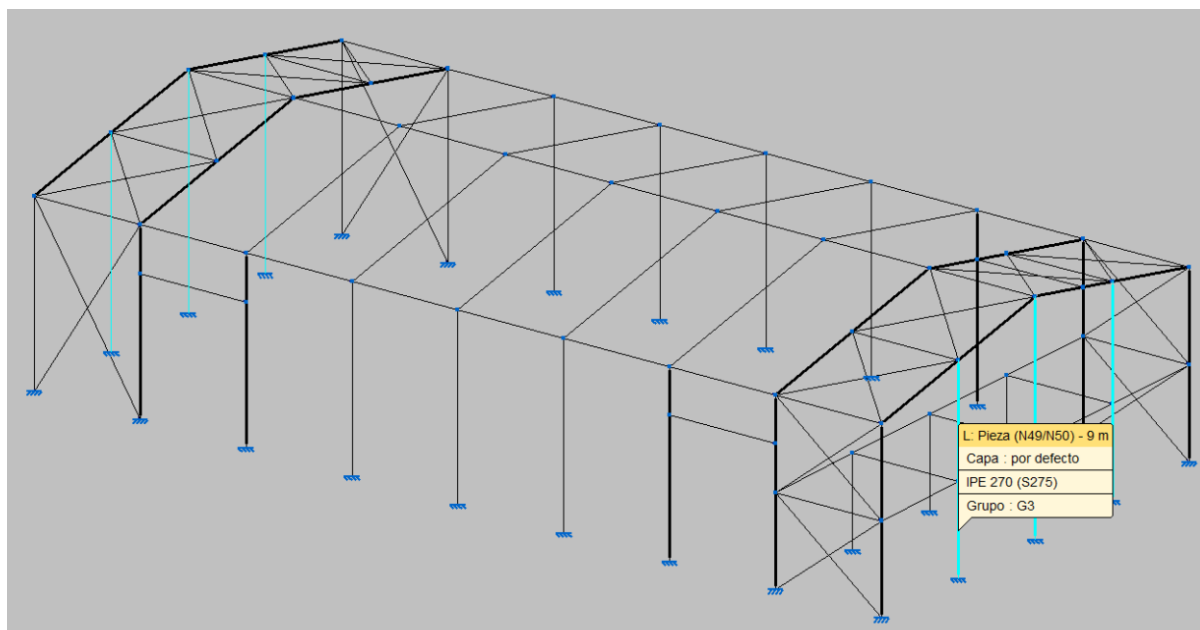


Figura 4. 3 Grupo 3 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Para el grupo mostrado en la Figura 4.3, se ha definido un coeficiente de pandeo de 0 en el plano xy. Estos pilares se encuentran arriostrados por los muros laterales de la nave en esa dirección. Para el plano xz, se ha considerado una longitud de pandeo de 7 m ($\beta=0,7$) para los dos pilares central del muro de piñón y de 6,3 m ($\beta=0,7$) para los otros cuatro pilares restantes. En cuanto a los nudos, la vinculación exterior con el terreno es mediante empotramientos y la vinculación interior son nudos rígidos.

El cuarto grupo lo componen todas las vigas de arriostramiento y cabios con una sección IPE 80.

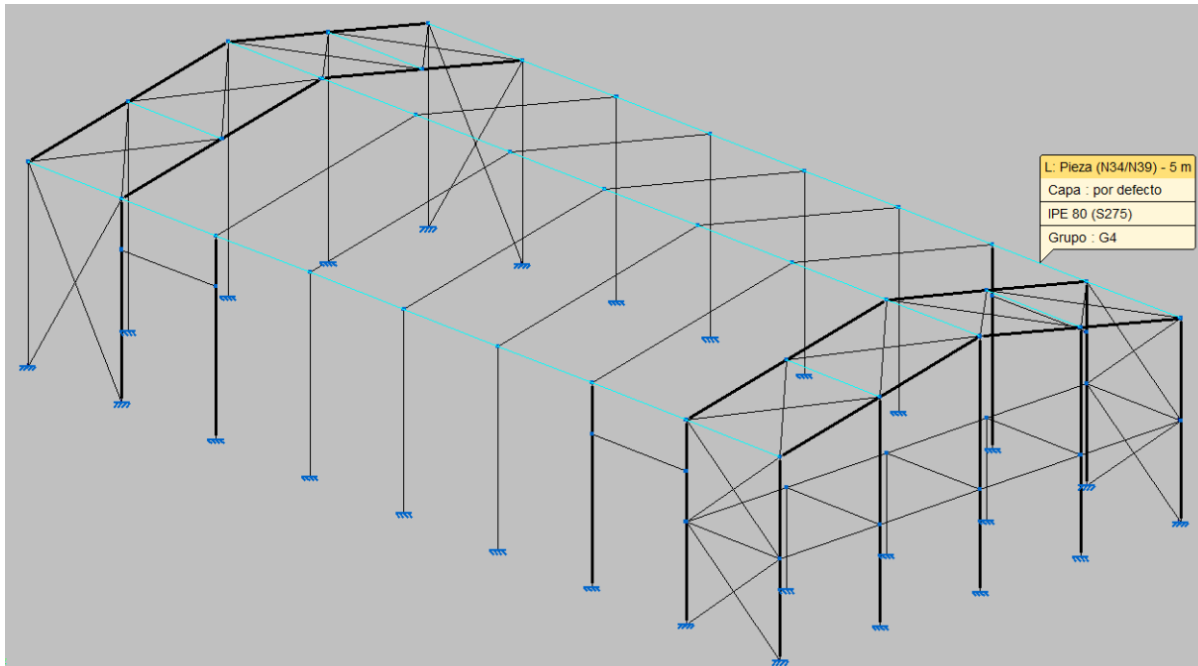


Figura 4. 4 Grupo 4 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Para el grupo mostrado en la Figura 4.4, se ha definido un coeficiente de pandeo de 0 en el plano xy y de 1 para el plano xz. La estructura dispone de correas IPE-80 espaciadas cada 1,4 m, y a su vez la nave tiene un cerramiento de placas de hormigón. Por tanto, puede considerarse que no pandearán en el plano xy.

El quinto grupo lo componen los tirantes de las cruces de San Andrés con una sección R14.

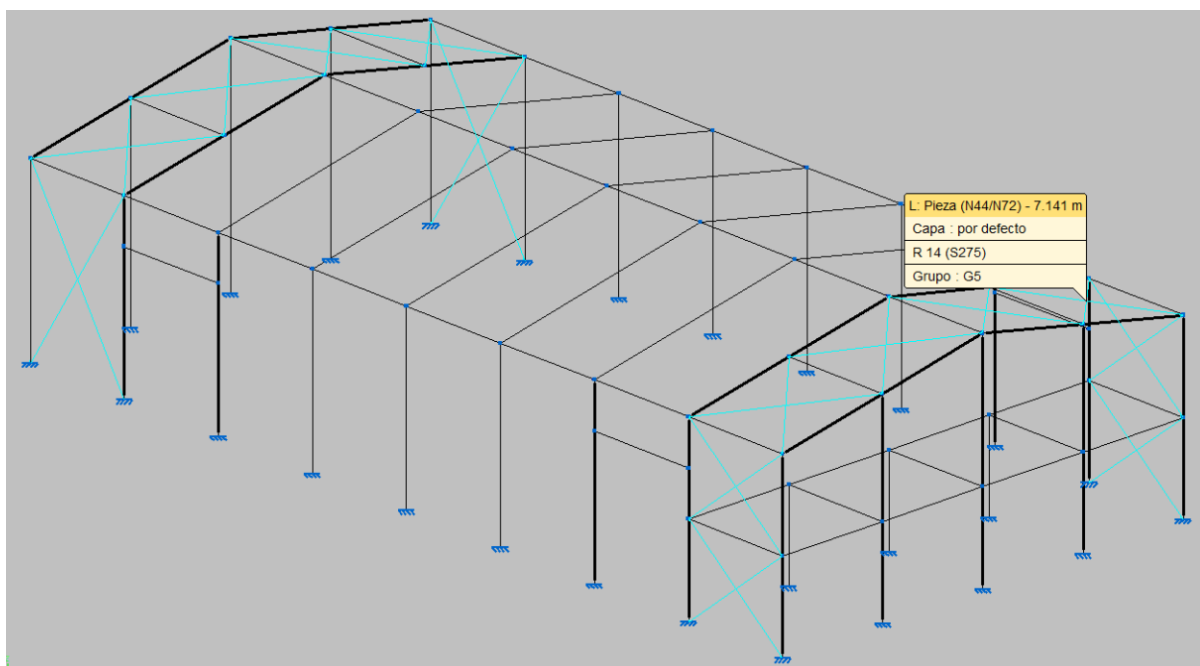


Figura 4. 5 Grupo 5 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Para el grupo mostrado en la Figura 4.5, el coeficiente de pandeo es 0 por definición ya que se tratan de cables que solo trabajan a tracción.

El sexto grupo lo componen los pilares de las esquinas con una sección IPE 360.

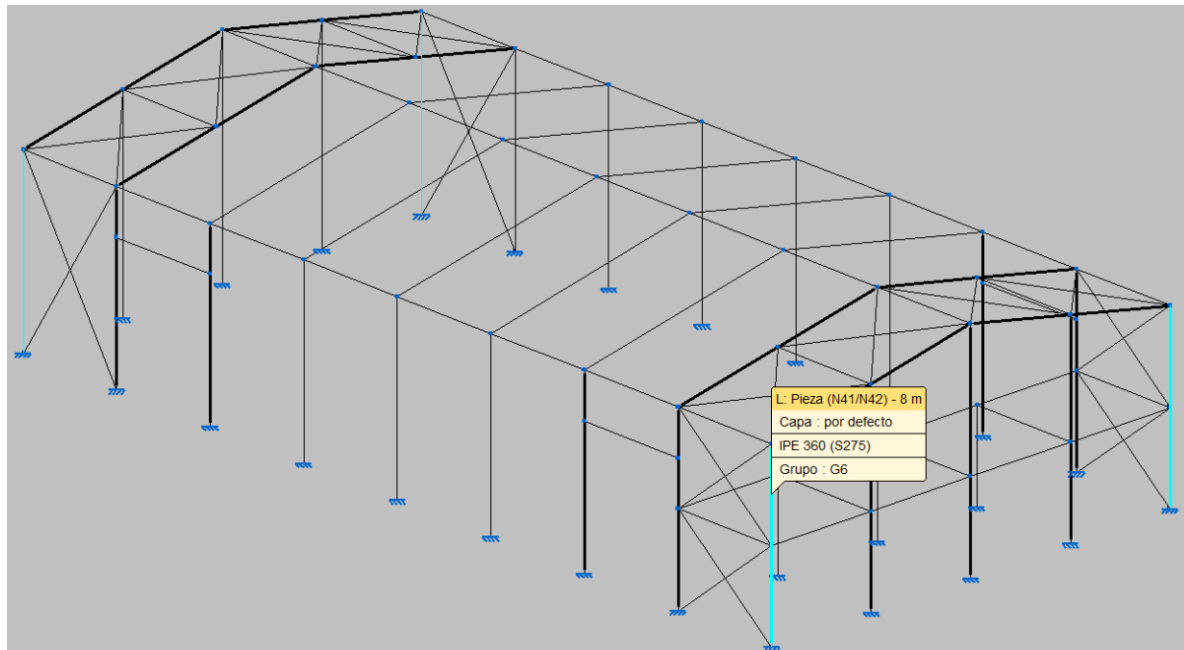


Figura 4. 6 Grupo 6 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Para el grupo mostrado en la Figura 4.6, se ha definido un coeficiente de pandeo de 0 en el plano xy y en el plano xz. Estos pilares se encuentran arriostrados por los muros laterales de la nave en ambas direcciones. Sin embargo, los muros laterales no impiden la flexión del pilar. Los pilares situados en las esquinas contrarias al forjado son el perfil limitante. Estos perfiles tienen un aprovechamiento de su resistencia del 97,01%, bajo la combinación de axil y flector. Por tanto, se estandarizan el resto de los pilares y dinteles a este perfil para simplificar la nave y facilitar las uniones entre perfiles.

El séptimo grupo lo componen las vigas de los huecos con una sección IPE 270.

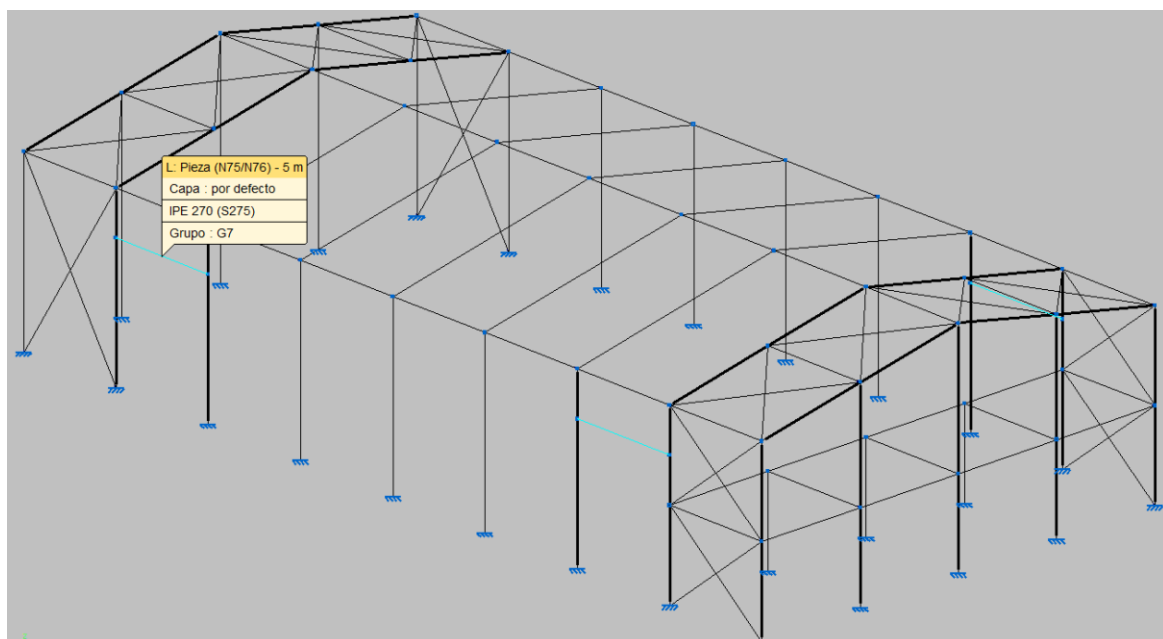


Figura 4. 7 Grupo 7 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Para el grupo mostrado en la Figura 4.7, se ha definido un coeficiente de pandeo de 1 (barra biarticulada) en el plano xy y en el plano xz.

El octavo grupo lo componen las vigas longitudinales del forjado con una sección IPE 200.

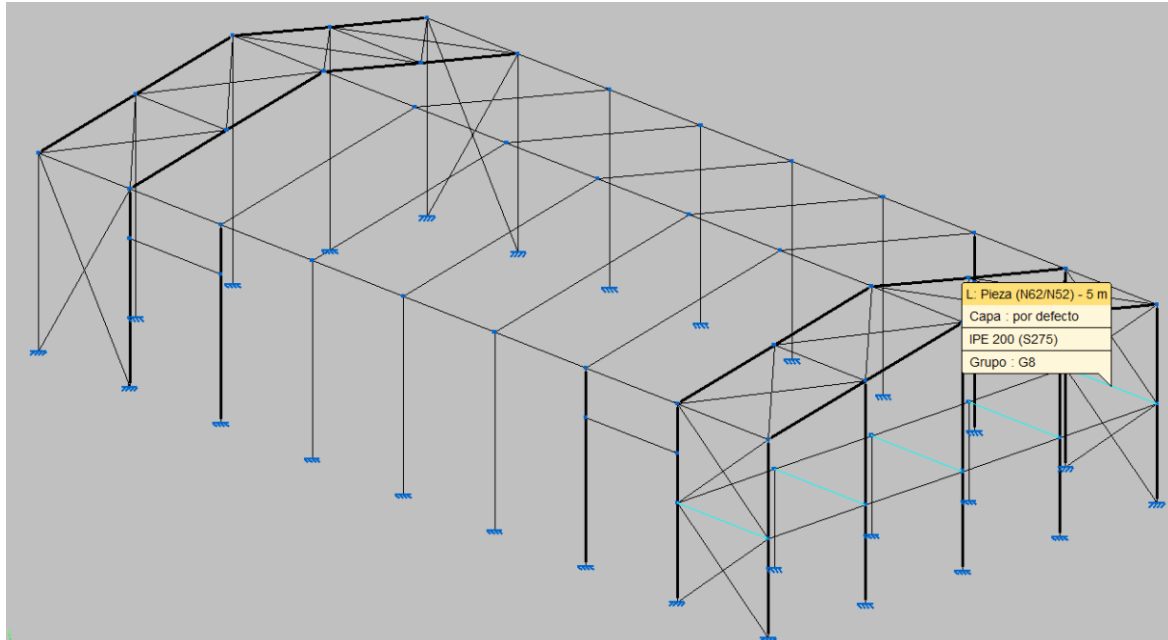


Figura 4. 8 Grupo 8 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Para el grupo mostrado en la Figura 4.8, se ha definido un coeficiente de pandeo de 0 en el plano xy y de 1 en el plano xz. El forjado impide que pandeen en el plano xy. Al igual que se ha hecho con pilares y dinteles, se utiliza el mismo IPE para simplificar la variedad de perfiles y facilitar las uniones.

El noveno grupo lo componen los pilares centrales del forjado del primer pórtico con una sección IPE 200.

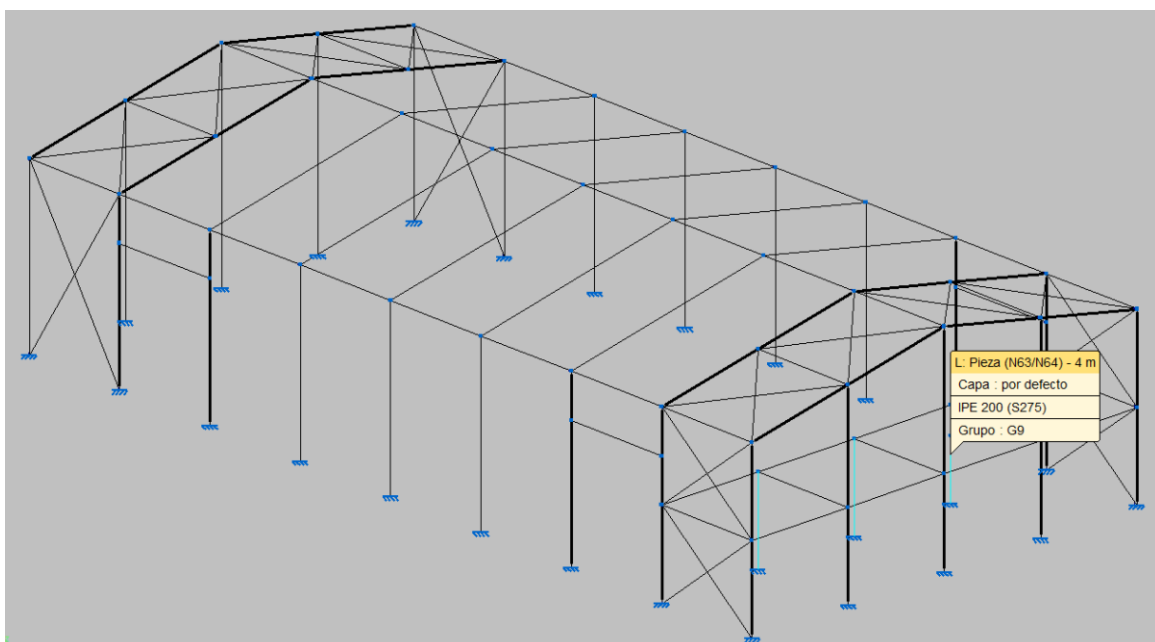


Figura 4. 9 Grupo 9 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Para el grupo mostrado en la Figura 4.9, se ha definido un coeficiente de pandeo de 0,7 en el plazo xy y en el plano xz (barra empotrada en la base y articulada en el extremo)

El décimo grupo lo componen las vigas transversales del forjado con una sección IPE 200.

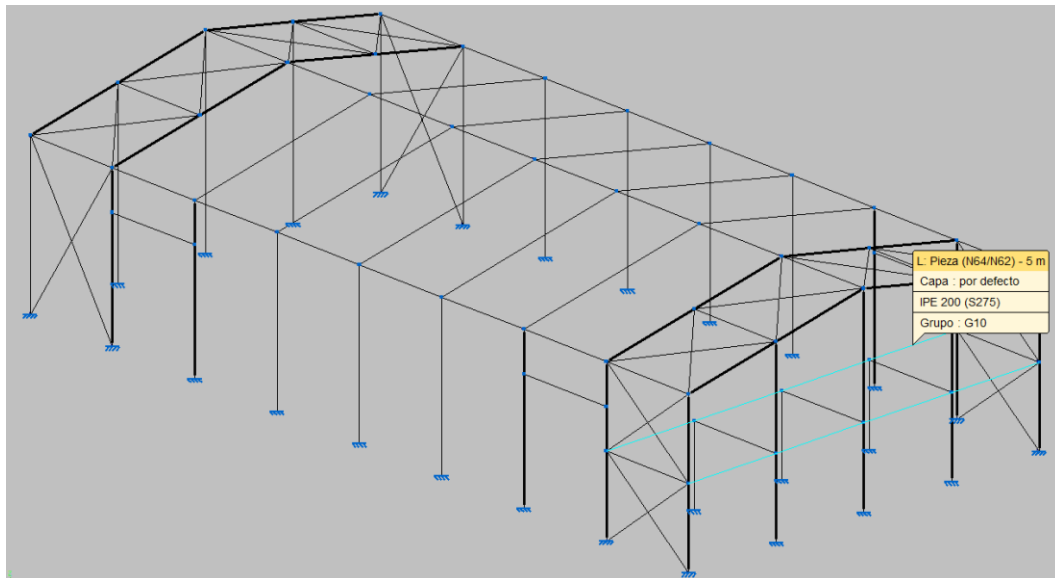


Figura 4. 10 Grupo 10 de perfiles. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Para el grupo mostrado en la Figura 4.10, se ha definido un coeficiente de pandeo de 0 en el plano xy y en el plano xz. Estas barras tienen impedido el pandeo debido al forjado. Comentar que tanto las barras de este grupo como las del 8 apenas sufren compresión.

En la Tabla 4.1 se tiene un resumen de los perfiles seleccionados.

GRUPO	PERFIL
1	IPE 360
2	IPE 360
3	IPE 270
4	IPE 80
5	R 14
6	IPE 360
7	IPE 270
8	IPE 200
9	IPE 200
10	IPE 200

Tabla 4. 1 Perfiles seleccionados.

En la Tabla 4.1, se puede observar que solo hay 5 tipos de perfiles distintos, 4 sin contar los tirantes. El sobrecoste de unificar los perfiles es de unos 1500 € en términos de coste de material, por los distintos precios del perfil. Sin embargo, este dinero se ahorra teniendo unas uniones mucho más simples. Además se reduce el número de referencias que gestionar en el proyecto.

Como se comentó en el primer capítulo existe una diferencia en el forjado entre la solución de perfiles de acero y la solución mediante hormigón prefabricado. En el caso de los perfiles de acero la solución adoptada es un forjado colaborante.

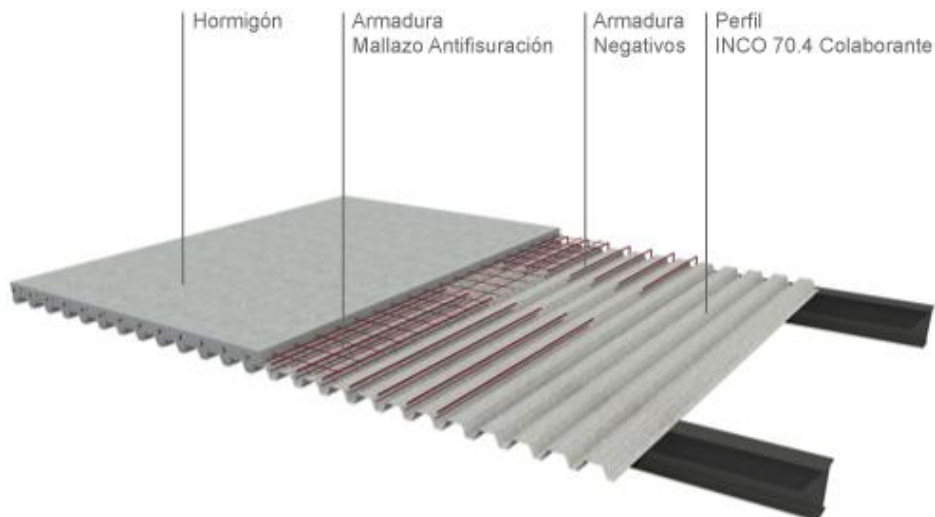


Figura 4. 11 Forjado colaborante. Fuente: [Incoperfil, 2019]

En la Figura 4.11 observamos los principales elementos de un forjado colaborante [Incoperfil, 2019]:

- Perfil de chapa grecada de acero (chapa colaborante): cuyas indentaciones o depresiones en la chapa permiten que el hormigón se adhiera a la misma.
- Mallazo: conforma el armado de positivos y tiene la misma función que en un solado normal, y es evitar que se produzcan fisuras por los efectos de la retracción y la temperatura.
- Armado de negativos: se colocan en los valles de la chapa grecada con el fin de absorber los esfuerzos a tracción generados en los apoyos de las losas continuas.
- Hormigón: que unifica todos los elementos anteriores y es vertido sobre la chapa colaborante.

Las cargas adicionales debidas a la sobrecarga de uso y al peso propio del forjado se introducen definiendo un paño. Este paño corresponde con el rectángulo representado en la Figura 3.7, es decir, el rectángulo de 5 m x 20 m que forma el forjado. Primero, se selecciona en el catálogo de Incoperfil el más adecuado para vanos de 5 m. En la Figura 4.12, necesitamos buscar un canto del forjado (se selecciona una columna) para un espesor de la chapa (se selecciona una fila) que tenga un peso propio que no supere la resistencia para ese mismo canto y ese espesor en las tablas de la Figura 4.13.

■ VALORES EFICACES DEL FORJADO

	Peso del Forjado (kp/m ²)					
	Canto del Forjado (cm)					
	12	14	16	18	20	21
0,75	193	241	289	337	385	449
1,00	196	244	292	340	388	452
1,20	198	246	294	342	390	454

Densidad del Hormigón: 2400 kp/m³

Figura 4. 12 Valores eficaces de los forjados colaborantes. Fuente: [Incoperfil, 2019]

Si en la Figura 4.12 se selecciona un espesor de chapa de un 1 mm y un canto del forjado de 16 cm, con un peso propio de 292 Kp/m^2 o lo que es lo mismo $2,86 \text{ KN/m}^2$, se tiene que en las tablas de la Figura 4.13, segunda fila de tablas y en la tercera columna, la resistencia del forjado es de $3,5 \text{ KN/m}^2$. Por tanto, el forjado de chapa colaborante resiste el peso propio del forjado.

$$3,5 \text{ KN/m}^2 > 2,86 \text{ KN/m}^2 \text{ OK}$$

Sin embargo, esta zona está destinada a uso de oficinas y se estima una sobrecarga de uso de 2 KN/m^2 y una carga muerta de $1,2 \text{ KN/m}^2$. Teniendo en cuenta esto, se tiene que buscar un espesor y canto que aguante además de su peso propio una carga de $3,2 \text{ KN/m}^2$.

Por tanto, el espesor y canto que se selecciona es el de 1,2mm y un canto de 20cm, por lo que la resistencia, tercera fila de tablas y en la segunda columna, es de 719 Kp/m^2 o lo que es lo mismo $7,05 \text{ KN/m}^2$.

$$7,05 \text{ KN/m}^2 > 7,02 \text{ KN/m}^2 (3,82 + 3,2) \text{ OK}$$

Para este forjado seleccionado, el peso propio es de 390 Kp/m^2 o lo que es lo mismo $3,82 \text{ KN/m}^2$. Como se puede comprobar, el forjado es capaz de soportar las cargas debidas al peso propio, a la carga muerta y a la sobrecarga de uso.

INCO 70.4 COLABORANTE

TABLAS DE RESISTENCIA

Apuntalamiento en el centro de vano

Canto del Forjado (mm)
Luces (m) Sobrecarga de Uso (kp/m²)

ESPESOR	12						14						16						18						20						21																																																																										
	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0																																																																					
0,75 mm	1107	1382	1660	1939	2217	2352	1313	1669	1990	2232	2373	2437	1359	1727	2059	2310	2457	2523	1191	1487	1787	2072	2201	2259	993	1239	1489	1739	1988	2039	837	1044	1255	1465	1676	1776	713	888	1067	1246	1425	1510	611	761	914	1068	1222	1293	527	656	788	921	1053	1114	457	568	683	798	912	965	398	494	594	693	793	838	347	430	517	604	691	730	304	376	452	528	604	637	266	328	395	461	528	556	233	287	345	403	461	485	204	250	301	352	403	423	218	262	307	351	368	228	266	305	319
1,00 mm	1655	2038	2413	2776	3127	3293	1503	1885	2039	2279	2419	2481	1555	1950	2110	2358	2504	2569	1441	1801	2164	2496	2811	2959	1198	1496	1798	2100	2402	2548	997	1258	1512	1766	2020	2142	764	1068	1284	1499	1715	1818	589	914	1098	1283	1468	1555	454	780	946	1105	1264	1338	350	614	819	956	1094	1158	262	472	712	831	951	1006	187	353	583	725	829	876	128	260	445	633	725	765	185	335	536	634	669	125	246	410	555	585	173	308	486	512	114	225	373	447	155	278	348						
1,20 mm	1654	2037	2412	2775	3126	3292	1503	1885	2039	2279	2419	2481	1555	1950	2110	2358	2504	2569	1488	1832	2169	2495	2810	2958	1314	1661	1966	2261	2546	2680	997	1516	1794	2063	2323	2444	764	1274	1647	1894	2132	2242	589	994	1450	1694	1937	2054	32	454	780	1214	1464	1675	1775	350	614	968	1273	1456	1543	262	472	759	1112	1272	1347	3	353	583	886	1116	1181	4,0	260	445	691	982	1039	4,2	335	536	796	916	4,4	246	410	626	749	4,6	308	487	589	4,8	225	373	457	5,0	278	348					

Figura 4. 13 Tablas de resistencia de los forjados colaborantes. Fuente: [Incoprefil, 2019]

Una vez elegido el forjado a emplear, se llevan los valores a CYPE. En la Tabla 4.2, se resumen los valores tomados para cada carga sobre el paño del forjado.

Hipótesis	Sentido de la carga	Valor (KN/m ²)
Peso propio	Vertical hacia abajo	3,825
Carga muerta	Vertical hacia abajo	1,2
Sobrecarga de uso	Vertical hacia abajo	2

Tabla 4. 2 Carga sobre el paño del forjado.

En el caso de los cerramientos de los huecos estos descansan sobre los dinteles a una altura de 6m. Por lo que se debe definir una carga sobre estas barras de valor 7,5 KN/m distribuida uniformemente a largo de la barra y en sentido vertical hacia abajo.

Por último, solo queda lanzar el cálculo y comprobar los perfiles que se han seleccionado. Se puede comprobar en la Figura 4. 14, que todos los perfiles seleccionados cumplen con los requerimientos.

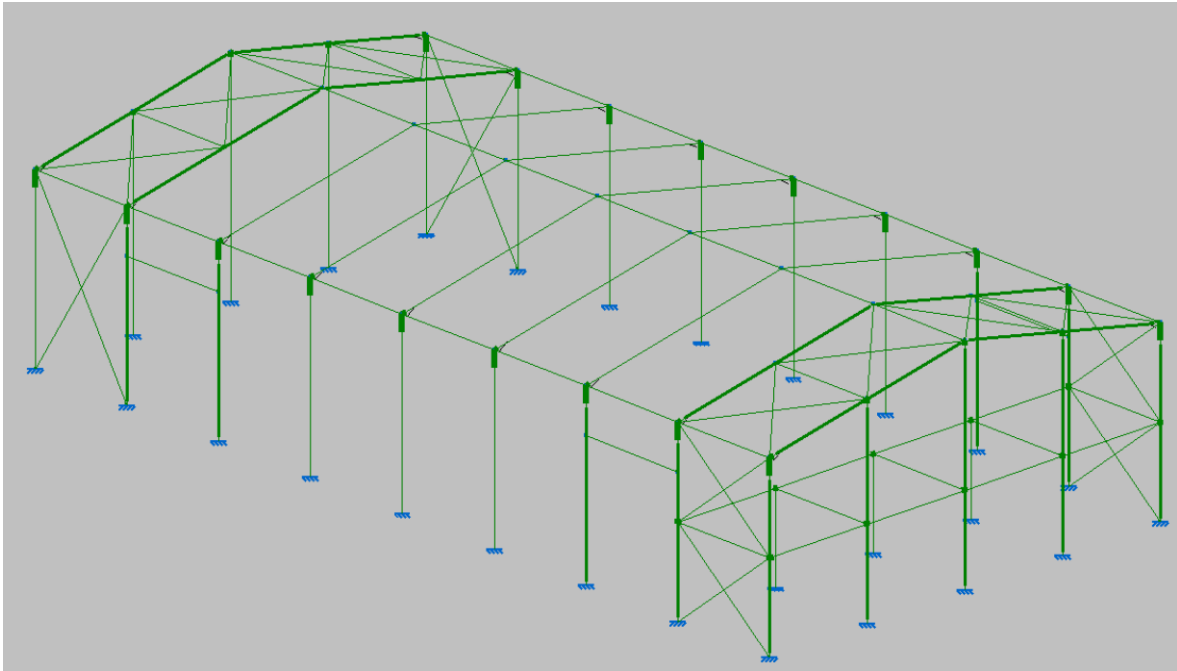


Figura 4. 14 Resultados del cálculo. Fuente: [CYPE 3D, 2019]

Una vez definida la estructura, el siguiente paso es definir la cimentación. Para ello CYPE tiene un módulo dentro de CYPE 3D dónde se puede calcular la dimensión de las zapatas y las vigas riostras.

Se puede observar en la Figura 4.15, como se cumplen todas las comprobaciones sobre la cimentación para las dimensiones de las zapatas y vigas de atado antes definidas. Al igual que ocurrió en los perfiles, se han unificado las zapatas para simplificar su ejecución. El coste añadido de una zapata sobredimensionada se compensa con creces simplificando su ejecución.

Una vez calculada la nave y comprobado que tanto la estructura como la cimentación cumple, se dispone de un modelo en acero válido para poder comparar la nave en hormigón prefabricado. Se puede sustituir cada perfil por vigas de hormigón prefabricado.

A continuación, se muestra el presupuesto de la nave teniendo en cuenta las siguientes partidas:

- Cimentaciones
- Estructura
- Fachadas
- Cubierta
- Forjado

PRESUPUESTO PARCIAL N° 1 Cimentaciones

N°	DESCRIPCION	UDS.	LARGO ANCHO	ALTO CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1	<p>M³. Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m³. Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, y separadores.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.</p>			129,364	124,72	16.134,28
1.2	<p>M³. Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m³. Incluso alambre de atar, y separadores. Incluye: Colocación de la armadura con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.</p>			26,288	133,06	3.497,88
1.3	<p>M². Montaje de sistema de encofrado recuperable metálico, para zapata de cimentación, formado por paneles metálicos, amortizables en 200 usos, y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie de encofrado en contacto con el hormigón realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			170,170	12,41	2.111,81

- 1.4 M². Montaje de sistema de encofrado recuperable metálico, para viga de atado, formado por paneles metálicos, amortizables en 200 usos, y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodalamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.
 Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodalamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado.
 Criterio de medición de proyecto: Superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida según documentación gráfica de Proyecto.
 Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie de encofrado en contacto con el hormigón realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

65,720

13,14

863,56

PRESUPUESTO PARCIAL N° 2 Estructura

N°	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.1	<p>Ud. Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 250x250 mm y espesor 12 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 50 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca. Incluye: Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Relleno con mortero. Aplicación de la protección anticorrosiva. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>					27,000	29,76	803,52
2.2	<p>Kg. Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, trabajado y montado en taller y colocado con uniones soldadas en obra. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye los cortes, los despuntes, los excesos de peso por tolerancias de laminación, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos, los tornillos, los tapajuntas y los elementos auxiliares de montaje.</p>					20.725,500	1,67	35.415,11

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 Fachadas

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.1	M. Dintel de perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie IPE 270, con capa de imprimación anticorrosiva, cortado a medida y colocado en obra sobre pletinas de apoyo. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de ejes. Colocación de las pletinas. Colocación y fijación provisional de cargaderos. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos.					15	55,40	831

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 4 Cubiertas

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.1	M. Dintel de perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie IPE 80, con capa de imprimación anticorrosiva, cortado a medida y colocado en obra sobre pletinas de apoyo. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de ejes. Colocación de las pletinas. Colocación y fijación provisional de cargaderos. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos.					640,000	9,66	6.182,40

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 5 Forjado

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
5.1	M ² . Losa mixta de 10 cm de canto, con chapa colaborante de acero galvanizado con forma grecada, de 0,75 mm de espesor, 44 mm de altura de perfil y 172 mm de intereje, 10 conectores soldados de acero galvanizado, de 19 mm de diámetro y 81 mm de altura y hormigón armado realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, volumen total de hormigón 0,062 m ³ /m ² ; acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía total de 1 kg/m ² ; y malla electrosoldada ME 15x30 Ø 6-6 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080; apoyado todo ello sobre estructura metálica. Incluso piezas angulares para remates perimetrales y de voladizos, tornillos para fijación de las chapas, alambre de atar, separadores y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros. Incluye: Replanteo. Montaje de las chapas. Fijación de las chapas y resolución de los apoyos. Fijación de los conectores a las chapas, mediante soldadura. Colocación de armaduras con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Regleado y nivelación de la superficie de acabado. Curado del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de Proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de 6 m ² . Criterio de medición de obra: Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de 6 m ² . Criterio de valoración económica: El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye la estructura metálica.					100,000	61,21	6.121,00

- 5.2 M. Dintel de perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie IPE 200, con capa de imprimación anticorrosiva, cortado a medida y colocado en obra sobre pletinas de apoyo.
 Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de ejes. Colocación de las pletinas. Colocación y fijación provisional de cargaderos. Aplomado y nivelación.
 Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos.
 Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos.

62,000 34,60 2.145,20

PRESUPUESTO FINAL NAVE DE ACERO

Capítulo	Importe
Capítulo 1 Cimentaciones	22.607,53
Capítulo 2 Estructura	35.415,11
Capítulo 3 Fachadas	831,00
Capítulo 4 Cubiertas	6.182,40
Capítulo 5 Forjado	8.266,20
Presupuesto de ejecución material	73.028,56
13% de gastos generales	9.493,71
6% de beneficio industrial	4.381,71
Suma	86.903,98
21% IVA	18.249,84
Presupuesto de ejecución por contrata	105.153,82

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO CINCO MIL CINCUENTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIM

4.2.- HORMIGÓN PREFABRICADO

En este subcapítulo, se sustituirán los perfiles de acero por elementos de hormigón prefabricado. Para ello necesitamos conocer las cargas que soportan los perfiles de acero. En el subcapítulo anterior, se realizaron varias comprobaciones en función de una serie de hipótesis de viento, nieve y sobrecargas de uso.

Para calcular el hormigón prefabricado no se puede hacer uso de CYPE. No se dispone de la opción dentro del programa. Tampoco los fabricantes de hormigón prefabricado dan información sobre la composición del hormigón para introducirla en el programa. Estos, en cambio, ofrecen en sus catálogos la carga máxima que pueden soportar sus productos.

Por tanto, se aprovecharán todos los casos de carga que contempla el CTE para la situación de la nave, de nieve y viento, que ya se cuantifican CYPE y se definirá la combinación de cargas más desfavorable. Además de viento y nieve, se tienen que cuantificar peso propio, sobrecargas de uso y cargas muertas en caso de que las hubiera.

Una vez definida la combinación de cargas más desfavorable se entrará en los catálogos de los fabricantes y se comprobará cual es el producto que soporta esta combinación de cargas máxima.

En la Tabla 4.3, se pueden ver todas las cargas extraídas de CYPE.

CARGA	TIPO	Definición
1	PP	Peso Propio
2	CM	Carga Muerta
3	Q (B)	Q (Uso B. Zonas administrativas)
4	Q (G1)	Sobrecarga de uso (Uso G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de las acciones variables)
5	V(0°) H1	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Presión interior
6	V(0°) H2	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior
7	V(0°) H3	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Presión interior
8	V(0°) H4	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior
9	V(90°) H1	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
10	V(90°) H2	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior
11	V(180°) H1	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Presión interior
12	V(180°) H2	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior
13	V(180°) H3	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Presión interior
14	V(180°) H4	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior
15	V(270°) H1	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
16	V(270°) H2	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior
17	N(EI)	Nieve (estado inicial)
18	N(R) 1	Nieve (redistribución) 1
19	N(R) 2	Nieve (redistribución) 2

Tabla 4. 3 Cargas sobre la nave

Como se observa en la Tabla 4.3, existen hasta 19 cargas. Si se combinan, se pueden tener hasta 912 combinaciones. Si se tuvieran que comprobar todas, conllevaría demasiado tiempo. Según el CTE, para calcular las combinaciones se utilizan unas fórmulas y unos coeficientes que mayoran o minoran las cargas según se trate de una situación favorable o desfavorable.

En la Figura 4.16, se puede observar la fórmula que aplica el CTE para calcular las distintas combinaciones.

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

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

Figura 4. 16 Combinaciones de cargas [CYPE 3D, 2019]

Para el caso concreto que se plantea en este TFM, se tiene que los coeficientes a emplear son los que aparecen en las tablas de la Figura 4.17.

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso B)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso G1)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

Figura 4. 17 Coeficientes de seguridad de las cargas [CYPE 3D, 2019]

Teniendo en cuenta esto y sabiendo que no se pueden dar más de un caso de viento y nieve a la vez, el número de combinaciones sensibles de ser el caso más desfavorable se reduce considerablemente.

Comb.	PP	CM	Q (B)	Q (G1)	V(0°) H	V(0°) H	V(0°) H	V(0°) H	V(90°) H	V(90°) H	V(180°) H	V(180°) H	V(180°) H	V(180°) H	V(270°) H	V(270°) H	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
4	1.35	1.35																	
8	1.35	1.35	1.5																
12	1.35	1.35			1.5														
24	1.35	1.35				1.5													
36	1.35	1.35					1.5												
48	1.35	1.35						1.5											
60	1.35	1.35							1.5										
72	1.35	1.35								1.5									
84	1.35	1.35									1.5								
96	1.35	1.35										1.5							
108	1.35	1.35											1.5						
120	1.35	1.35												1.5					
132	1.35	1.35													1.5				
144	1.35	1.35														1.5			
156	1.35	1.35															1.5		
408	1.35	1.35																1.5	
660	1.35	1.35																	1.5
912	1.35	1.35		1.5															

Tabla 4. 4 Combinaciones más desfavorables

Como se observa en la Tabla 4.4, se tienen 18 combinaciones que pueden ser el caso más desfavorable, lo cual facilita mucho el trabajo. De estas solo una es la más desfavorable en cada grupo de elementos.

El primer grupo que se valora es el formado por los dinteles de los pórticos. En estos se ha de tener en cuenta la sobrecarga de uso Q(G1), el peso de la cubierta, las cargas de viento y las cargas de nieve. El primer caso que comprobar sería el PP más el Q(G1), ya que este último no es concomitante con otras cargas variables.

Sin embargo, se está teniendo en cuenta solo una de las combinaciones que no tienen por qué ser la más desfavorable, como se verá a continuación. Las otras combinaciones calculadas son para el caso de viento de succión, el caso de viento de presión como acción variable principal y la nieve como acción variable de acompañamiento y viceversa.

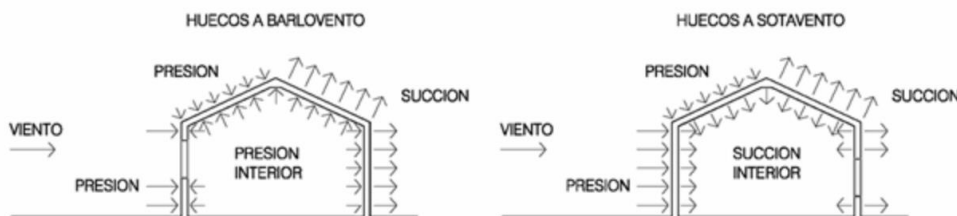


Figura 4. 18 Casos de viento [CTE, 2006]

En la Figura 4.18, se pueden ver las distintas acciones que ejerce el viento sobre la nave en función de si los huecos están a sotavento o a barlovento. El valor de las cargas de viento viene determinado por una ecuación recogida en el CTE que está determinada por la presión dinámica q_b , el coeficiente de exposición c_e y coeficiente eólico c_p .

$$Q_{viento} = q_b \times c_e \times c_p$$

Para nuestro caso el coeficiente de exposición varía entre 1,4 y 1,9. El coeficiente eólico es de 0,7. La presión dinámica por el área en el que se encuentra en el mapa eólico, zona A, tenemos $0,42 \text{ KN/m}^2$ [CTE, 2006].

Lo mismo ocurre con las cargas de viento. En este caso, depende del coeficiente de forma de la cubierta μ y el valor característico de la carga de nieve s_k .

$$Q_{nieve} = \mu \times s_k$$

Para este caso el coeficiente de forma de cubierta es de 0,8 (depende de la inclinación de la cubierta), estando esta entre 0° y 30° . El valor característico de carga de nieve para Zamora es 0,4. En la Figura 4.19, se observa cómo influye la geometría de la cubierta para la acumulación de la nieve.

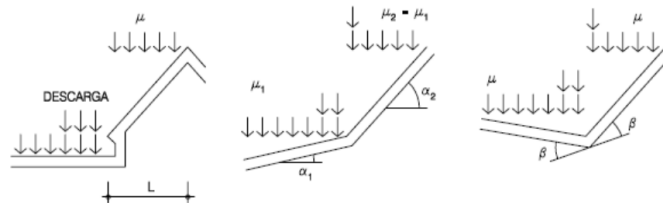


Figura 4. 19 Influencia de la geometría de la cubierta a la acumulación de nieve [CTE, 2006]

Por la situación de la nave, Benavente (Zamora), las cargas de viento y nieve son de las más bajas del CTE. Por este motivo, se da el caso de una nave poco solicitada que no requiere elementos excesivamente resistentes.

El primer caso que se va a dimensionar son las correas. El valor más alto de $Q(G1)$ es de 2 KN/m. Este valor viene multiplicado por el módulo de la nave de 5 m, pasado al módulo de la correa de 1,4 m, es 0,56 KN/m. Falta multiplicarlo por el coeficiente que le corresponde en el caso más desfavorable 1,5. El PP de la cubierta está formado por placas sándwich de $0,24 \text{ KN/m}^2$, que multiplicado por el módulo de 1,4 m se obtiene $0,288 \text{ KN/m}$. Este valor irá multiplicado por el coeficiente de seguridad de 1,35 propio de una carga permanente.

La combinación de PP más $Q(G1)$ arroja un valor de $1,23 \text{ KN/m}$. Para la combinación de solo viento de succión se obtiene $1,5 \text{ KN/m}$. Este valor se obtiene de multiplicar el valor de succión más elevado $3,57 \text{ KN/m}$ por 1, ya que es la carga variable principal y por 1,5 como coeficiente de seguridad más desfavorable. Pero hay que tener en cuenta que este valor viene multiplicado por el módulo de la nave de 5 m. Por lo que habría que pasarla al módulo de las correas quedando 1 KN/m .

La otra posible combinación más desfavorable que quedaría por comprobar sería, el PP más la acción del viento y la nieve, vertical y hacia abajo.

Ya se conoce el PP $0,29 \text{ KN/m}$ que va multiplicado por un coeficiente de seguridad de 1,35. Las cargas de viento y nieve más desfavorables son $2,21 \text{ KN/m}$ y $1,72 \text{ KN/m}$. Ambos valores están multiplicados por el módulo de la nave y se hace necesario pasarlo al módulo de las correas, que es 1,4 m. Por tanto, se tiene una carga sobre las correas de $0,618 \text{ KN/m}$ para el viento y de $0,48 \text{ KN/m}$ para la nieve.

La combinación más desfavorable es con el viento como carga variable principal y la nieve como carga variable de acompañamiento. El resultado es $1,76 \text{ KN/m}$. Al tratarse de una carga uniformemente distribuida sobre la correa biapoyada, el momento máximo se da en el centro de esta siendo este de $1,1 \text{ KNm}$. La viga seleccionada VI 18 soporta hasta $7,98 \text{ KNm}$ por lo que cumple.

En la Figura 4.20, se ven las opciones que se tienen en el catálogo. Las correas seleccionadas son la vigueta VI 18. Se colocarán separadas unas de otras 1,4m con una longitud de 5m. Estas viguetas han de soportar el peso de la cubierta y las sobrecargas de viento y nieve en el peor caso.



VIGUETAS

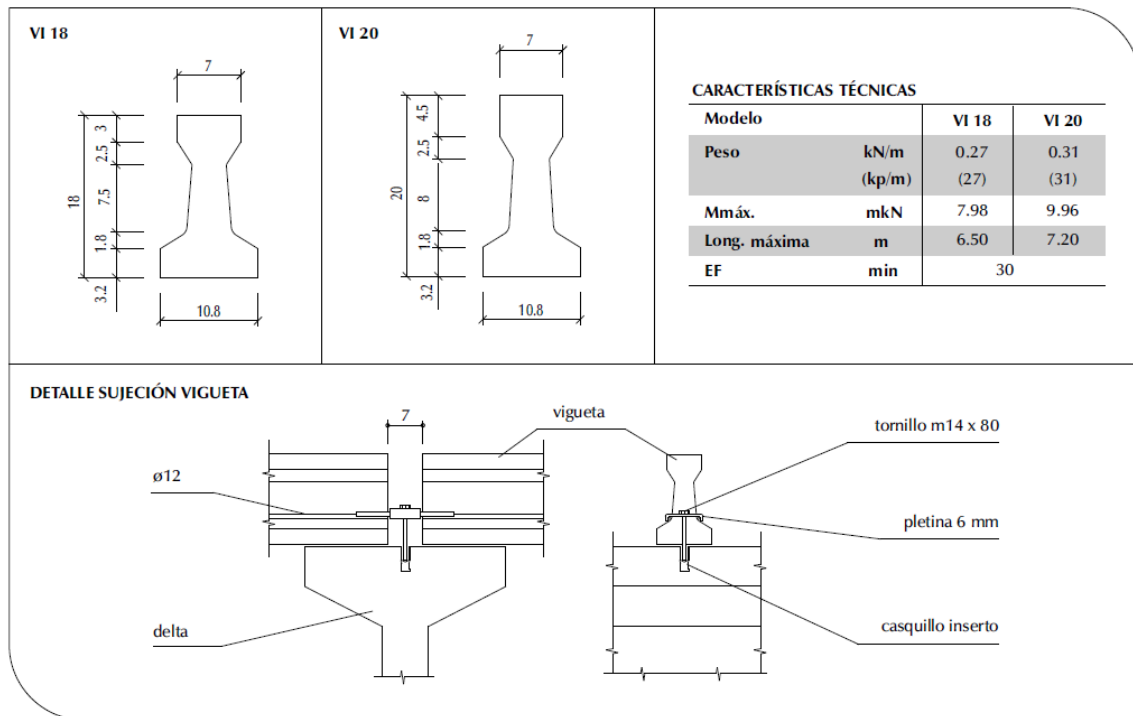


Figura 4. 20 Viguetas VI [Prainsa, 2019]

Una vez conocidos todos los datos sobre el cerramiento se pueden dimensionar los dinteles. Sobre los dinteles se vuelve a tener tres posibles casos más desfavorables. Por un lado, el PP más Q(G1), de las cuáles se conoce su valor para la placa sándwich $0,24 \text{ KN/m}^2$ y 2 KN/m para Q(G1). Habría que multiplicar el peso de la placa sándwich por el módulo 5m, de esta manera tenemos $1,2 \text{ KN/m}$.

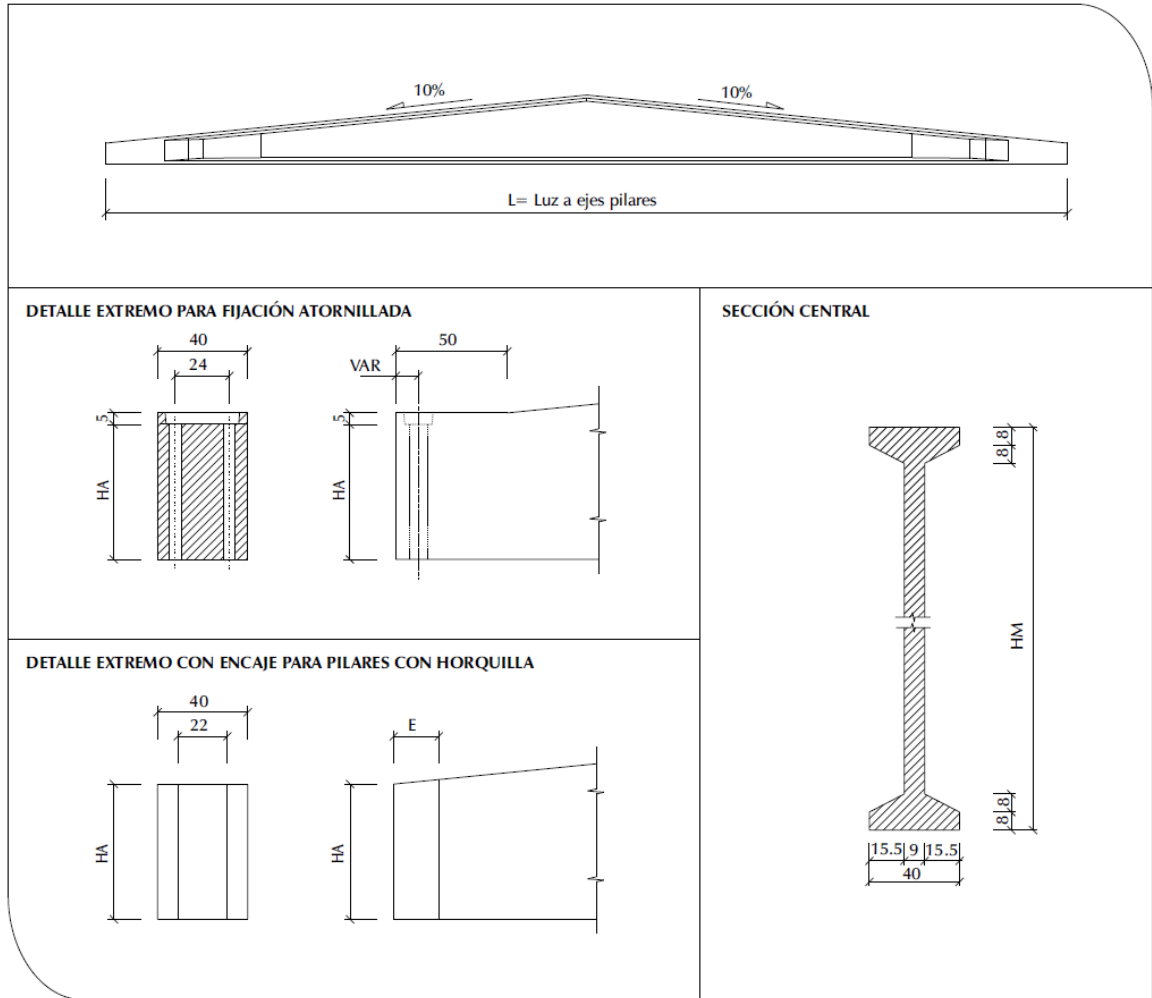
Al PP falta sumar el de las correas seleccionadas. Cada correa pesa $0,27 \text{ KN/m}$. El peso de estas se reparte en dos dinteles. Si las correas están espaciadas 1,4 m tenemos 8 por lado de cubierta. En total sobre cada dintel apoyan 32 correas. Por tanto, en total cada dintel soporta $4,32 \text{ KN/m}$.

Al igual que ocurre para las correas, el caso más desfavorable es para la carga de viento principal y nieve de acompañamiento. Se tiene por tanto $4,32 \text{ KN/m}$ del peso de las correas más $1,2 \text{ KN/m}$ del peso de la placa sándwich, ambos multiplicados por 1,35. En cuanto a las cargas variables, son $2,21 \text{ KN/m}$ para el viento y $1,72 \text{ KN/m}$ para la nieve. La carga principal es el viento multiplicado por 1 y por 1,5. La nieve actúa como carga de acompañamiento y va multiplicada por 0,5 y por 1,5.

En conclusión, la carga máxima a soportar es de $11,75 \text{ KN/m}$ por cada dintel. Los dinteles extremos están menos solicitados, pero se van a dimensionar todos iguales. Si se observa la Figura 4.21, en el catálogo existe un dintel tipo 2 pretensado para una luz de 20 m que soporta hasta 24 KN/m .



DELTA 2 - PRETENSADA



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS D2

Luz a eje pilares L	m	16	18	20	22	24
Altura en apoyo HA	cm	60				
Altura máxima HM	cm	140	150	160	170	180
Carga útil máxima	kN/m (Kp/m)	33 (3300)	27 (2700)	24 (2400)	21 (2100)	18 (1800)
Peso	T	6.97	8.00	9.07	10.18	11.34
EF	min	60				

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS D2

Luz a eje pilares L	m	15	17	19	21	23
Altura en apoyo HA	cm	65				
Altura máxima HM	cm	140	150	160	170	180
Carga útil máxima	kN/m (Kp/m)	39 (3900)	33 (3300)	27 (2700)	24 (2400)	21 (2100)
Peso	T	6.64	7.66	8.73	9.84	11.00
EF	min	60				



Figura 4. 21 Viga Delta 2 Pretensada [Prainsa, 2019]

A esta viga delta ya le corresponde un pilar, en función de las dimensiones y el tipo seleccionado. La combinación más desfavorable sobre los pilares es la de nieve como acción variable principal y viento como acción variable de acompañamiento lo cual supone una carga de 7,23 kN/m. Se elige el pilar EP44 de altura normalizada 8 m.

Estructura Delta



PILARES

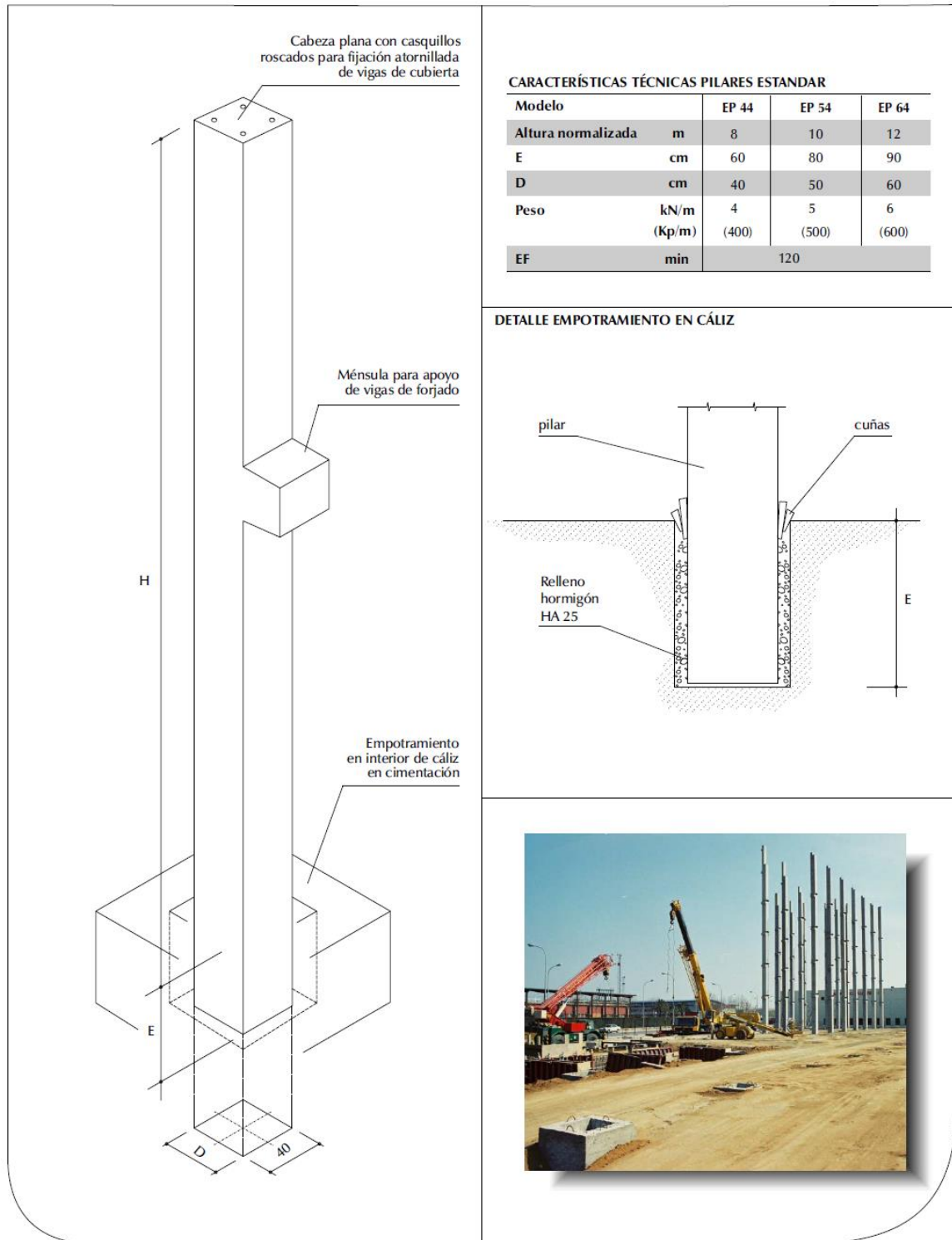


Figura 4. 22 Pilares [Prainsa, 2019]

Para los pilares de las vigas del muro piñón se seleccionará la misma sección que para los pilares de los pórticos, el EP44. Para los pilares sobre los que apoya el forjado, se selecciona también el mismo pilar EP44. Sin embargo, los pilares del interior del forjado serán especiales con una longitud de 4 m. Las ménsulas se dimensionan teniendo en cuenta el peso propio del forjado, el peso propio de las jácenas sobre las que apoyan las placas, las cargas muertas y la sobrecarga de uso.

En el caso de la nave de perfiles de acero el forjado era de chapa colaborante. En el caso de la nave de hormigón el forjado se va a realizar con placas alveolares. Por tanto, se tiene que tener en cuenta que la combinación más desfavorable de cargas sobre el forjado es para un coeficiente de 1,35 para la carga muerta y un coeficiente de 1,5 para la sobrecarga de uso. Hay que tener en cuenta, que en este caso el peso propio es de las placas alveolares se excluye.

Lo primero será definir la placa alveolar. La combinación de cargas más desfavorable teniendo en cuenta la carga muerta y la sobrecarga de uso es 4,62 KN/m². Si se observa la Figura 4.23, vemos que una placa FA 16 con pretensado tipo T2 para luces de 5m que tiene una carga útil de 5,5 KN/m², sería suficiente.

En la Figura 4.24, se puede ver la sección de la placa alveolar seleccionada. Para un ancho de la nave de 20 m necesitaríamos 20 placas de 5 m de longitud. Por tanto, el peso propio total del forjado sería de 235 KN. La sobrecarga de uso y la carga muerta suman un peso total de 462 KN, ya que esta se ha dimensionado para un área de 100 m².

LONGITUDES MÁXIMAS EN METROS SEGÚN TIPO Y CARGA ÚTIL

Modelo	Tipo armado	EF min	CAPA DE COMPRESIÓN (HA 25)																
			Sin		5 cm										10 cm				
			CARGA ÚTIL kN/m ² (kp/m ²) (Excluido peso propio y capa de compresión)																
			1.5 (150)	2 (200)	3 (300)	4 (400)	5 (500)	6 (600)	7 (700)	8 (800)	9 (900)	10 (1000)	12.5 (1250)	15 (1500)	17.5 (1750)	20 (2000)	25 (2500)	30 (3000)	
FA 16	T1	90	4,85	4,75	4,75	4,65	4,60	4,43	4,22	4,04	3,88	3,73	3,44	3,53	3,33	3,16	2,88	2,67	
FA 16	T2	90	5,85	5,70	5,65	5,60	5,50	5,38	5,13	4,91	4,71	4,54	4,17	4,32	4,07	3,86	3,53	3,27	
FA 16	T3	90	6,65	6,45	6,40	6,35	6,25	6,11	5,82	5,57	5,34	5,15	4,73	4,93	4,65	4,41	4,02	3,58	
FA 16	T4	90	7,35	7,10	7,05	7,00	6,90	6,67	6,35	6,07	5,83	5,62	5,17	5,45	5,14	4,87	4,17	3,58	
FA 16	T5	90	7,95	7,70	7,65	7,55	7,50	7,13	6,79	6,50	6,24	6,01	5,53	5,85	5,52	5,00	4,17	3,58	
FA 16	T6	90	8,70	8,35	8,45	8,35	8,06	7,64	7,28	6,96	6,68	6,44	5,92	6,25	5,56	5,00	4,17	3,58	
FA 16	T7	90	9,10	8,70	8,95	8,75	8,48	8,03	7,65	7,32	7,03	6,77	5,94	6,25	5,56	5,00	4,17	3,58	
FA 16	T8	90	9,40	9,00	9,30	9,05	8,86	8,40	8,00	7,65	7,35	7,02	5,94	6,25	5,56	5,00	4,17	3,58	
FA 16	T9	90	--	--	--	--	--	8,60	8,21	7,86	7,54	7,02	5,94	6,25	5,56	5,00	4,17	3,58	

Figura 4. 23 Resistencia de la placa alveolar FA16 [Prainsa, 2019]

PLACA ALVEOLAR - ANCHURA 1M

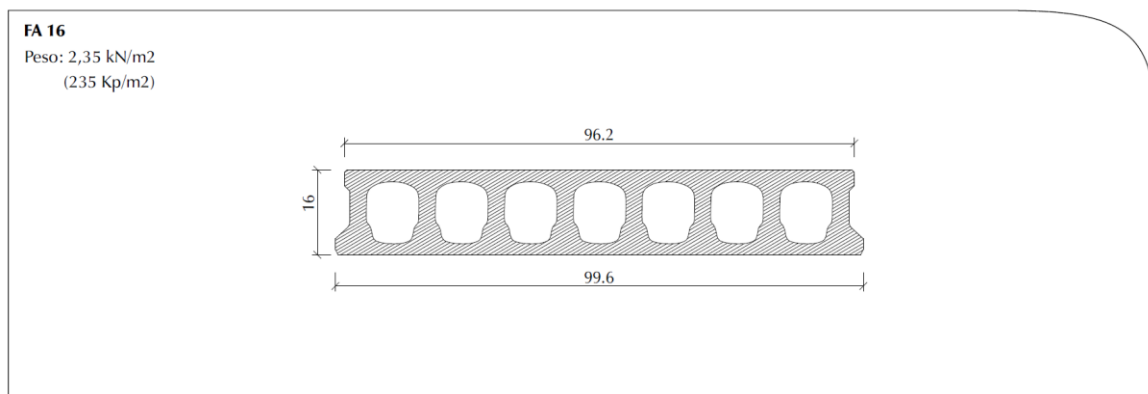


Figura 4. 24 Placa alveolar FA16 [Prainsa, 2019]

Para poder dimensionar las ménsulas, queda dimensionar las jácenas para conocer su peso y poder dimensionar las ménsulas. La elección que se va a hacer consiste en colocar jácenas de la Serie JR entre pilares del forjado. En la Figura 4.25, se puede ver un detalle de cómo quedaría la unión entre la jácena y la placa alveolar.

JÁCENAS JR Y PLACA ALVEOLAR O PANDAL

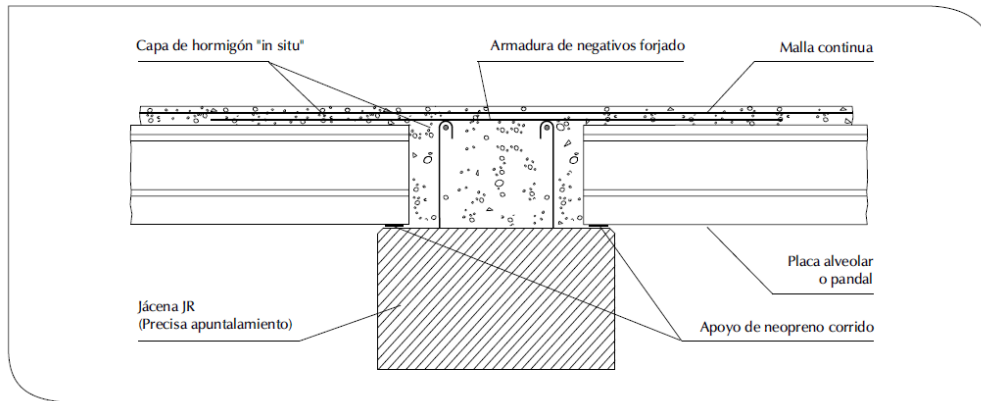
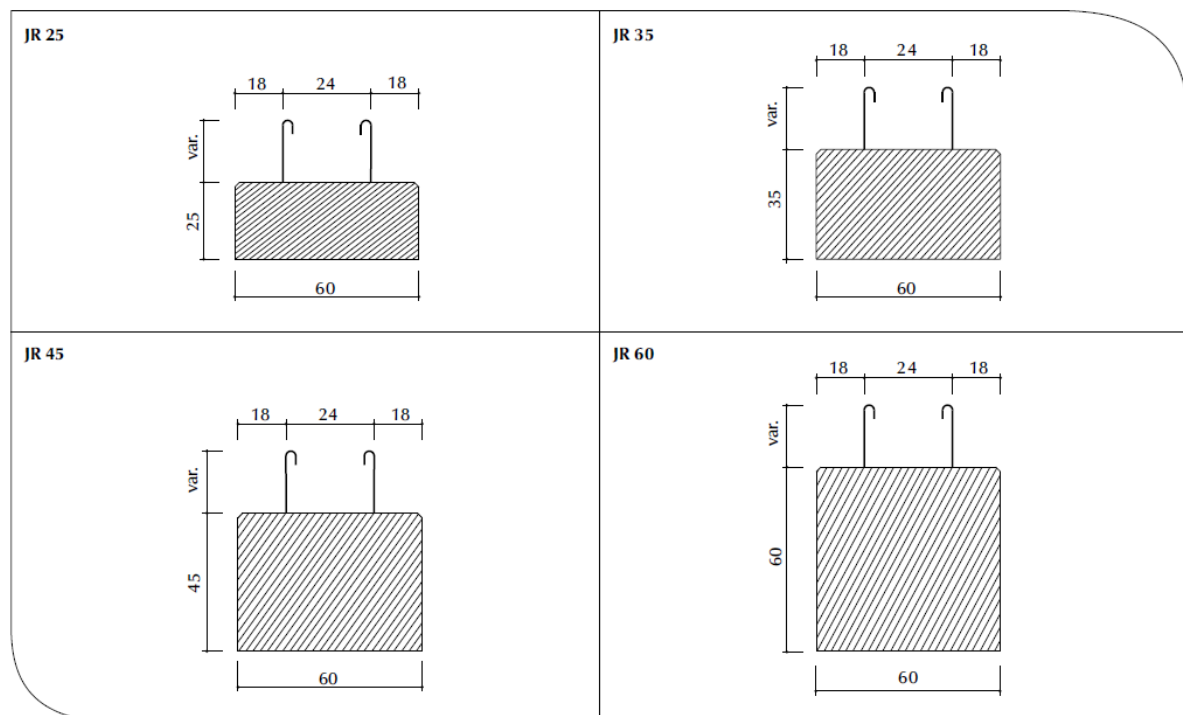


Figura 4. 25 Detalle de la unión entre la placa alveolar y la jácena [Praisna, 2019]

JÁCENAS SERIE JR - DIMENSIONES



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Viga modelo		JR 25	JR 35	JR 45	JR 60
Peso	kN/m	3,75	5,25	6,75	9,0
	(Kp/m)	(375)	(525)	(675)	(900)
Momento máx. c.c. 5 cm.	MKN	300	550	750	1350
	(mT)	(30)	(55)	(75)	(135)
Momento máx. c.c. 10 cm.	mKN	450	850	1100	1650
	(mT)	(45)	(85)	(110)	(165)
EF	min	90 (*)			

(*): en forjados de sotano EF 120 con reducción de Mu

Figura 4. 26 Jácenas de la Serie JR [Praisna, 2019]

Los momentos que tiene que soportar el forjado son muy bajos por lo que no es un problema a la hora de seleccionar la jácena. De las opciones disponibles en el catálogo, ver Figura 4.26, se selecciona una JR 25 con una capa de compresión de 5 cm.

Una vez definida la placa alveolar y las jácenas entre pilares, se puede dimensionar las ménsulas de los pilares. Tenemos el peso propio de las placas alveolares 235 KN y la sobrecarga de uso y la carga muerta que ambas suman 462 KN. El peso de las 13 jácenas JR 25 de 5m es 243,75 KN. Si a esto añadimos una capa de compactado de hormigón de 5 cm, cuyo peso aproximado es de 120 KN, el peso total que reposa sobre las ménsulas es 1060,75 KN.

Esta carga se debe repartir entre 26 ménsulas, por tanto, la carga que soporta cada ménsula es de 40,8 KN. Si se observa la Figura 4.27, vemos que con una ménsula TIPO A – NORMAL ME 40A que soporta hasta 540 KN cumple.

MÉNSULAS

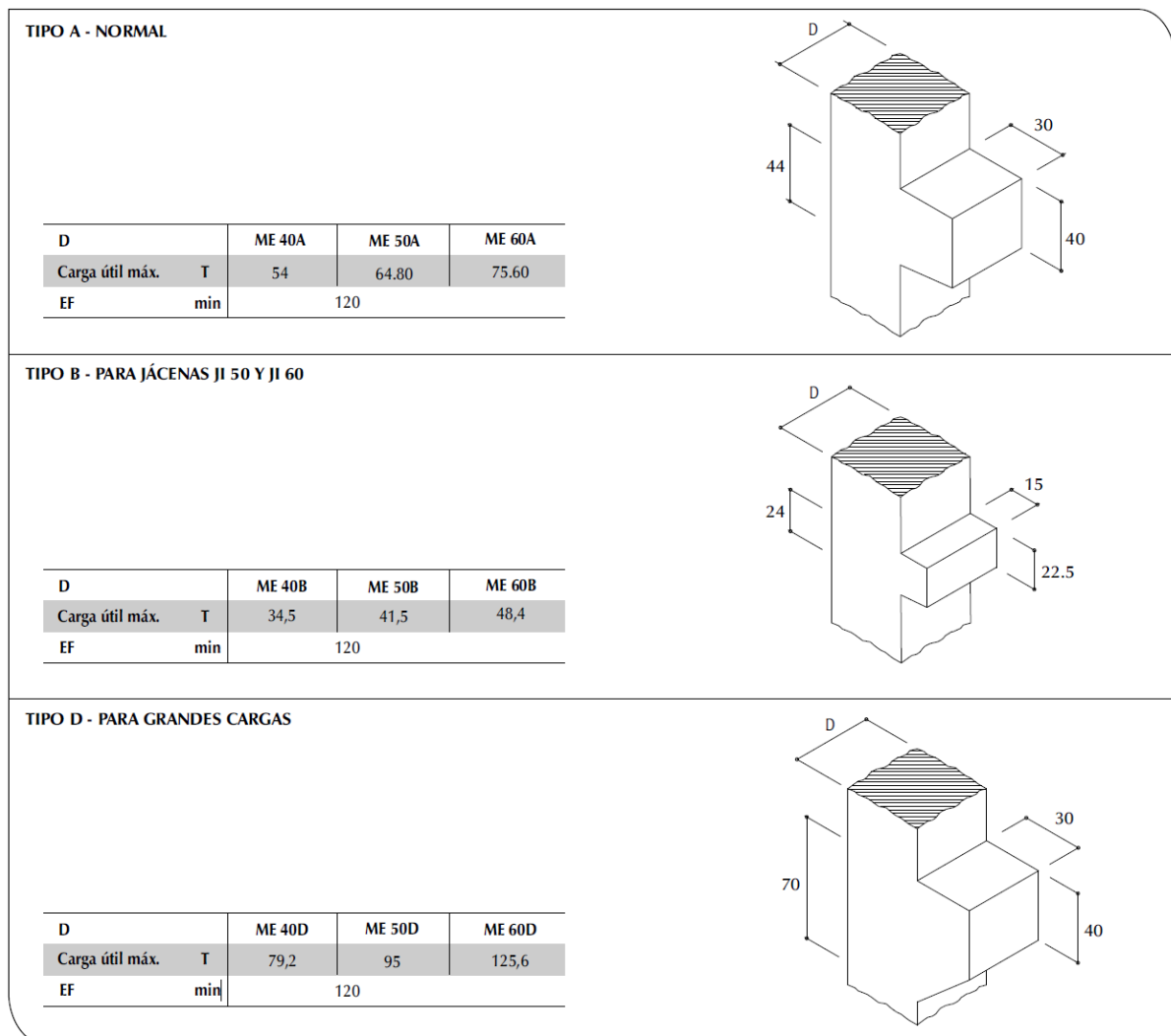


Figura 4. 27 Tipos de ménsulas [Praisna, 2019]

El último elemento que queda por dimensionar son las vigas de los huecos. Estas irán apoyadas sobre las ménsulas en dirección al interior al del vano. Se seleccionan jácenas JI 50 de 4,5 m de longitud. Se puede observar en la Figura 4.28 la sección de la jácena seleccionada.

JÁCENAS SERIE I - DIMENSIONES

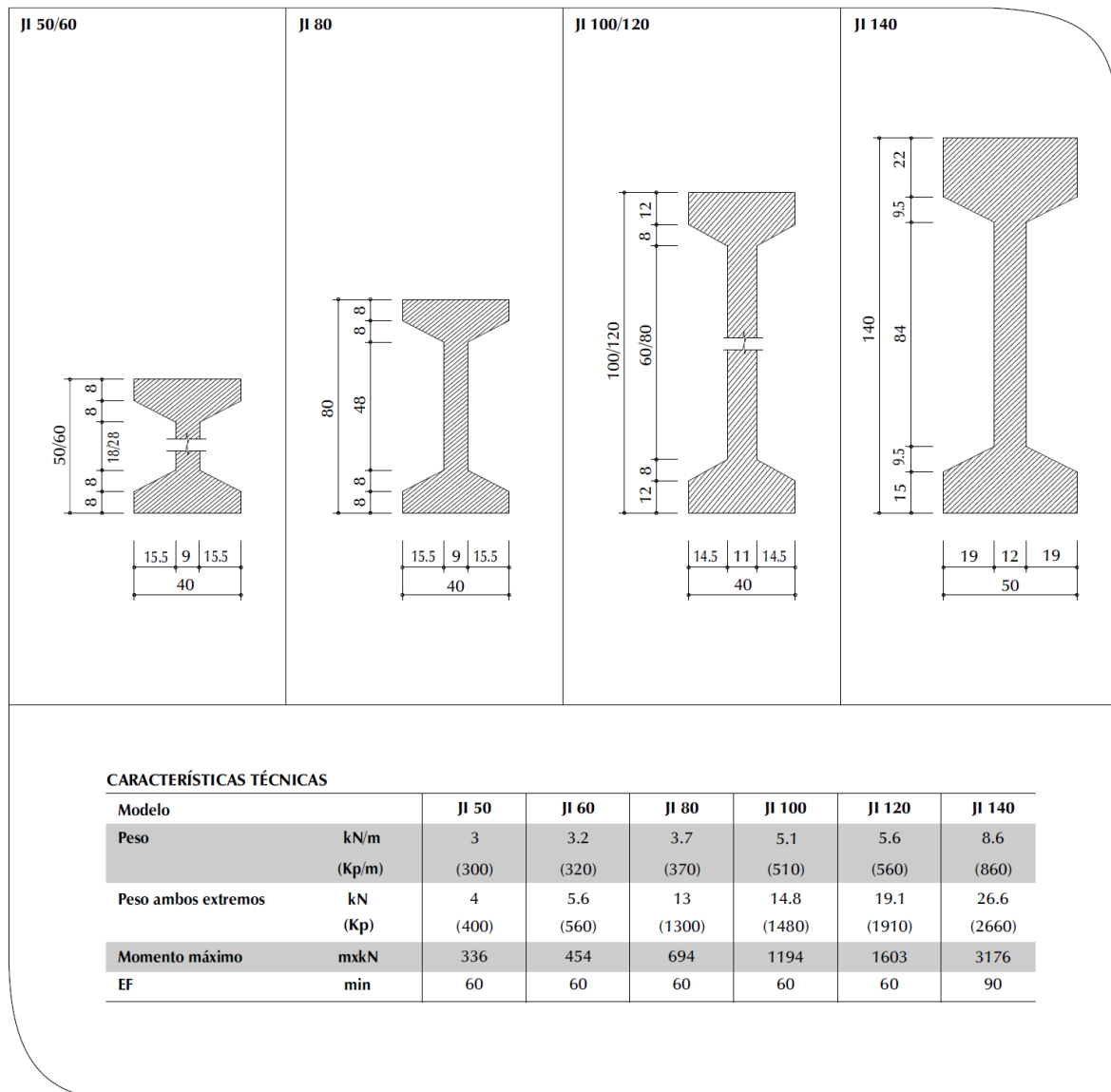


Figura 4. 28 Jácenas de la Serie I [Praisna, 2019]

La carga total que soporta cada ménsula será la suma de la carga sobre la viga y el peso propio de la jácena. La carga que soportar es de 33,75 KN más 15 KN del peso propio de la jácena, lo que hace un total de 48.75 KN. Este peso se reparte entre dos ménsulas teniendo que soportar cada una 24,38 KN. Se puede utilizar por tanto las ménsulas ME 40B recomendadas para la jácena JI 50 que soporta hasta 345 KN.

Se han definido ya todos los elementos de la nave en hormigón prefabricado. La cubierta será la misma que en el caso del perfil de acero. Se utilizan placas sándwich, 0,24 KN/m² de peso [Hiansa, 2019]. La placa sándwich se sujeta mediante ganchos de cubierta, como se muestran en la Figura 4.29.



Figura 4. 29 Gancho de cubierta galvanizado [ITTE, 2019]

Esta solución se empleará tanto en hormigón como en acero. Lo mismo ocurre con los cerramientos laterales, estos son de paneles de hormigón prefabricado en toda la altura de los laterales.

A continuación, se muestra paso a paso y de forma simplificada la construcción de la nave de hormigón prefabricado.

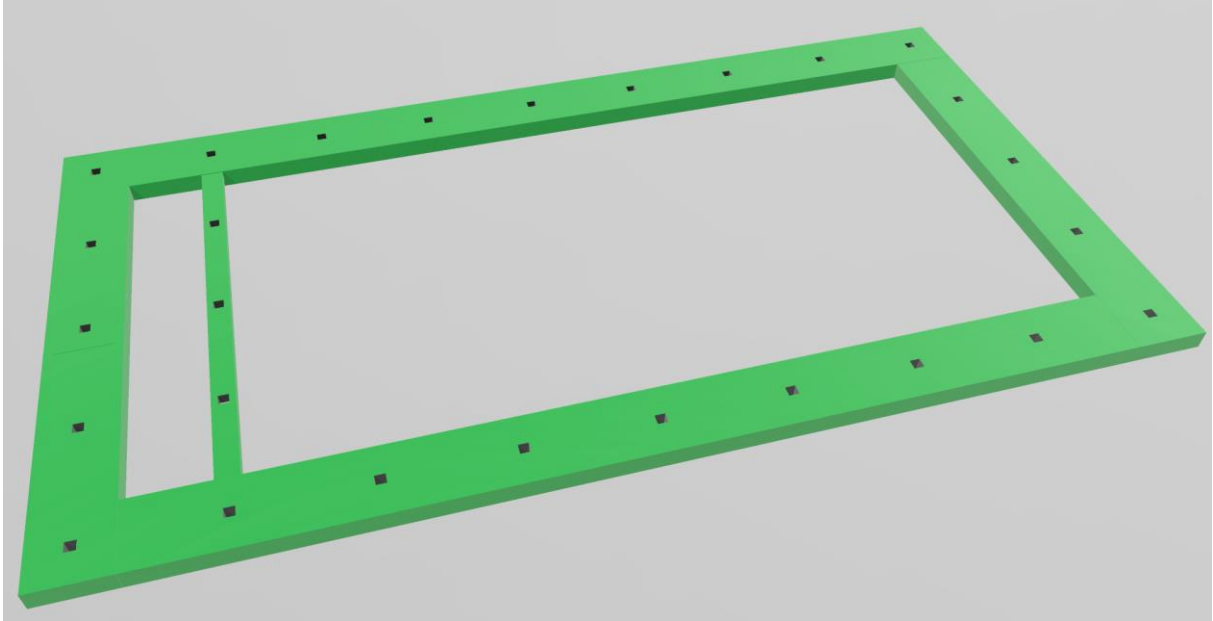


Figura 4. 30 Paso 1: Cimentaciones de zapata corrida [3D Builder, 2019]

En la Figura 4. 30, se puede ver el paso 1. Se muestran las cimentaciones. Se van a realizar mediante zapatas corridas. El aumento de peso obliga a aumentar las cimentaciones y una zapata corrida en este caso simplifica la ejecución.

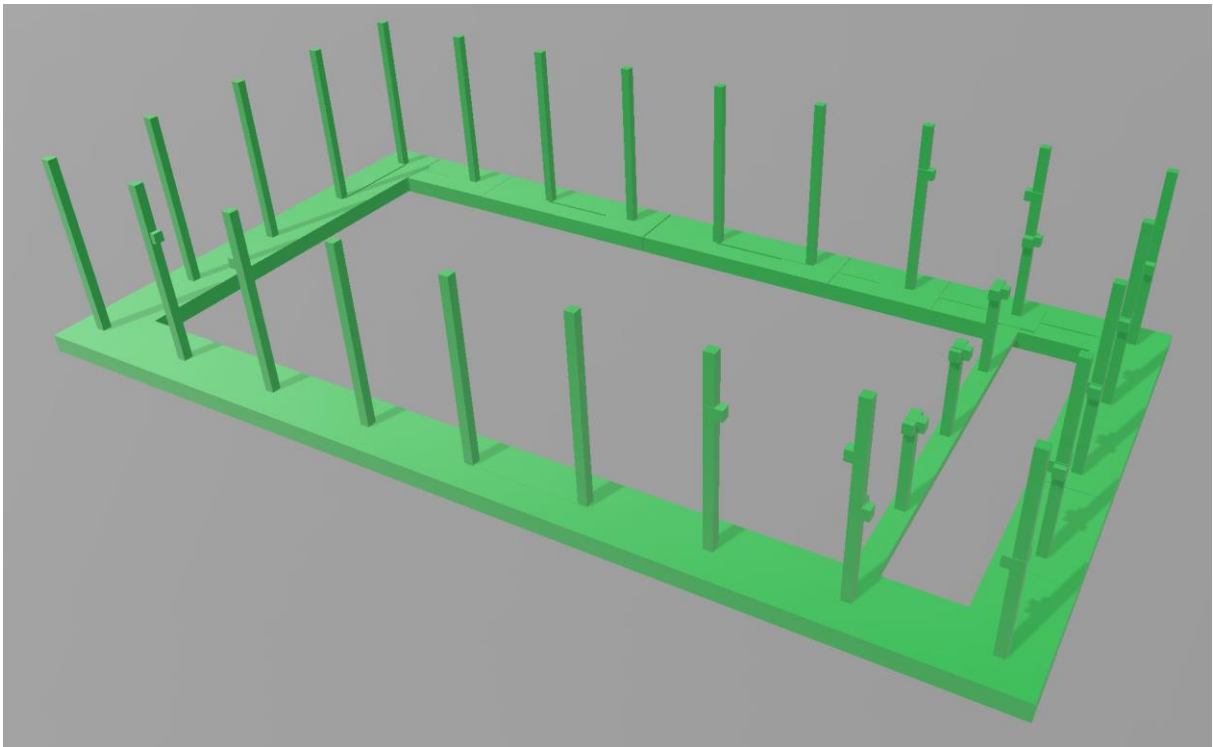


Figura 4. 31 Paso 2: Colocación de los pilares EP44 sobre la cimentación [3D Builder, 2019]

En la figura 4.31, se muestra el paso 2. Se colocan los pilares en los huecos de la cimentación destinados a tal fin. Luego el hueco se rellena para completar la unión entre el pilar y la cimentación.

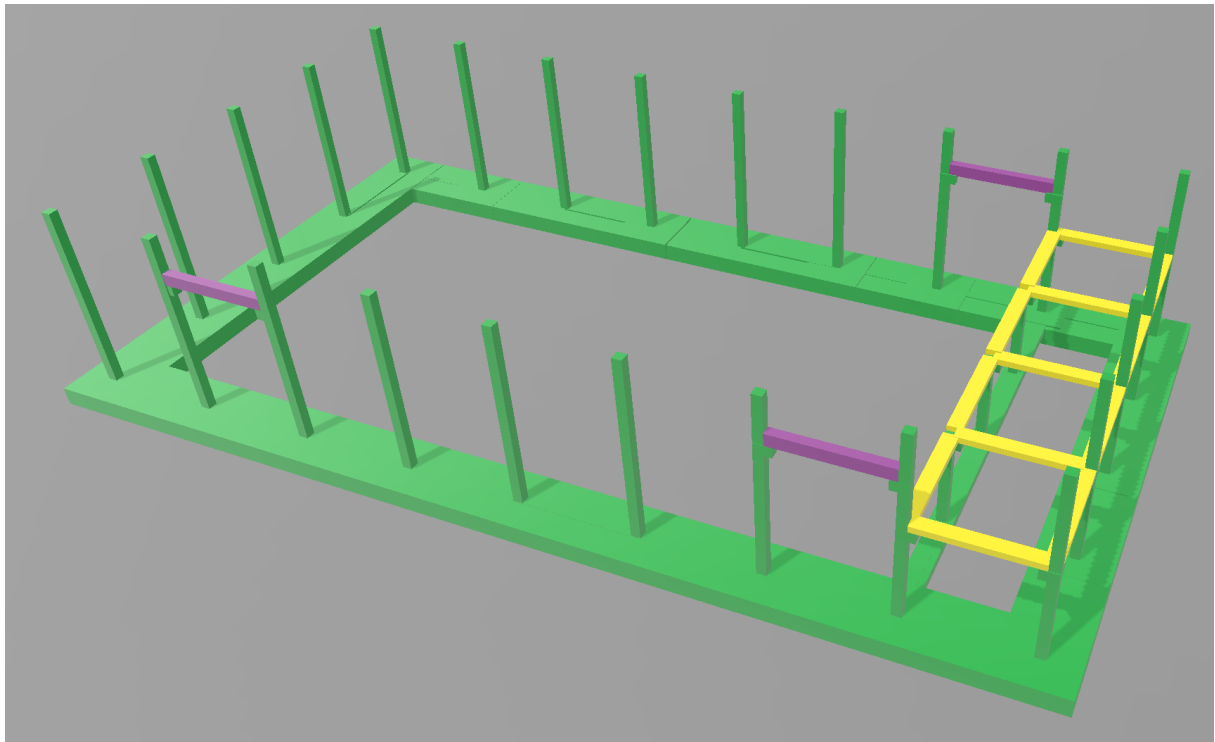


Figura 4. 32 Paso 3: Colocación de las jácenas JI 50 y JR 25 del forjado [3D Builder, 2019]

En la Figura 4.32, se muestra el paso 3. Se colocan las jácenas para la sujeción del forjado (JR 25) y las JI 50 destinadas a soportar la parte de la fachada que queda por encima de los huecos.

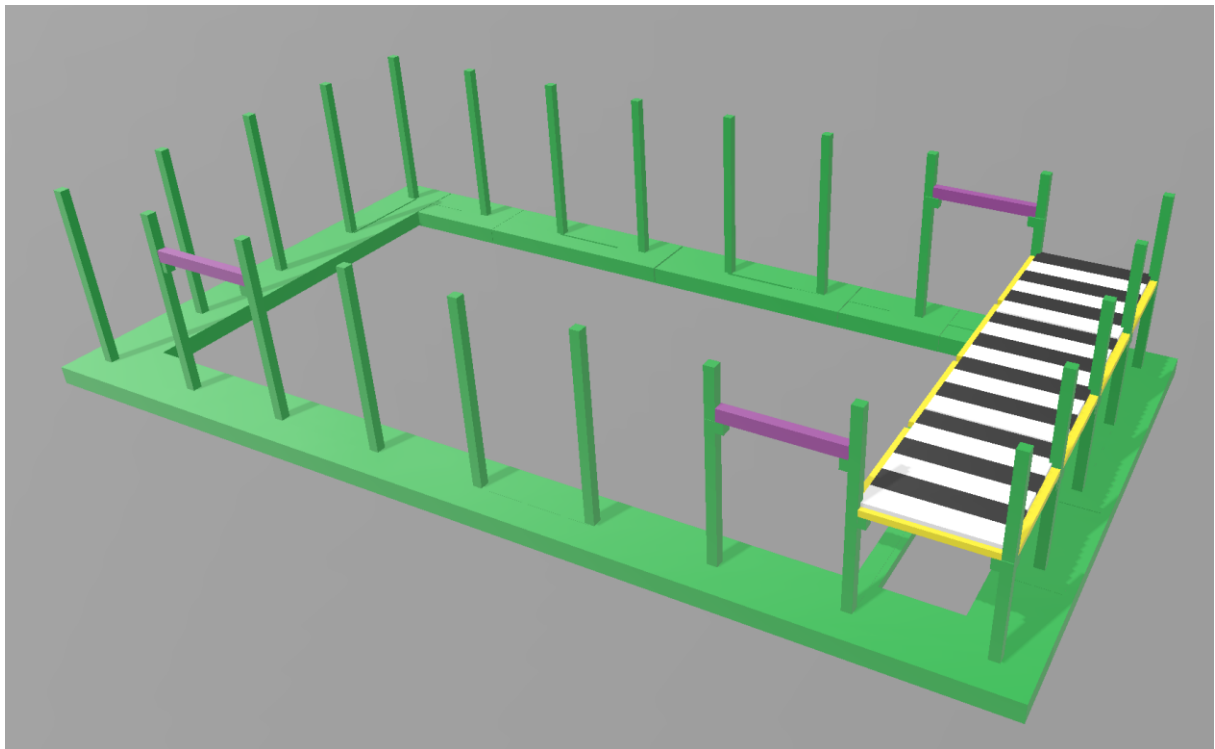


Figura 4. 33 Paso 4: Colocación de las placas alveolares FA 16 [3D Builder, 2019]

En la Figura 4.33, se observa el paso 4. Se colocan las placas alveolares que componen el forjado.

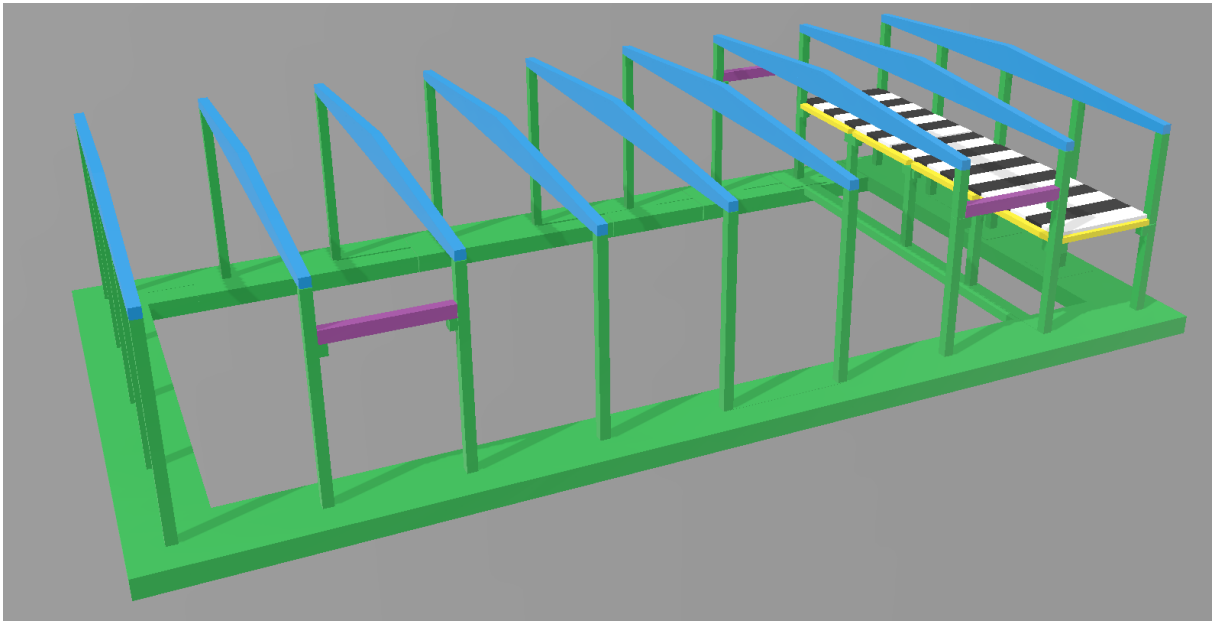


Figura 4. 34 Paso 5: Colocación de las vigas Delta 2 Pretensadas [3D Builder, 2019]

En la Figura 4.34, se muestra el paso 5. Una vez colocados todos los elementos interiores, se colocan las vigas delta.

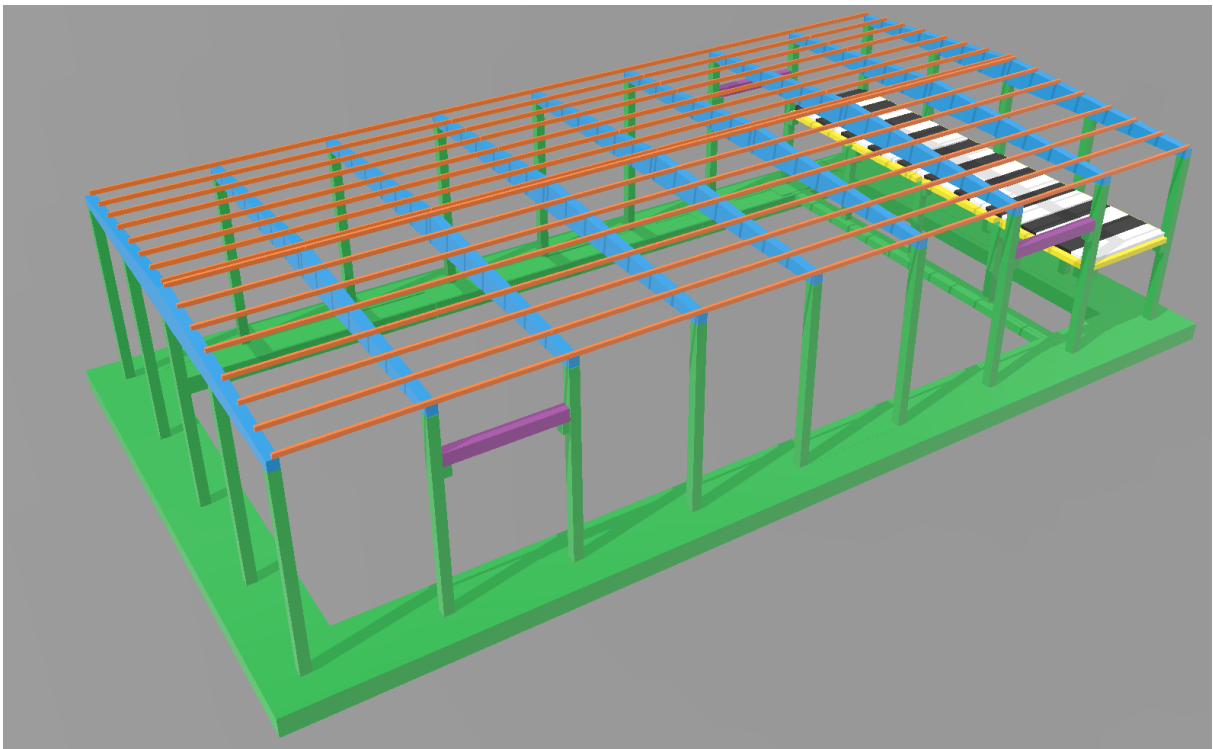


Figura 4. 35 Paso 6: Colocación de las viguetas VI 18 [3D Builder, 2019]

El último paso se muestra en la Figura 4.35. Colocar las correas sobre las que apoya la cubierta.

El siguiente paso sería dimensionar la cimentación para esta estructura. En este caso no se dispone de catálogos. Normalmente es el propio fabricante el que dimensiona la cimentación que necesita para sus perfiles.

Como aproximación se tendrá en cuenta el peso de la estructura de acero y el peso de la estructura de hormigón y se mayorarán las dimensiones de la cimentación.

PERFIL	LONGITUD(m)	PESO/METRO(Kg/m)	PESO(Kg)
IPE 360	327,56	57,1	18.703,90
IPE 270	71	36,1	2.563,1
IPE 80	640	6	3.840
R 14	203,22	1,21	245,89
IPE 200	62	22,4	1.388,8
Forjado	-	-	38.250
TOTAL			64.991,70

Tabla 4. 5 Peso de la estructura de acero

Como observamos en la Tabla 4.5 el peso total de la estructura de acero es de 64,99 toneladas. Para los perfiles los datos se han tomado de Acelor Mittal [MITAL, 2019]. El peso del forjado se ha tomado del catálogo de INCOPERFIL [Incoperfil, 2019].

En el caso del hormigón, se observa en la Tabla 4.6. El peso total para la estructura de hormigón es de 248,09 toneladas.

PERFIL	LONGITUD(m)	PESO/METRO(Kg/m)	PESO(Kg)
Viga Delta	9 dinteles	9070 peso por dintel	81.630
Pilares	212	400	84.800
Viguetas de la cubierta	640	27	17.280
Placa alveolar	100	235	23.500
Jácnas JR	65	375	24.375
Jácnas JI	15	300	4.500
Capa de compactado	-	-	12.000
TOTAL			248.085

Tabla 4. 6 Peso de la estructura de hormigón

Como se puede observar el peso de la nave de hormigón es más del triple. Se debe de tener en cuenta que los perfiles IPE 360 son elementos muy esbeltos, pero con muy poca área. Sin embargo, los pilares de hormigón son macizos y su área es mucho mayor.

Por tanto, el peso de la nave se ha incrementado un 281,66%. Se necesitaría aumentar las dimensiones de la cimentación. Se ha tomado la decisión de hacer una zapata corrida para la unir todos los pilares, ante el incremento del tamaño de las zapatas. Se recuerda que es una aproximación y no un cálculo optimizado. Para esta comparación, solo se ha tenido en cuenta el peso de la estructura, incluido el forjado, y no del cerramiento, ni las instalaciones, porque se asume que el peso de estos elementos no cambia y por lo tanto no influye en la diferencia.

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 Cimentaciones

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1	<p>M². Zapata corrida de cimentación, de hormigón armado, realizada en excavación previa, con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 100 kg/m³. Incluso armaduras de espera de los pilares u otros elementos, alambre de atar, y separadores.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado de las vigas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.</p>				321,410	167,22	53.746,18
1.2	<p>M². Montaje de sistema de encofrado recuperable metálico, para zapata corrida de cimentación de sección rectangular, formado por paneles metálicos, amortizables en 200 usos, y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodamiento. Aplomado y nivelación del encofrado.</p> <p>Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie de encofrado en contacto con el hormigón realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>				425,425	11,79	5.015,76

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 Estructura

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.1	<p>Ud. Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 40x40 cm, de 8 m de altura, para acabado visto del hormigón, sin ménsulas.</p> <p>Incluye: Replanteo de los pilares. Izado y presentación de los pilares mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>				10,000	510,55	5.105,50
2.2	<p>Ud. Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 40x40 cm, de 8 m de altura, para acabado visto del hormigón, con una ménsula a una cara.</p> <p>Incluye: Replanteo de los pilares. Izado y presentación de los pilares mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>				4,000	554,37	2.217,48

2.3	<p>Ud. Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 40x40 cm, de 8 m de altura, para acabado visto del hormigón, con dos ménsulas a dos caras y al mismo nivel. Incluye: Replanteo de los pilares. Izado y presentación de los pilares mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	2,000	598,18	1.196,36
2.4	<p>Ud. Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 40x40 cm, de 4 m de altura, para acabado visto del hormigón, con cuatro ménsulas a cuatro caras y al mismo nivel. Incluye: Replanteo de los pilares. Izado y presentación de los pilares mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	3,000	408,54	1.225,62
2.5	<p>Ud. Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 40x40 cm, de 8 m de altura, para acabado visto del hormigón, con cuatro ménsulas a cuatro caras y al mismo nivel. Incluye: Replanteo de los pilares. Izado y presentación de los pilares mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	2,000	702,07	1.404,14
2.6	<p>Ud. Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 40x40 cm, de 9 m de altura, para acabado visto del hormigón, sin ménsulas. Incluye: Replanteo de los pilares. Izado y presentación de los pilares mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	2,000	572,57	1.145,14
2.7	<p>Ud. Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 40x40 cm, de 10 m de altura, para acabado visto del hormigón, sin ménsulas. Incluye: Replanteo de los pilares. Izado y presentación de los pilares mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,000	634,41	634,41

2.8	Ud. Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 40x40 cm, de 10 m de altura, para acabado visto del hormigón, con cuatro ménsulas a cuatro caras y al mismo nivel. Incluye: Replanteo de los pilares. Izado y presentación de los pilares mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	1,000	823,96	823,96
2.9	Ud. Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 40x40 cm, de 9 m de altura, para acabado visto del hormigón, con cuatro ménsulas a cuatro caras y al mismo nivel. Incluye: Replanteo de los pilares. Izado y presentación de los pilares mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.	2,000	762,97	1.525,94
2.10	M. Viga prefabricada de hormigón armado tipo I, de 90 cm de altura y 20 cm de anchura de alma, con un momento flector máximo de 1100 kN·m. Incluye: Replanteo de las vigas. Izado y presentación de las vigas mediante grúa. Ajuste a su posición correcta y nivelación. Formación de la unión con los elementos de apoyo. Llenado y sellado de juntas. Montaje y desmontaje de apeos complementarios. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida a ejes, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, a ejes, la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.	9,000	1.220,95	10.988,55

PRESUPUESTO PARCIAL N° 3 Fachadas

N°	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.1	M. Dintel realizado con vigueta autorresistente de hormigón pretensado T-18 de 5 m de longitud. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo del sistema. Replanteo del nivel de apoyo de las viguetas. Colocación, aplomado, nivelación y alineación. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos.	15,000				14,77		221,55

PRESUPUESTO PARCIAL N° 4 Cubiertas

N°	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.1	M. Dintel realizado con vigueta autorresistente de hormigón pretensado T-18 de 5 m de longitud. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo del sistema. Replanteo del nivel de apoyo de las viguetas. Colocación, aplomado, nivelación y alineación. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos.	640				9,53		6.099,2

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 5 Forjado

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
5.1	M. Dintel realizado con vigueta autorresistente de hormigón pretensado T-18 de 5 m de longitud. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo del sistema. Replanteo del nivel de apoyo de las viguetas. Colocación, aplomado, nivelación y alineación. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, incluyendo las entregas en los apoyos.					65,000	17,34	1.127,10
5.2	M ² . Losa de 15 + 5 cm de canto, realizada con placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de 15 cm de canto y 100 cm de anchura, con momento flector último de 13 kN·m/m, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, apoyada directamente sobre vigas de canto o muros de carga; relleno de juntas entre placas alveolares, zonas de enlace con apoyos y capa de compresión, realizados con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, acero B 500 S en zona de negativos, con una cuantía aproximada de 4 kg/m ² , y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080. Incluso piezas de acero UNE-EN 10025 S275JR tipo Omega, en posición invertida, laminado en caliente, con recubrimiento galvanizado, 1 kg/m ² , para el apoyo de las placas en los huecos del forjado, alambre de atar y separadores. Incluye: Replanteo de la geometría de la planta. Montaje de las placas alveolares mediante grúa. Enlace de la losa con sus apoyos. Cortes, cajeados, taladros y huecos. Colocación de las armaduras con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Regleado y nivelación de la capa de compresión. Curado del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en verdadera magnitud desde las caras exteriores de los zunchos del perímetro, según documentación gráfica de Proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de 6 m ² . Criterio de medición de obra: Se medirá, en verdadera magnitud, desde las caras exteriores de los zunchos del perímetro, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de 6 m ² . Criterio de valoración económica: El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los apoyos ni los pilares.					100,000	60,93	6.093,00

PRESUPUESTO FINAL NAVE DE HORMIGÓN PREFABRICADO

Capítulo	Importe
Capítulo 1 Cimentaciones	58.761,94
Capítulo 2 Estructura	26.267,10
Capítulo 3 Fachadas	221,55
Capítulo 4 Cubiertas	6.099,2
Capítulo 5 Forjado	7.220,10
Presupuesto de ejecución material	98.569,89
13% de gastos generales	12.814,09
6% de beneficio industrial	5.914,19
Suma	117.298,17
21% IVA	24.632,62
Presupuesto de ejecución por contrata	141.930,79

Asciede el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO CUARENTA MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS.

CAPÍTULO 5.- ESTRUCTURA DE ACERO VS. ESTRUCTURA DE HORMIGÓN

En este capítulo se pretende, hacer una comparación entre las dos soluciones técnicas propuestas a fin de advertir las ventajas o inconvenientes de una y otra. El objetivo de este TFM es argumentar un reformado técnico de una nave industrial inicialmente proyectado en perfiles de acero y cómo es posible adaptar esta nave a hormigón prefabricado.

En estos casos uno de los argumentos de mayor peso es siempre el económico. Un ahorro con respecto a la inversión inicial estimada siempre puede hacer decantar la balanza a la hora de tomar una decisión. Por esto, uno de los primeros indicativos va a ser comparar en precio estas dos soluciones.

A continuación, se observa en la Tabla 4.7 una síntesis del presupuesto, el cuál se desarrolla más detalladamente en el capítulo anterior. Para comparar el presupuesto, solo se han tenido en cuenta las partidas que difieren entre una y otra nave. Partidas como acondicionamiento del terreno, instalaciones, asfaltado o cerramientos son comunes y por tanto no son relevantes para el objeto de esta comparación.

NAVE DE ACERO		NAVE DE HORMIGÓN PREFABRICADO	
Capítulo	Importe	Capítulo	Importe
Capítulo 1 Cimentaciones	22.607,53	Capítulo 1 Cimentaciones	58.761,94
Capítulo 2 Estructura	35.415,11	Capítulo 2 Estructura	26.267,10
Capítulo 3 Fachadas	831,00	Capítulo 3 Fachadas	221,55
Capítulo 4 Cubiertas	6.182,40	Capítulo 4 Cubiertas	6.099,2
Capítulo 5 Forjado	8.266,20	Capítulo 5 Forjado	7.220,10
Presupuesto de ejecución material	73.028,56 €	Presupuesto de ejecución material	98.569,89 €

Tabla 4. 7 Comparativa presupuestaria

Al separarse por capítulos podemos ver rápidamente las diferencias. Salvo el capítulo de cimentación, el resto de los capítulos tienen un precio más elevado en el caso del acero frente al caso de hormigón. La explicación es sencilla. El acero es más caro que el hormigón. Sin embargo, las cimentaciones son de hormigón armado en ambos casos. Al resultar más pesada la estructura de hormigón, las cimentaciones requieren cimentaciones de mayores dimensiones.

Como se vio en el capítulo anterior, la nave de hormigón es un 281,66% más pesada que la nave de acero. Se trata de una diferencia importante que tiene su impacto en la cimentación. Por tanto, la diferencia entre acero y hormigón a nivel presupuestario es de 25.541,33 €. Los precios se han tomado del generador de precios de Arquímedes el cuál por defecto toma la base de precios Extremadura 05.

La dificultad para encontrar otros precios para el hormigón prefabricado limita la posibilidad de valorar esta base de precios. Aunque por la antigüedad creo que no es un fiel reflejo del mercado actual. Hay que recordar que en el año 2008 surge una nueva normativa para el hormigón que provoca la expansión del hormigón prefabricado como solución constructiva. Lo cual es de suponer que los precios del hormigón hayan podido disminuir al extenderse su uso. De por sí, CYPE, está muy limitado en el uso de hormigón prefabricado. Esto hizo que se optara por basarse en catálogos de fabricantes para seleccionar el hormigón prefabricado.

Sin embargo, se puede considerar como razonable que el precio del material, es decir, el hormigón prefabricado frente al acero suponga una ventaja económica. Por otro lado, el precio de la cimentación se sale de lo común en la construcción teniéndose en cuenta que suele estar en torno a la mitad de la

estructura. Pero si tenemos en cuenta que la nave de hormigón pesa casi 4 veces lo que la nave de acero es previsible que el tamaño de la cimentación deba ser mayor.

Una partida que no se incluyó y que puede reducir la diferencia económica es la protección frente a incendios. El acero es sensible a las altas temperaturas porque reduce su resistencia y colapsa. Situación del todo indeseable. En el recuerdo de todos están las Torres Gemelas. Para evitar la fragilidad frente al fuego el acero recibe una serie de protecciones como puede ser una protección pasiva con pintura intumescente. Un precio de referencia que podemos tomar de CYPE es 15,73 €/m², lo cuál multiplicado por el área superficial del acero de la estructura da un coste aproximado de unos 7000 €. Con esto reducimos la diferencia a cerca de los 18.000€.

En cuanto al plazo de ejecución, no se ha podido valorar, ya que CYPE estimaba cada partida de forma sucesiva y no de forma simultánea. Por lo que a mayor número de partidas mayor plazo. Además, estima el mismo tiempo para colocar 2 pilares que para colocar 10, 1 día para cada partida. Esto no es real porque podrían colocarse los 27 pilares el mismo día sin problema. En cualquier caso, no se considera una ventaja en sí misma el tiempo de ejecución, ya que tanto el acero como el hormigón son elementos prefabricados y listos para su colocación. Probablemente si lo sea frente a una construcción con hormigón in situ.

No se ha querido centrar el TFM en el apartado presupuestario más allá de una comparación en la estructura, pero sin duda es un apartado que podría tener un largo recorrido. Habría que valorar la obra completa y su ejecución completa para respaldar las dos principales ventajas de las que presumen los fabricantes de hormigón prefabricado, que es la reducción del plazo y del precio.

CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se extraen las conclusiones del trabajo realizado, así como las vías de estudio que se plantean para futuros trabajos. A continuación, se exponen las conclusiones alcanzadas a lo largo del desarrollo del TFM.

Lo primero que se ha de destacar es el resultado del TFM. Se buscaba justificar un reformado técnico desde una nave de acero a una nave de hormigón de prefabricado. Los resultados obtenidos nos aportan dos hechos relevantes.

A nivel estructural el perfil de acero cuenta con una gama muy amplia para dar soluciones técnicas a los diversos casos que se plantean. Sin embargo, el catálogo de productos prefabricados es aún muy escaso. Digo aún porque es una solución constructiva en sus fases iniciales y que está en continuo crecimiento. Las soluciones con las que podremos contar dentro de unos años podrán decantar la balanza en favor del hormigón de manera definitiva.

Recordemos que el acero tiene serios problemas frente al fuego, lo cual requiere de sistemas de protección adicional que suponen un sobrecoste. Por no hablar de problemas de corrosión, los cuales están mucho más limitados en el hormigón prefabricado por la protección que ofrece el hormigón a la armadura. Si a esto le sumamos que de por sí el acero es más caro, puede haber una diferencia importante.

El otro hecho relevante, es que a pesar de la poca variedad es una solución fiable. El caso propuesto no tenía grandes solicitaciones. Sin embargo, con los elementos más básicos del catálogo suplíamos con mucho las cargas que se debían soportar. Esto abre otra de las conclusiones que se busca comentar. Las soluciones adoptadas del catálogo a pesar de ser las más sencillas y de menor resistencia podían cumplir los requerimientos de la nave. Es decir, tenemos una nave de hormigón prefabricado algo sobredimensionada para el nivel de cargas que se le pide soportar.

Pilares de menor sección, viguetas o jácenas de menor sección hubieran cumplido y hubieran reducido el peso de la nave, desembocando en unas cimentaciones de menor tamaño. Sin embargo, en los catálogos no existían opciones de menor sección que las seleccionadas.

Otra de las conclusiones, que se alcanzan es que las empresas de hormigón prefabricado a pesar de que son numerosas pocas ofrecen información sobre su catálogo, menos aún dan nivel de cargas y ninguna da un precio. Sin embargo, la mayoría ofrecen servicios de presupuesto y ejecución. De esta manera se aseguran mantener la dependencia del cliente y dejar de ser solo un fabricante para ser también proyectista y constructor.

Se intentó solicitar presupuestos y catálogos de precios a los fabricantes sin éxito. De esta manera se reservan esta información a la hora de realizar los presupuestos.

El no poder contar con precios ha limitado la valoración sobre el precio de una solución y otra. Como se comentó en el capítulo anterior, CYPE se basa en un generador de precios que apenas contempla el hormigón prefabricado como solución. Se seleccionó CYPE por estar más familiarizado con su uso. Para futuros casos, propondría utilizar otros programas como SAP 2000 para comprobar si este problema también se repite.

Con los resultados obtenidos, como empresa licitadora con un fin económico de por medio. Con la información obtenida, apoyaría mi defensa en la protección frente al fuego y un menor precio en materiales. Además, optimizaría al máximo el peso de la nave de ser posible, así como las cimentaciones y trataría de compensar la diferencia en la cimentación a través de otras partidas.

Como fabricante tendría toda la información de la que carezco en este TFM para dar una justificación en base a la experiencia de casos anteriores, sin gastar demasiado tiempo en cálculos (lo cual ya sería una partida del proyecto que podría economizar). Conozco mi producto he hecho cosas similares, utilizando esta serie de productos voy a cumplir. Lo cual reduciría el plazo para la realización de la obra.

Como conclusión final del TFM, a pesar de ciertos puntos que se cuestionan se podría justificar este reformado técnico. A partir de la experiencia como constructor de naves de hormigón prefabricado propondría una solución de hormigón ahorrando bastante trabajo de cálculo, centrando mis esfuerzos en la ejecución de la memoria del proyecto y la ejecución de la obra. Defendería las ventajas frente a incendios, corrosión, el bajo mantenimiento del hormigón y la longevidad de la estructura. En cuanto al precio final, probablemente, se llegara a una cifra muy similar y un plazo de ejecución que podría ser algo menor que para una nave de acero decantando la balanza.

Sin embargo, como no podría ser de otra forma, el esfuerzo dedicado ha abierto preguntas sin respuesta. A continuación, se proponen una serie de caminos de estudio para resolver las ventajas e inconvenientes de una solución frente a otra.

A partir de la solución estructural adoptada, se propone realizar un presupuesto completo con cada una de las partidas detalladas. Una de las ventajas que se le presumía al hormigón prefabricado era un ahorro en la ejecución de la obra. A través de un presupuesto más detallado se puede comprobar esta afirmación.

Otra vía sería iniciar el proyecto directamente desde el hormigón prefabricado. Sería interesante ver los obstáculos que se presentan partiendo de la información que aportan los catálogos y hacer uso de ella para llegar a una solución válida.

La tercera situación que se me planteó, durante el TFM es si una combinación de elementos de acero y de hormigón prefabricado podría llevar una solución mejor que las dos por separado. Ya sea optimizando la estructura, como el coste y el plazo.

Por otro lado, se propone hacer este mismo estudio, pero con otros casos estructurales. Podría darse el caso que hubiera situaciones en que el hormigón prefabricado no podría competir con el acero en ningún sentido. Descubrir los límites del hormigón prefabricado nos puede ayudar a entender mejor su uso.

En último lugar, desde un punto de vista arquitectónico la obra civil emplea cada vez más el hormigón prefabricado frente al hormigón in situ. Podría servir para conocer las ventajas de las nuevas tecnologías a nivel de construcción que tenemos hoy en día. Saber de qué manera me limita la solución adoptada en aspectos como eficiencia energética, sostenibilidad y contaminación. Si supondría una mejora el hormigón prefabricado en estos aspectos frente a las soluciones que ya conocemos podría ser determinante en su utilización a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

[BOE, 2006]

Ministerio de Vivienda, REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, *por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*. Referencia: BOE-A-2006-5515. Última modificación 15 de Junio de 2017 Ref. BOE-A-2017-7163

<https://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/A11816-11831.pdf> (Última visita 06/06/2019)

[CTE, 2006]

Ministerio de Vivienda, *Código Técnico de la Edificación*, 17 de marzo de 2006.

<https://www.codigotecnico.org/index.html> (Última visita 06/06/2019)

[CTE, 2019]

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), dependiente del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, *Estructura y contenidos*.

<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-que-cte/estructura-contenidos.html>

(Última visita 06/06/2019)

[LOE, 1995]

Jefatura del Estado, Ley 38/1999, de 5 de noviembre, *de Ordenación de la Edificación*. Referencia: BOE-A-1999-21567. Última modificación 14 de julio de 2015 Ref. BOE-A-2015-7897

<https://www.boe.es/eli/es/l/1999/11/05/38/dof/spa/pdf> (Última visita 06/06/2019)

[EHE-08]

Ministerio de Fomento, *Instrucción Española del Hormigón Estructural*, 18 de julio de 2008.

<https://www.fomento.gob.es/organos-colegiados/mas-organos-colegiados/comision-permanente-del-hormigon/cph/instrucciones/ehe-08-version-en-castellano> (Última visita 06/06/2019)

[Alberdi, 2019]

<http://www.prefabricadosalberdi.com/alberdi/de/cuales-son-las-principales-ventajas-de-emplear-prefabricados-de-hormigon.asp?nombre=2387&cod=2387&sesion=1> (Última visita 06/06/2019)

[Seguro, 2019]

<http://prefabricadoseguro.com/ventajas-e-inconvenientes-del-prefabricado-de-hormigon-o-concreto/>

(Última visita 06/06/2019)

[Catastro, 2019]

<https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCConCiud.aspx?UrbRus=U&RefC=49023A501002860000KY&esBice=&RCBice1=&RCBice2=&DenoBice=&from=OVCBusqueda&pest=rc&RCCompleta=49023A501002860000KY&final=&del=49&mun=23> (Última visita 06/06/2019)

[PParcial, 2012]

Ayuntamiento de Benavente, *Plan Parcial Polígono Industrial Benavente III*, 2 de agosto de 2012.

<https://www.benavente.es/aytobenavente/ayuntamiento/areas-municipales/urbanismo/servicios-que-incluye/planeamiento-de-desarrollo/documentos-en-tramitacion/plan-parcial-poligono-industrial-benavente-iii> (Última visita 06/06/2019)

[Benavente, 2019]

<https://www.descubrebenavente.com/la-comarca-de-los-valles-de-benavente/> (Última visita 06/06/2019)

[CYPE, 2019]

<http://www.cype.es/> (Última visita 06/06/2019)

[Hiansa, 2019]

Hiansa Grupo Hiemesa S.L., *Catálogo general de productos 2017*

<https://www.hiansa.com/archivos/CatalogoTecnico2017ES.pdf> (Última visita 06/06/2019)

[ITTE, 2019]

Industria ITTE S.A., *Ganchos galvanizados de cubiertas*

<http://www.industriaitte.com/catalogo/cubiertas/gancho-galvanizado/> (Última visita 06/06/2019)

[CYPE Generador de pórticos, 2019]

Módulo de CYPE 2019 (Castellano). Versión Campus. Uso no profesional - 2019.e Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción, CYPE Ingenieros.

[CYPE 3D, 2019]

Módulo de CYPE 2019 (Castellano). Versión Campus. Uso no profesional - 2019.e Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción, CYPE Ingenieros.

[Incoperfil, 2019]

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A //INCOPERFIL S.A, *Ficha producto: Forjado Colaborante INCO 70.4 COLABORANTE*. <https://www.incoperfil.com/colaborante/#1> (Última visita 06/06/2019)

[Prainsa, 2019]

Grupo Prainsa Prefabricados Industriales, Catálogo de productos.

http://www.prainsa.es/web_nueva/prainsa/es/entrar.htm (Última visita 06/06/2019)

[MITAL, 2019]

Arcelor Mittal, *Catálogo de Perfiles y Barras Comerciales*

https://constructalia.arcelormittal.com/es/productos/perfiles_estructurales (Última visita 06/06/2019)

ANEXOS

19/2/2019

Sede Electrónica del Catastro

Consulta y certificación de Bien Inmueble**FECHA Y HORA**

Fecha

19/2/2019

Hora

19:18:11

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Referencia catastral

49023A501002860000KY

Localización

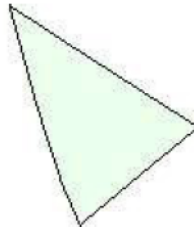
Polígono 501 Parcela 286
LOS SALADOS. BENAVENTE (ZAMORA)

Clase

Urbano

Uso principal

Suelo sin edif.

PARCELA CATASTRAL

Localización

Polígono 501 Parcela 286
LOS SALADOS. BENAVENTE (ZAMORA)

Superficie gráfica

4.157 m²**CULTIVO**

Subparcela	Cultivo/Aprovechamiento	Intensidad Productiva	Superficie m ²
0	CR Labor o labradío regadío	02	4.157



**PLAN PARCIAL PARA APROBACIÓN DEFINITIVA
DEL POLÍGONO INDUSTRIAL 'BENAVENTE III'**



Artículo 42. Industria Aislada (IAS)

Definición: Responde a aquella zona a implantar industrias, talleres, almacenes complementarios y actividades de servicio con almacenaje.

Condiciones de uso: Industrial que hace referencia a la implantación de actividades productivas cuyo fin es la elaboración, transformación, tratamiento, reparación, manipulación, almacenaje, distribución de productos de naturaleza industrial y suministros a mayoristas. También es uso característico el industrial ligado a la actividad comercial, con posibilidad de realizar exposición y comercialización minorista.

Uso compatible: Terciario de oficinas
Comercial vinculado a la actividad principal
Logístico
Agropecuario
Residencial, vivienda anexa vinculada a la industria para vivienda del vigilante con un máximo de cien metros cuadrados construidos (100 m²) y computables a efectos de edificabilidad.
Equipamiento Dotacional en todas sus clases y categorías.
Servicios urbanos de cualquier clase.

Tipo de construcción: Edificación aislada.

Condiciones de parcelación:

Superficie: $S > 2.000 \text{ m}^2$
Parcela mínima: 2.000 m^2
Frente mínimo: 20 m
Forma de parcela: Que permita inscribir en su interior un círculo de 20m de diámetro.

Edificación en las parcelas:

Edificabilidad: S-10: $0,80 \text{ m}^2/\text{m}^2$
S-11: $0,82 \text{ m}^2/\text{m}^2$
Ocupación máxima: La resultante de aplicar los retranqueos de esta norma.
Si existe bloque representativo éste tendrá una superficie en planta máxima de un 15% de la superficie destinada a naves de fabricación.



**PLAN PARCIAL PARA APROBACIÓN DEFINITIVA
DEL POLÍGONO INDUSTRIAL 'BENAVENTE III'**



Condiciones de edificación: Se prestará especial atención al tratamiento estético de las fachadas del testero si dan a lindero público. Siendo obligatoria su representatividad.

Retranqueos: En los espacios de retranqueo se permite el ajardinamiento, aparcamiento, paso de vehículos, carga y descarga. No se permiten construcciones auxiliares, almacenamiento de materiales y mercancías o depósito de residuos no controlados. Solamente en los retranqueos a linderos privados se permitirán instalaciones auxiliares.

Frente: 8 m

Lateral: 3 m

Fondo: 8 m

No se considerará retranqueo respecto de las parcelas destinadas a centros de transformación. En caso de no tener cerramientos deberán tratarse de forma adecuada de en consenso con el Ayuntamiento.

Alturas:

Máxima a cornisa: 12 m, salvo instalaciones necesarias para el proceso industrial.

Max. Nº de plantas: Tres en bloque representativo y una en nave de fabricación o almacén.

Alineaciones y patios:

Alineaciones: Según plano.

Patios: Se permiten patios abiertos o cerrados que no supongan retranqueos en sus frentes. No se permiten construcciones auxiliares en el interior.

Aparcamiento: Se deberá dotar un mínimo de 1 plaza por cada 100 m² construibles en el interior de la parcela. En el caso de usos compatibles no industriales, se atenderá a la normativa del PGOU para el uso correspondiente.

Artículo 43. Logístico (LOG)

Definición: Responde a aquella zona a implantar actividades desarrolladas dentro de un edificio específico con playa de maniobra, que acogen empresas de transporte de carga completa y fraccionada y realizan actividades de almacenaje, manipulación y distribución de mercancías sin incluir actividades productivas.

Barras redondas de acero laminadas en caliente

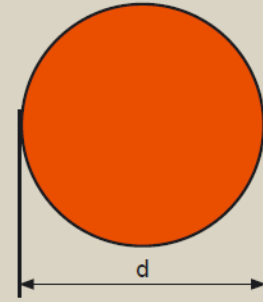
Dimensiones: EN 10060: 2003
Tolerancias: EN 10060: 2003
Estado de la superficie: conforme a EN 10221: 1995, clase A

Hot rolled round steel bars

Dimensions: EN 10060: 2003
Tolerances: EN 10060: 2003
Surface condition: according to EN 10221: 1995, class A

Tondi laminati a caldo

Dimensioni: EN 10060: 2003
Tolleranze: EN 10060: 2003
Condizioni di superficie: secondo EN 10221: 1995, classe A



Denominación Designation Designazione	Diámetro Diameter Diametro	A	EN 10025-2: 2004	EN 10083-2: 2006	EN 10084: 2008
G	d	mm ² x10 ²			
kg/m	mm				

Denominación Designation Designazione	Diámetro Diameter Diametro	A	EN 10025-2: 2004	EN 10083-2: 2006	EN 10084: 2008
G	d	mm ² x10 ²			
kg/m	mm				

R 10	0,617	10	0,785	✓	✓	✓
R 12	0,888	12	1,13	✓	✓	✓
R 14	1,21	14	1,54	✓	✓	✓
R 15*	1,39	15	1,77	✓	✓	✓
R 16	1,58	16	2,01	✓	✓	✓
R 17*	1,78	17	2,27	✓	✓	✓
R 18	2,00	18	2,54	✓	✓	✓
R 19*	2,23	19	2,84	✓	✓	✓
R 20	2,47	20	3,14	✓	✓	✓
R 22	2,98	22	3,80	✓	✓	✓
R 22.25*	3,05	22,25	3,89	✓	✓	✓
R 23.6*	3,43	23,6	4,37	✓	✓	✓
R 24	3,55	24	4,52	✓	✓	✓
R 24.5*	3,70	24,5	4,71	✓	✓	✓
R 25	3,85	25	4,91	✓	✓	✓
R 26	4,17	26	5,31	✓	✓	✓
R 26.7*	4,40	26,7	5,60	✓	✓	✓
R 27*	4,49	27	5,73	✓	✓	✓
R 28*	4,83	28	6,16	✓	✓	✓
R 29*	5,19	29	6,61	✓	✓	✓
R 29.5*	5,37	29,5	6,83	✓	✓	✓
R 29.7*	5,44	29,7	6,93	✓	✓	✓
R 30	5,55	30	7,07	✓	✓	✓
R 31*	5,92	31	7,55	✓	✓	✓
R 32	6,31	32	8,04	✓	✓	✓
R 34*	7,13	34	9,08	✓	✓	✓
R 34.4*	7,30	34,4	9,29	✓	✓	✓
R 35	7,55	35	9,62	✓	✓	✓
R 35.7*	7,86	35,7	10,0	✓	✓	✓
R 36*	7,99	36	10,2	✓	✓	✓
R 37*	8,44	37	10,8	✓	✓	✓
R 38*	8,90	38	11,3	✓	✓	✓
R 39*	9,38	39	11,9	✓	✓	✓
R 39.2*	9,47	39,2	12,1	✓	✓	✓

R 40	9,86	40	12,6	✓	✓	✓
R 42	10,9	42	13,9	✓	✓	✓
R 44*	11,9	44	15,2	✓	✓	✓
R 45	12,5	45	15,9	✓	✓	✓
R 46*	13,0	46	16,6	✓	✓	✓
R 47*	13,6	47	17,3	✓	✓	✓
R 48*	14,2	48	18,1	✓	✓	✓
R 49.2*	14,9	49,2	19,0	✓	✓	✓
R 50	15,4	50	19,6	✓	✓	✓
R 51*	16,0	51	20,4	✓	✓	✓
R 52*	16,7	52	21,2	✓	✓	✓
R 53*	17,3	53	22,1	✓	✓	✓
R 54*	18,0	54	22,9	✓	✓	✓
R 55	18,7	55	23,8	✓	✓	✓
R 55.8*	19,2	55,8	24,5	✓	✓	✓
R 56*	19,3	56	24,6	✓	✓	✓
R 57*	20,0	57	25,5	✓	✓	✓
R 58*	20,7	58	26,4	✓	✓	✓
R 59*	21,5	59	27,3	✓	✓	✓
R 60	22,2	60	28,3	✓	✓	✓
R 62*	23,7	62	30,2	✓	✓	✓
R 63*	24,5	63	31,2	✓	✓	✓
R 65	26,0	65	33,2	✓	✓	
R 70	30,2	70	38,5	✓	✓	
R 75	34,7	75	44,2	✓	✓	
R 80	39,5	80	50,3	✓	✓	
R 85	44,5	85	56,7	✓	✓	
R 90	49,9	90	63,6	✓	✓	
R 95	55,6	95	70,9	✓	✓	
R 100	61,7	100	78,5	✓	✓	
R 105	68,0	105	86,6	✓	✓	
R 110	74,6	110	95,0	✓	✓	
R 120	88,8	120	113,1	✓		
R 130	104,2	130	132,7	✓		
R 140	120,8	140	153,9	✓		
R 150	138,7	150	176,7	✓		

* Tonelaje mínimo y condiciones de suministro previo acuerdo.
* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.
* Tonnellaggio minimo e condizioni di fornitura da concordare.

Perfiles en I con alas paralelas

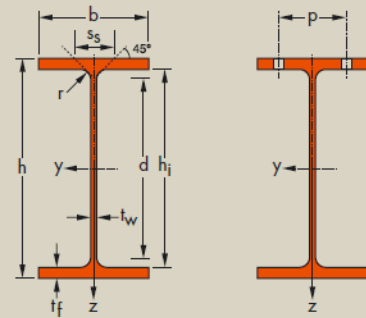
Dimensiones: EN 10365:2017
Tolerancias: EN 10034: 1993
Estado de la superficie: conforme a EN 10163-3: 2004, clase C, subclase 1

Parallel flange I sections

Dimensions: EN 10365:2017
Tolerances: EN 10034: 1993
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Travi ad ali parallele

Dimensioni: EN 10365:2017
Tolleranze: EN 10034: 1993
Condizioni di superficie: secondo EN 10163-3: 2004, classe C, sottoclasse 1



Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni						A mm ² x10 ²	Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio					Superficie Surface Superficie	
	G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _r mm	r mm		h mm	d mm	Ø	p _{min} mm	p _{max} mm	A _L m ² /m	A _C m ² /t
IPE AA 80*	4,9	78	46	3,2	4,2	5	6,3	69,6	59,6	-	-	-	0,325	65,62
IPE A 80·/*	5,0	78	46	3,3	4,2	5	6,4	69,6	59,6	-	-	-	0,325	64,90
IPE 80*	6,0	80	46	3,8	5,2	5	7,6	69,6	59,6	-	-	-	0,328	54,64
IPE AA 100*	6,7	97,6	55	3,6	4,5	7	8,6	88,6	74,6	-	-	-	0,396	58,93
IPE A 100·/*	6,9	98	55	3,6	4,7	7	8,8	88,6	74,6	-	-	-	0,397	57,57
IPE 100*	8,1	100	55	4,1	5,7	7	10,3	88,6	74,6	-	-	-	0,400	49,33
IPE AA 120*	8,4	117	64	3,8	4,8	7	10,7	107,4	93,4	-	-	-	0,470	56,26
IPE A 120·	8,7	117,6	64	3,8	5,1	7	11,0	107,4	93,4	-	-	-	0,472	54,47
IPE 120	10,4	120	64	4,4	6,3	7	13,2	107,4	93,4	-	-	-	0,475	45,82
IPE AA 140*	10,1	136,6	73	3,8	5,2	7	12,8	126,2	112,2	-	-	-	0,546	54,26
IPE A 140·	10,5	137,4	73	3,8	5,6	7	13,4	126,2	112,2	-	-	-	0,547	52,05
IPE 140	12,9	140	73	4,7	6,9	7	16,4	126,2	112,2	-	-	-	0,551	42,70
IPE AA 160*	12,3	156,4	82	4,0	5,6	9	15,7	145,2	127,2	-	-	-	0,617	50,13
IPE A 160·	12,7	157	82	4,0	5,9	9	16,2	145,2	127,2	-	-	-	0,619	48,70
IPE 160	15,8	160	82	5,0	7,4	9	20,1	145,2	127,2	-	-	-	0,623	39,47
IPE AA 180*	14,9	176,4	91	4,3	6,2	9	19,0	164,0	146,0	M 10	48	48	0,693	46,37
IPE A 180·	15,4	177	91	4,3	6,5	9	19,6	164,0	146,0	M 10	48	48	0,694	45,15
IPE 180	18,8	180	91	5,3	8,0	9	23,9	164,0	146,0	M 10	48	48	0,698	37,13
IPE O 180*	21,3	182	92	6,0	9,0	9	27,1	164,0	146,0	M 10	50	50	0,705	33,12
IPE AA 200*	18,0	196,4	100	4,5	6,7	12	22,9	183,0	159,0	M 10	54	58	0,763	42,51
IPE A 200·	18,4	197	100	4,5	7,0	12	23,5	183,0	159,0	M 10	54	58	0,764	41,49
IPE 200	22,4	200	100	5,6	8,5	12	28,5	183,0	159,0	M 10	54	58	0,768	34,36
IPE O 200*	25,1	202	102	6,2	9,5	12	32,0	183,0	159,0	M 10	56	60	0,779	31,05
IPE AA 220*	21,2	216,4	110	4,7	7,4	12	27,0	201,6	177,6	M 12	60	62	0,843	39,78
IPE A 220·	22,2	217	110	5,0	7,7	12	28,3	201,6	177,6	M 12	60	62	0,843	38,02
IPE 220	26,2	220	110	5,9	9,2	12	33,4	201,6	177,6	M 12	60	62	0,848	32,36
IPE O 220*	29,4	222	112	6,6	10,2	12	37,4	201,6	177,6	M 10	58	66	0,858	29,24

• Pedido mínimo: para calidad S235 JR véanse condiciones de suministro en pág. 8; para cualquier otra calidad 40 t o según acuerdo.

+ Pedido mínimo: 40 t por perfil y calidad o según acuerdo.

* Tonelaje mínimo y condiciones de suministro previo acuerdo.

• Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 8; for any other grade 40t or upon agreement.

+ Minimum order: 40t per section and grade or upon agreement.

* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

• Ordine minimo: Per la qualità S235 JR vedere le condizioni di fornitura a pagina 8; per qualunque altra qualità: 40t o da concordare.

+ Ordine minimo: 40t per sezione e qualità o da concordare.

* Tonnellaggio minimo e condizioni di fornitura da concordare.

IPE

Páginas de notaciones 193-196 / Notations pages 193-196 / Pagine di annotazioni 193-196

Denominación Designation Designazione	Propiedades del perfil / Section properties / Proprietà geometriche del profilo													Classification EN 1993-1-1: 2005						EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009
	eje fuerte y-y strong axis y-y asse forte y-y						eje débil z-z weak axis z-z asse debole z-z				Pure bending y-y			Pure compression								
	G kg/m	I_y mm ⁴ x10 ⁴	$W_{el,y}$ mm ³ x10 ³	$W_{pl,y}♦$ mm ³ x10 ³	i_y mm x10	A_{vz} mm ² x10 ²	I_z mm ⁴ x10 ⁴	$W_{el,z}$ mm ³ x10 ³	$W_{pl,z}♦$ mm ³ x10 ³	i_z mm x10	s_s mm	I_t mm ⁴ x10 ⁴	I_w mm ⁶ x10 ⁹	S235	S355	S460	S235	S355	S460			
IPE AA 80	4,9	64,1	16,4	18,9	3,19	3,00	6,85	2,98	4,7	1,04	17,5	0,40	0,09	1	1	-	1	1	-	✓	✓	✓
IPE A 80	5,0	64,4	16,5	19,0	3,18	3,07	6,85	2,98	4,7	1,04	17,6	0,42	0,09	1	1	-	1	1	-	✓	✓	✓
IPE 80	6,0	80,1	20,0	23,2	3,24	3,58	8,49	3,69	5,8	1,05	20,1	0,70	0,12	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
IPE AA 100	6,7	136	27,9	31,9	3,98	4,40	12,6	4,57	7,2	1,21	20,8	0,73	0,27	1	1	-	1	1	-	✓	✓	✓
IPE A 100	6,9	141	28,8	33,0	4,01	4,44	13,1	4,77	7,5	1,22	21,2	0,77	0,28	1	1	-	1	1	-	✓	✓	✓
IPE 100	8,1	171	34,2	39,4	4,07	5,08	15,9	5,79	9,2	1,24	23,7	1,20	0,35	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
IPE AA 120	8,4	244	41,7	47,6	4,79	5,36	21,1	6,59	10,4	1,41	21,6	0,95	0,66	1	1	-	1	1	-	✓	✓	✓
IPE A 120	8,7	257	43,8	49,9	4,83	5,41	22,4	7,00	11,0	1,42	22,2	1,04	0,71	1	1	-	1	1	-	✓	✓	✓
IPE 120	10,4	318	53,0	60,7	4,90	6,31	27,7	8,65	13,6	1,45	25,2	1,74	0,89	1	1	1	1	1	1	✓	✓	✓
IPE AA 140	10,1	407	59,7	67,6	5,64	6,14	33,8	9,27	14,5	1,63	22,4	1,19	1,46	1	1	-	1	2	-	✓	✓	✓
IPE A 140	10,5	435	63,3	71,6	5,70	6,21	36,4	10,0	15,5	1,65	23,2	1,36	1,58	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE 140	12,9	541	77,3	88,3	5,74	7,64	44,9	12,3	19,3	1,65	26,7	2,45	1,98	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 160	12,3	659	84,3	95,2	6,48	7,74	51,7	12,6	19,7	1,81	25,7	1,81	2,93	1	1	-	1	3	-	✓	✓	✓
IPE A 160	12,7	689	87,8	99,1	6,53	7,80	54,4	13,3	20,7	1,83	26,3	1,96	3,09	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓
IPE 160	15,8	869	109	124	6,58	9,66	68,3	16,7	26,1	1,84	30,3	3,60	3,96	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 180	14,9	1020	116	131	7,32	9,13	78,1	17,2	26,7	2,03	27,2	2,48	5,64	1	1	-	2	3	-	✓	✓	✓
IPE A 180	15,4	1063	120	135	7,37	9,20	81,9	18,0	28,0	2,05	27,8	2,70	5,93	1	1	1	2	3	4	✓	✓	✓
IPE 180	18,8	1317	146	166	7,42	11,3	101	22,2	34,6	2,05	31,8	4,79	7,43	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE O 180	21,3	1505	165	189	7,45	12,7	117	25,5	39,9	2,08	34,5	6,76	8,74	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 200	18,0	1533	156	176	8,19	11,4	112	22,4	35,0	2,21	32,0	3,84	10,1	1	1	-	2	4	-	✓	✓	✓
IPE A 200	18,4	1591	162	182	8,23	11,5	117	23,4	36,5	2,23	32,6	4,11	10,5	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE 200	22,4	1943	194	221	8,26	14,0	142	28,5	44,6	2,24	36,7	6,98	13,0	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE O 200	25,1	2211	219	249	8,32	15,5	169	33,1	51,9	2,30	39,3	9,45	15,6	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 220	21,2	2219	205	230	9,07	12,8	165	29,9	46,5	2,47	33,6	5,02	17,9	1	1	-	2	4	-	✓	✓	✓
IPE A 220	22,2	2317	214	240	9,05	13,6	171	31,2	48,5	2,46	34,5	5,69	18,7	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE 220	26,2	2772	252	285	9,11	15,9	205	37,3	58,1	2,48	38,4	9,07	22,7	1	1	1	1	2	4	✓	✓	✓
IPE O 220	29,4	3134	282	321	9,16	17,7	240	42,8	66,9	2,53	41,1	12,3	26,8	1	1	1	1	2	2	✓	✓	✓

♦ W_{pl} : para el diseño plástico la sección debe pertenecer a la clase 1 o 2 según la capacidad de rotación que se precise. Véase pág. 223.
 ♦ W_{pl} : for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 223.
 ♦ W_{pl} : per il calcolo plastico, la sezione trasversale deve appartenere alla classe 1 o 2, conformemente alla capacità di rotazione richiesta. Vedere pagina 223.

Perfiles en I con alas paralelas (continúa)

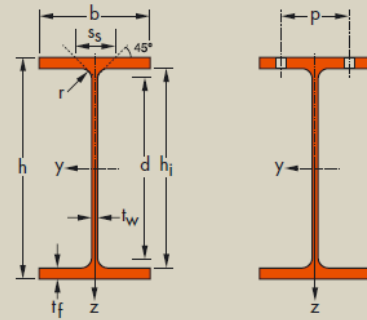
Dimensiones: EN 10365:2017
Tolerancias: EN 10034: 1993
Estado de la superficie: conforme a EN 10163-3: 2004, clase C, subclase 1

Parallel flange I sections (continued)

Dimensions: EN 10365:2017
Tolerances: EN 10034: 1993
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Travi ad I ad ali parallele (continua)

Dimensioni: EN 10365:2017
Tolleranze: EN 10034: 1993
Condizioni di superficie: secondo EN 10163-3: 2004, classe C, sottoclasse 1



Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni						A mm ² x10 ²	Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio					Superficie Surface Superficie	
	G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm		h ₁ mm	d mm	Ø mm	p _{min} mm	p _{max} mm	A _L m ² /m	A _G m ² /t
IPE AA 240*	24,9	236,4	120	4,8	8,0	15	31,7	220,4	190,4	M 12	64	68	0,917	36,86
IPE A 240•	26,2	237	120	5,2	8,3	15	33,3	220,4	190,4	M 12	64	68	0,918	35,10
IPE 240	30,7	240	120	6,2	9,8	15	39,1	220,4	190,4	M 12	66	68	0,922	30,02
IPE O 240*	34,3	242	122	7,0	10,8	15	43,7	220,4	190,4	M 12	66	70	0,932	27,17
IPE A 270•	30,7	267	135	5,5	8,7	15	39,2	249,6	219,6	M 16	70	72	1,037	33,75
IPE 270	36,1	270	135	6,6	10,2	15	45,9	249,6	219,6	M 16	72	72	1,041	28,86
IPE O 270*	42,3	274	136	7,5	12,2	15	53,8	249,6	219,6	M 16	72	72	1,051	24,88
IPE A 300•	36,5	297	150	6,1	9,2	15	46,5	278,6	248,6	M 16	72	86	1,156	31,65
IPE 300	42,2	300	150	7,1	10,7	15	53,8	278,6	248,6	M 16	72	86	1,160	27,46
IPE O 300*	49,3	304	152	8,0	12,7	15	62,8	278,6	248,6	M 16	74	88	1,174	23,81
IPE A 330•	43,0	327	160	6,5	10,0	18	54,7	307,0	271,0	M 16	78	96	1,250	29,09
IPE 330	49,1	330	160	7,5	11,5	18	62,6	307,0	271,0	M 16	78	96	1,254	25,52
IPE O 330*	57,0	334	162	8,5	13,5	18	72,6	307,0	271,0	M 16	80	98	1,268	22,24
IPE A 360•	50,2	357,6	170	6,6	11,5	18	64,0	334,6	298,6	M 22	86	88	1,351	26,91
IPE 360	57,1	360	170	8,0	12,7	18	72,7	334,6	298,6	M 22	88	88	1,353	23,70
IPE O 360*	66,0	364	172	9,2	14,7	18	84,1	334,6	298,6	M 22	90	90	1,367	20,69
IPE A 400•	57,4	397	180	7,0	12,0	21	73,1	373,0	331,0	M 22	94	98	1,464	25,51
IPE 400	66,3	400	180	8,6	13,5	21	84,5	373,0	331,0	M 22	96	98	1,467	22,12
IPE O 400*	75,7	404	182	9,7	15,5	21	96,4	373,0	331,0	M 22	96	100	1,481	19,57
IPE V 400*	84	408	182	10,6	17,5	21	107,0	373,0	331,0	M 24	96	100	1,487	17,70
IPE A 450•	67,2	447	190	7,6	13,1	21	85,6	420,8	378,8	M 24	100	102	1,603	23,87
IPE 450	77,6	450	190	9,4	14,6	21	98,8	420,8	378,8	M 24	100	102	1,605	20,69
IPE O 450*	92,4	456	192	11,0	17,6	21	117,7	420,8	378,8	M 24	102	104	1,622	17,56
IPE V 450*	107	460	194	12,4	19,6	21	132,0	420,8	378,8	M 24	102	104	1,635	15,78
IPE A 500•	79,4	497	200	8,4	14,5	21	101,1	468,0	426,0	M 24	100	112	1,741	21,94
IPE 500	90,7	500	200	10,2	16,0	21	115,5	468,0	426,0	M 24	102	112	1,744	19,23
IPE O 500*	107	506	202	12,0	19,0	21	136,7	468,0	426,0	M 24	104	114	1,760	16,40
IPE V 500*	129	514	204	14,2	23,0	21	164,1	468,0	426,0	M 27	104	114	1,780	13,81

• Pedido mínimo: para calidad S235 JR véanse condiciones de suministro en pág. 8; para cualquier otra calidad 40 t o según acuerdo.

+ Pedido mínimo: 40 t por perfil y calidad o según acuerdo.

* Tonelaje mínimo y condiciones de suministro previo acuerdo.

• Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 8; for any other grade 40t or upon agreement.

+ Minimum order: 40t per section and grade or upon agreement.

* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

• Ordine minimo: Per la qualità S235 JR vedere le condizioni di fornitura a pagina 8; per qualunque altra qualità: 40t o da concordare.

+ Ordine minimo: 40t per sezione e qualità o da concordare.

* Tonnellaggio minimo e condizioni di fornitura da concordare.

IPE

Páginas de notaciones 193-196 / Notations pages 193-196 / Pagine di annotazioni 193-196

Denominación Designation Designazione	Propiedades del perfil / Section properties / Proprietà geometriche del profilo												Classification EN 1993-1-1: 2005						EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009	
	eje fuerte y-y strong axis y-y asse forte y-y						eje débil z-z weak axis z-z asse debole z-z						Pure bending y-y			Pure compression						
	G	I_y	$W_{el,y}$	$W_{pl,y} \blacklozenge$	i_y	A_z	I_z	$W_{el,z}$	$W_{pl,z} \blacklozenge$	i_z	s_x	I_t	I_w	S235	S355	S460	S235	S355				S460
kg/m	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm x10	mm ² x10 ²	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm x10	mm	mm ⁴ x10 ⁴	mm ⁶ x10 ⁶										
IPE AA 240	24,9	3154	267	298	9,97	15,3	231	38,6	60,0	2,70	38,4	7,33	30,1	1	1	-	3	4	-	✓	✓	✓
IPE A 240	26,2	3290	278	312	9,94	16,3	240	40,0	62,4	2,68	39,4	8,35	31,3	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE 240	30,7	3892	324	367	9,97	19,1	284	47,3	73,9	2,69	43,4	12,9	37,4	1	1	1	1	2	4	✓	✓	✓
IPE O 240	34,3	4369	361	410	10,0	21,4	329	53,9	84,4	2,74	46,2	17,2	43,7	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE A 270	30,7	4917	368	413	11,2	18,8	358	53,0	82,3	3,02	40,5	10,3	59,5	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE 270	36,1	5790	429	484	11,2	22,1	420	62,2	97,0	3,02	44,6	15,9	70,6	1	1	1	2	3	4	✓	✓	✓
IPE O 270	42,3	6947	507	575	11,4	25,2	514	75,5	118	3,09	49,5	24,9	87,6	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE A 300	36,5	7173	483	542	12,4	22,3	519	69,2	107	3,34	42,1	13,4	107	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE 300	42,2	8356	557	628	12,5	25,7	604	80,5	125	3,35	46,1	20,1	126	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE O 300	49,3	9994	658	744	12,6	29,1	746	98,1	153	3,45	51,0	31,1	158	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓
IPE A 330	43,0	10230	626	702	13,7	27,0	685	85,6	133	3,54	47,6	19,6	172	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE 330	49,1	11770	713	804	13,7	30,8	788	98,5	154	3,55	51,6	28,2	199	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE O 330	57,0	13910	833	943	13,8	34,9	960	119	185	3,64	56,6	42,2	246	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓
IPE A 360	50,2	14520	812	907	15,1	29,8	944	111	172	3,84	50,7	26,5	282	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 360	57,1	16270	904	1019	15,0	35,1	1043	123	191	3,79	54,5	37,3	314	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE O 360	66,0	19050	1047	1186	15,1	40,2	1251	146	227	3,86	59,7	55,8	380	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓
IPE A 400	57,4	20290	1022	1144	16,7	35,8	1171	130	202	4,00	55,6	34,8	432	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 400	66,3	23130	1160	1307	16,6	42,7	1318	146	229	3,95	60,2	51,1	490	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE O 400	75,7	26750	1324	1502	16,7	48,0	1564	172	269	4,03	65,3	73,1	588	1	1	1	2	3	4	✓	✓	✓
IPE V 400	84	30140	1477	1681	16,8	52,5	1766	194	304	4,06	70,0	99,6	673	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓
IPE A 450	67,2	29760	1331	1494	18,7	42,3	1502	158	246	4,19	58,4	45,7	705	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 450	77,6	33740	1500	1702	18,5	50,9	1676	176	276	4,12	63,2	66,9	791	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE O 450	92,4	40920	1795	2046	18,7	59,4	2085	217	341	4,21	70,8	109	998	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE V 450	107	46200	2008	2301	18,7	66,6	2397	247	389	4,26	76,2	149	1162	1	1	1	1	2	4	✓	✓	✓
IPE A 500	79,4	42930	1728	1946	20,6	50,4	1939	194	302	4,38	62,0	62,8	1125	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 500	90,7	48200	1930	2194	20,4	59,9	2142	214	336	4,31	66,8	89,3	1249	1	1	1	3	4	4	✓	✓	✓
IPE O 500	107	57780	2284	2613	20,6	70,2	2622	260	409	4,38	74,6	144	1548	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE V 500	129	70720	2751	3168	20,7	83,1	3271	320	506	4,46	84,8	241	1971	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓

◆ W_{pl} : para el diseño plástico la sección debe pertenecer a la clase 1 o 2 según la capacidad de rotación que se precise. Véase pág. 223.
 ◆ W_{pl} : for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 223.
 ◆ W_{pl} : per il calcolo plastico, la sezione trasversale deve appartenere alla classe 1 o 2, conformemente alla capacità di rotazione richiesta. Vedere pagina 223.

Perfiles en I con alas paralelas (continúa)

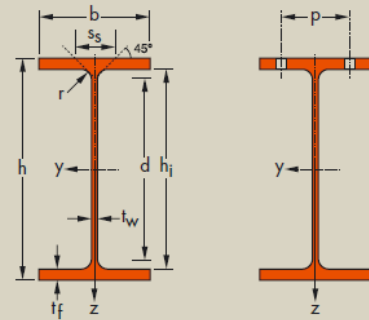
Dimensiones: EN 10365:2017
Tolerancias: EN 10034: 1993
Estado de la superficie: conforme a EN 10163-3: 2004, clase C, subclase 1

Parallel flange I sections (continued)

Dimensions: EN 10365:2017
Tolerances: EN 10034: 1993
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Travi ad I ad ali parallele (continua)

Dimensioni: EN 10365:2017
Tolleranze: EN 10034: 1993
Condizioni di superficie: secondo EN 10163-3: 2004, classe C, sottoclasse 1



Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni						A mm ² x10 ²	Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio					Superficie Surface Superficie	
	G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm		h _i mm	d mm	Ø mm	p _{min} mm	p _{max} mm	A _L m ² /m	A _G m ² /t
IPE A 550•	92,1	547	210	9,0	15,7	24	117,3	515,6	467,6	M 24	106	122	1,875	20,36
IPE 550	106	550	210	11,1	17,2	24	134,4	515,6	467,6	M 24	110	122	1,877	17,78
IPE O 550*	123	556	212	12,7	20,2	24	156,1	515,6	467,6	M 24	110	122	1,893	15,45
IPE V 550*	159	566	216	17,1	25,2	24	202,0	515,6	467,6	M 27	110	126	1,921	12,11
IPE A 600•	108	597	220	9,8	17,5	24	137,0	562,0	514,0	M 27	114	118	2,013	18,72
IPE 600	122	600	220	12,0	19,0	24	156,0	562,0	514,0	M 27	116	118	2,015	16,45
IPE O 600*	154	610	224	15,0	24,0	24	196,8	562,0	514,0	M 27	118	122	2,045	13,24
IPE V 600*	184	618	228	18,0	28,0	24	233,8	562,0	514,0	M 27	118	126	2,071	11,28
IPE 750 x 134	134	750	264	12,0	15,5	17	170,6	719,0	685,0	M 27	102	158	2,505	18,71
IPE 750 x 147	147	753	265	13,2	17,0	17	187,5	719,0	685,0	M 27	104	164	2,510	17,06
IPE 750 x 173*	173	762	267	14,4	21,6	17	221,3	719,0	685,0	M 27	104	166	2,534	14,58
IPE 750 x 196*	196	770	268	15,6	25,4	17	250,8	719,0	685,0	M 27	106	166	2,552	12,96
IPE 750 x 220 ^{1A}	220	779	266	16,5	30,0	17	280,7	719,1	685,1	M 27	106	164	2,560	11,62

• Pedido mínimo: para calidad S235 JR véanse condiciones de suministro en pág. 8; para cualquier otra calidad 40 t o según acuerdo.

+ Pedido mínimo: 40 t por perfil y calidad o según acuerdo.

* Tonelaje mínimo y condiciones de suministro previo acuerdo.

^A Dimensiones: AM Standard

• Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 8; for any other grade 40t or upon agreement.

+ Minimum order: 40t per section and grade or upon agreement.

* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

^A Dimensions: AM Standard

• Ordine minimo: Per la qualità S235 JR vedere le condizioni di fornitura a pagina 8; per qualunque altra qualità: 40t o da concordare.

+ Ordine minimo: 40t per sezione e qualità o da concordare.

* Tonnellaggio minimo e condizioni di fornitura da concordare.

^A Dimensioni: AM Standard

IPE

Páginas de notaciones 193-196 / Notations pages 193-196 / Pagine di annotazioni 193-196

Denominación Designation Designazione	Propiedades del perfil / Section properties / Proprietà geometriche del profilo												Classification EN 1993-1-1: 2005						EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009	
	eje fuerte y-y strong axis y-y asse forte y-y						eje débil z-z weak axis z-z asse debole z-z						Pure bending y-y			Pure compression						
	G	I_y	$W_{el,y}$	$W_{pl,y} \blacklozenge$	i_y	A_z	I_z	$W_{el,z}$	$W_{pl,z} \blacklozenge$	i_z	S_x	I_t	I_w	S235	S355	S460	S235	S355				S460
kg/m	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm x10	mm ² x10 ²	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm x10	mm	mm ⁴ x10 ⁴	mm ⁶ x10 ⁹										
IPE A 550	92,1	59980	2193	2475	22,6	60,3	2432	232	362	4,55	68,5	86,5	1710	1	1	2	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 550	106	67120	2440	2787	22,4	72,3	2668	254	401	4,45	73,6	123	1884	1	1	1	4	4	4	✓	✓	✓
IPE O 550	123	79160	2847	3263	22,5	82,7	3224	304	481	4,55	81,2	188	2302	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE V 550	159	102340	3616	4204	22,5	109	4264	395	632	4,59	95,0	372	3118	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE A 600	108	82920	2778	3141	24,6	70,1	3116	283	442	4,77	72,9	119	2607	1	1	2	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 600	122	92080	3070	3512	24,3	83,8	3387	308	486	4,66	78,1	165	2846	1	1	1	4	4	4	✓	HI	HI
IPE O 600	154	118300	3879	4471	24,5	104	4521	404	640	4,79	91,1	318	3860	1	1	1	2	4	4	✓	HI	HI
IPE V 600	184	141580	4581	5324	24,6	124	5569	488	780	4,88	102	506	4846	1	1	1	1	2	3	✓	HI	HI
IPE 750 x 134	134	150700	4018	4644	29,7	95,6	4788	362	570	5,30	62,3	122	6440	1	1	2	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 750 x 147	147	166100	4411	5110	29,8	105	5289	399	631	5,31	67,1	162	7141	1	1	2	4	4	4	✓	✓	✓
IPE 750 x 173	173	205800	5402	6218	30,5	116	6873	515	810	5,57	77,5	274	9391	1	1	1	4	4	4	✓	HI	HI
IPE 750 x 196	196	240300	6241	7174	31,0	127	8175	610	959	5,71	86,3	409	11290	1	1	1	4	4	4	✓	HI	HI
IPE 750 x 220	220	278200	7143	8198	31,48	136,3	9440	709,9	1113	5,80	96,42	609,0	13200	1	1	1	3	4	4	✓	HI	HI

HI = HITAR[®]

◆ W_{pl} : para el diseño plástico la sección debe pertenecer a la clase 1 o 2 según la capacidad de rotación que se precise. Véase pág. 223.
 ◆ W_{pl} : for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 223.
 ◆ W_{pl} : per il calcolo plastico, la sezione trasversale deve appartenere alla classe 1 o 2, conformemente alla capacità di rotazione richiesta. Vedere pagina 223.

Vigas con alas anchas

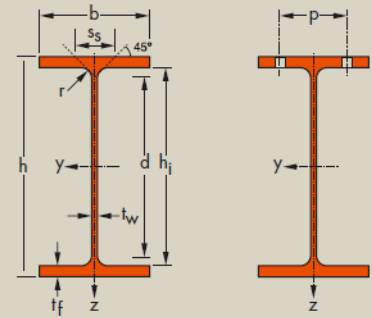
Dimensiones: EN 10365:2017
Tolerancias: EN 10034: 1993
Estado de la superficie: conforme a EN 10163-3: 2004, clase C, subclase 1

Wide flange beams

Dimensions: EN 10365:2017
Tolerances: EN 10034: 1993
Surface condition: according to EN 10163-3: 2004, class C, subclass 1

Travi ad ali larghe

Dimensioni: EN 10365:2017
Tolleranze: EN 10034: 1993
Condizioni di superficie: secondo EN 10163-3: 2004, classe C, sottoclasse 1



Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni						A mm ² x10 ²	Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio					Superficie Surface Superficie	
	G kg/m	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm		h _i mm	d mm	Ø	p _{min} mm	p _{max} mm	A _L m ² /m	A _G m ² /t
HE 100 AA*	12,2	91	100	4,2	5,5	12	15,6	80	56	M 10	54	58	0,553	45,17
HE 100 A	16,7	96	100	5	8	12	21,2	80	56	M 10	54	58	0,561	33,68
HE 100 B	20,4	100	100	6	10	12	26,0	80	56	M 10	56	58	0,567	27,76
HE 100 C*	30,9	110	103	9	15	12	39,3	80	56	M 10	59	61	0,593	19,23
HE 100 M	41,8	120	106	12	20	12	53,2	80	56	M 10	62	64	0,619	14,82
HE 120 AA*	14,6	109	120	4,2	5,5	12	18,6	98	74	M 12	58	68	0,669	45,94
HE 120 A	19,9	114	120	5	8	12	25,3	98	74	M 12	58	68	0,677	34,06
HE 120 B	26,7	120	120	6,5	11	12	34,0	98	74	M 12	60	68	0,686	25,71
HE 120 C*	39,2	130	123	9,5	16	12	49,9	98	74	M 12	63	72	0,712	18,19
HE 120 M	52,1	140	126	12,5	21	12	66,4	98	74	M 12	66	74	0,738	14,16
HE 140 AA*	18,1	128	140	4,3	6	12	23,0	116	92	M 16	64	76	0,787	43,53
HE 140 A	24,7	133	140	5,5	8,5	12	31,4	116	92	M 16	64	76	0,794	32,21
HE 140 B	33,7	140	140	7	12	12	43,0	116	92	M 16	66	76	0,805	23,88
HE 140 C*	48,2	150	143	10	17	12	61,5	116	92	M 16	69	79	0,831	17,22
HE 140 M	63,2	160	146	13	22	12	80,6	116	92	M 16	72	82	0,857	13,56
HE 160 AA*	23,8	148	160	4,5	7	15	30,4	134	104	M 20	76	84	0,901	37,81
HE 160 A	30,4	152	160	6	9	15	38,8	134	104	M 20	78	84	0,906	29,78
HE 160 B	42,6	160	160	8	13	15	54,3	134	104	M 20	80	84	0,918	21,56
HE 160 C*	59,2	170	163	11	18	15	75,4	134	104	M 20	84	88	0,944	15,95
HE 160 M	76,2	180	166	14	23	15	97,1	134	104	M 20	86	90	0,970	12,74
HE 180 AA*	28,7	167	180	5	7,5	15	36,5	152	122	M 24	84	92	1,018	35,51
HE 180 A	35,5	171	180	6	9,5	15	45,3	152	122	M 24	86	92	1,024	28,83
HE 180 B	51,2	180	180	8,5	14	15	65,3	152	122	M 24	88	92	1,037	20,25
HE 180 C*	69,8	190	183	11,5	19	15	89,0	152	122	M 27	91,5	96	1,063	15,22
HE 180 M	88,9	200	186	14,5	24	15	113,3	152	122	M 24	94	98	1,089	12,25
HE 200 AA*	34,6	186	200	5,5	8	18	44,1	170	134	M 27	96	100	1,130	32,62
HE 200 A	42,3	190	200	6,5	10	18	53,8	170	134	M 27	98	100	1,136	26,89
HE 200 B	61,3	200	200	9	15	18	78,1	170	134	M 27	100	100	1,151	18,78
HE 200 C*	81,9	210	203	12	20	18	104,4	170	134	M 27	104	104	1,177	14,36
HE 200 M	103	220	206	15	25	18	131,3	170	134	M 27	106	106	1,203	11,67

* Pedido mínimo: para calidad S235 JR véanse condiciones de suministro en pág. 8; para cualquier otra calidad 40 t o según acuerdo.
* Tonelaje mínimo y condiciones de suministro previo acuerdo.

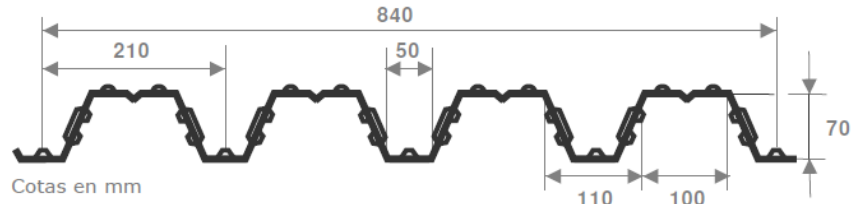
* Minimum order: for the S235 JR grade cf. delivery conditions page 8; for any other grade 40t or upon agreement.
* Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.

* Ordine minimo: Per la qualità S235 JR vedere le condizioni di fornitura a pagina 8; per qualunque altra qualità: 40t o da concordare.
* Tonnellaggio minimo e condizioni di fornitura da concordare.



FORJADO COLABORANTE INCO 70.4 COLABORANTE

DIMENSIONES



VALORES EFICACES DEL PERFIL

Espesor (mm)		Peso	M. Inercia Bruto, I_o	M. Inercia Eficaz, I_{eff+}	M. Inercia Eficaz, I_{eff-}	M. Resistente Positivos, W_{eff+}	Modulo Resistente Positivos, W_{eff-}
		(kg/m ²)	(mm ⁴ / m)	(mm ⁴ / m)	(mm ⁴ / m)	(mm ³ / m)	(mm ³ / m)
0,75		8,71	800.578	780.682	648.009	12.627	15.672
1,00		11,61	1.067.438	1.038.647	861.720	23.588	26.593
1,20		13,93	1.280.925	1.316.341	1.040.382	33.280	33.400

VALORES EFICACES DEL FORJADO

	Peso del Forjado (kp/m ²)					
	Canto del Forjado (cm)					
	12	14	16	18	20	21
0,75	193	241	289	337	385	449
1,00	196	244	292	340	388	452
1,20	198	246	294	342	390	454

Densidad del Hormigón: 2400 kp/m³

Volumetría del hormigón e Inercia de las Losas

Canto del Forjado (cm)	Volumen Hormigón (m ³ / m ² de losa)		Inercia Bruta (cm ⁴ / m)
12	0,077	6.917	
14	0,097	11.042	
16	0,117	16.313	
18	0,137	22.981	
20	0,157	31.256	
21	0,167	36.064	

MATERIALES

Características del Perfil:

Limite Elástico > 320 N/mm²

Limite de Rotura = (370, 480) N/mm²
Alargamiento de Rotura Min. 25%

Material Base Calidad S320GD

Mod. de Elasticidad = $2,1 \times 10^6$ daN/cm²
Protección: Galvanizados \geq Z-200

Características del Hormigón:

Tipo C-25; $f_{ck} = 25$ N/mm²; $f_{ctk} = 1,8$ N/mm²
Modulo de Elasticidad = 20314,4 daN/cm²

Tamaño del Arido < máximo ($(0,4h_c), (b_o/3), (\text{tamiz C}, 31.5\text{mm})$)
 h_c = Espesor de la capa de compresión del hormigón; $b_o/3 = 26$ mm

Características del Acero de las armaduras:

Mallazo electrosoldado y redondos de acero de alta adherencia.
Limite Elástico = 500 N/mm²

ARMADURAS

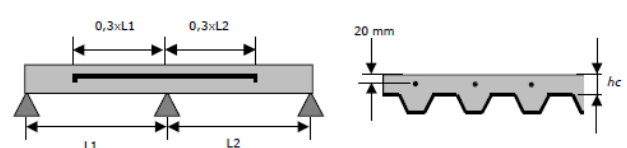
Armadura de Reparto: Malla electrosoldada de 150x150x5 mm

Armadura de negativos: Se sitúan redondos a 210mm de separación entre ellos y de diámetro según tabla. Las losas biapoyadas no necesitan negativos.

2 o más Vanos		Diámetro de los redondos				
		Canto del forjado (cm)				
		12	14	16	18	20
0,75	8	10	12	14	16	16
1,00	10	12	12	14	16	16
1,20	10	12	14	14	16	16

Unidades en mm

Detalle colocación de armaduras





Estructura Delta

VIGUETAS

VI 18

VI 20

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo		VI 18	VI 20
Peso	kN/m (kp/m)	0.27 (27)	0.31 (31)
Mmáx.	mkN	7.98	9.96
Long. máxima	m	6.50	7.20
EF	min	30	

DETALLE SUJECIÓN VIGUETA

VIGUETAS TUBULARES

VT 20

VT 25

VT 30

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

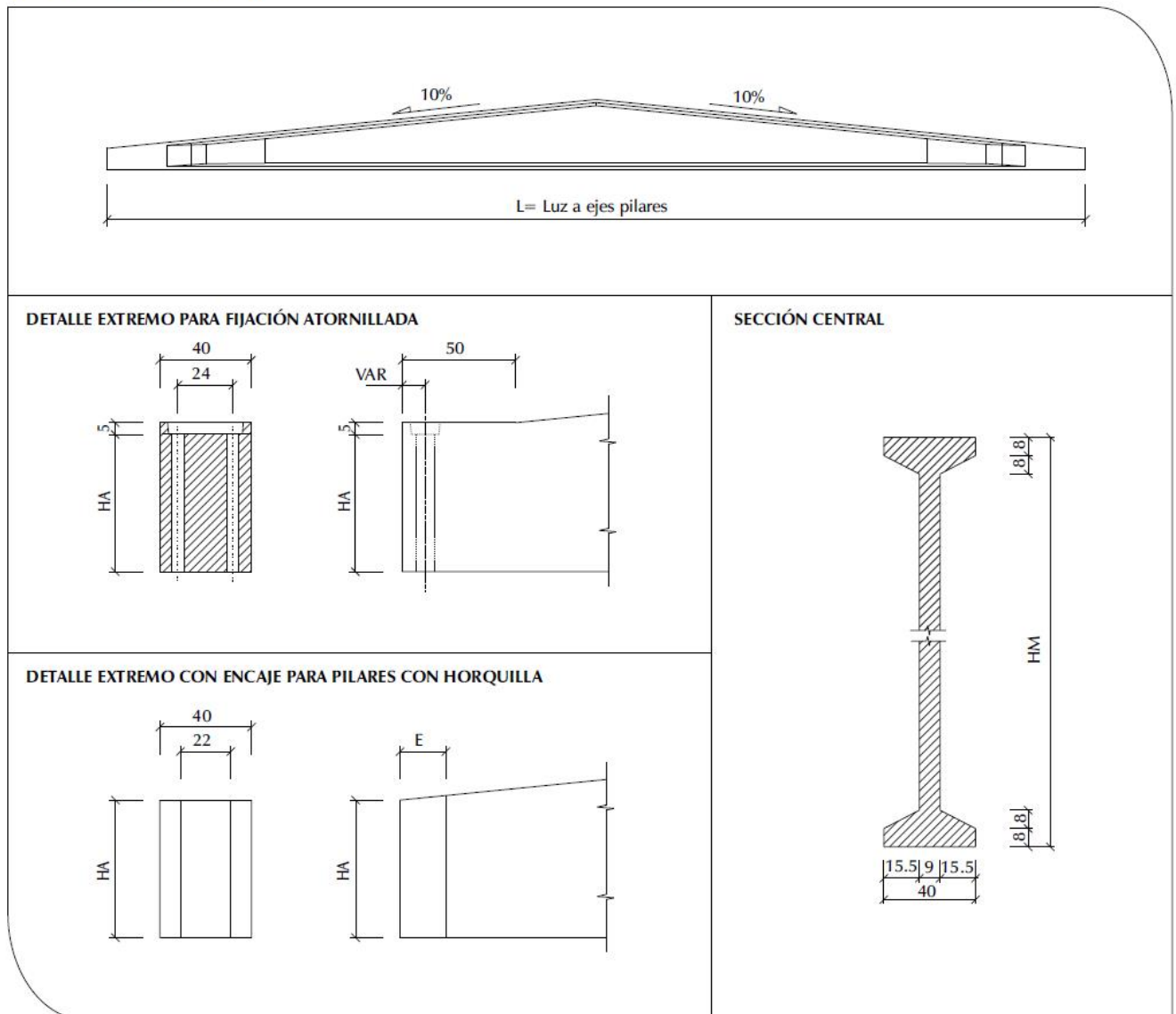
Modelo		VT 20	VT 25	VT 30
Peso	kN/m (kp/m)	0.64 (64)	0.74 (74)	0.84 (84)
Mmáx.	mkN	16.40	25.93	36.93
Long. máxima	m	8.10	10.10	12.00
EF	min	30		

DETALLE SUJECIÓN VIGUETA TUBULAR



Estructura Delta

DELTA 2 - PRETENSADA



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS D2

Luz a eje pilares L	m	16	18	20	22	24
Altura en apoyo HA	cm	60				
Altura máxima HM	cm	140	150	160	170	180
Carga útil máxima	kN/m (Kp/m)	33 (3300)	27 (2700)	24 (2400)	21 (2100)	18 (1800)
Peso	T	6.97	8.00	9.07	10.18	11.34
EF	min	60				

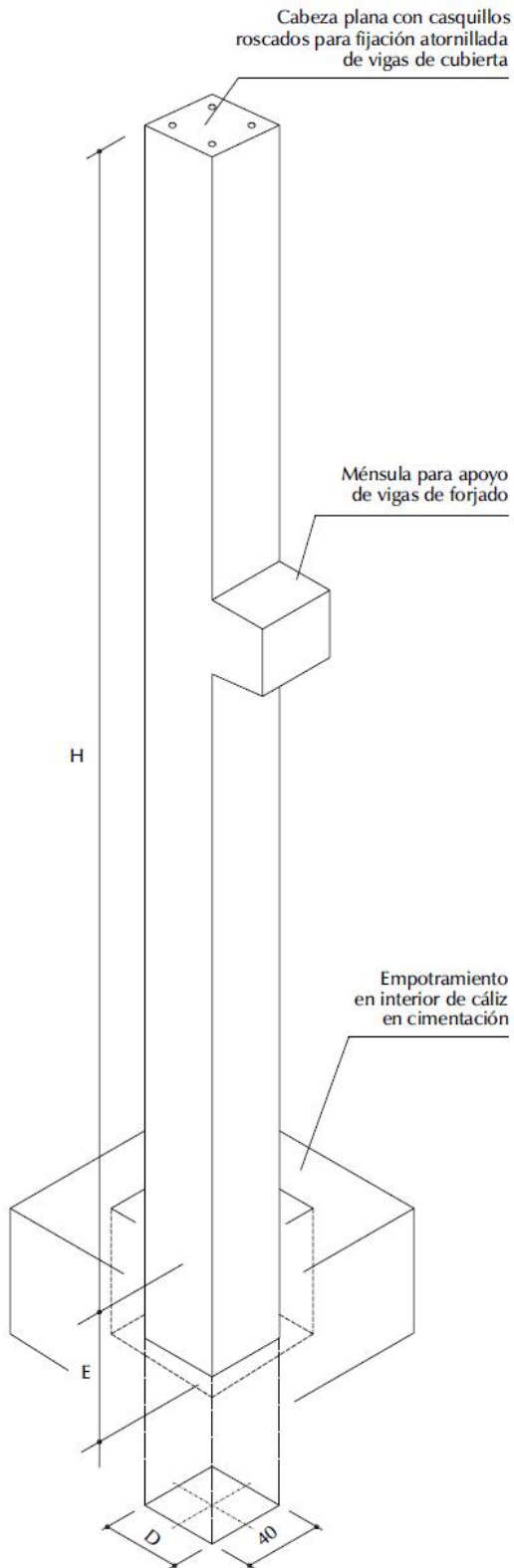
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS D2

Luz a eje pilares L	m	15	17	19	21	23
Altura en apoyo HA	cm	65				
Altura máxima HM	cm	140	150	160	170	180
Carga útil máxima	kN/m (Kp/m)	39 (3900)	33 (3300)	27 (2700)	24 (2400)	21 (2100)
Peso	T	6.64	7.66	8.73	9.84	11.00
EF	min	60				





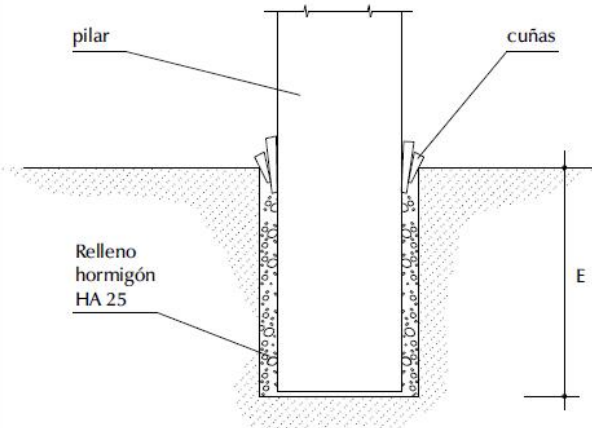
PILARES



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PILARES ESTANDAR

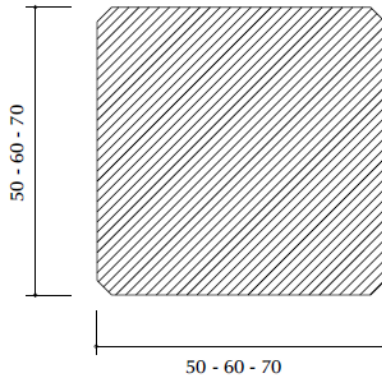
Modelo		EP 44	EP 54	EP 64
Altura normalizada	m	8	10	12
E	cm	60	80	90
D	cm	40	50	60
Peso	kN/m (Kp/m)	4 (400)	5 (500)	6 (600)
EF	min	120		

DETALLE EMPOTRAMIENTO EN CÁLIZ





PILARES DE SECCIÓN ESPECIAL

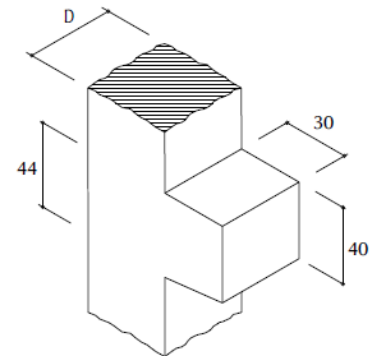


	50	60	70
Altura máx.	según cálculo		
Empotramiento	1,5 x lado mayor		
EF min	120		

MÉNSULAS

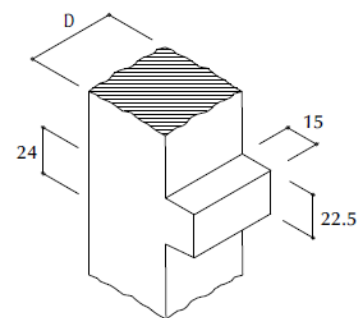
TIPO A - NORMAL

D		ME 40A	ME 50A	ME 60A
Carga útil máx.	T	54	64.80	75.60
EF	min	120		



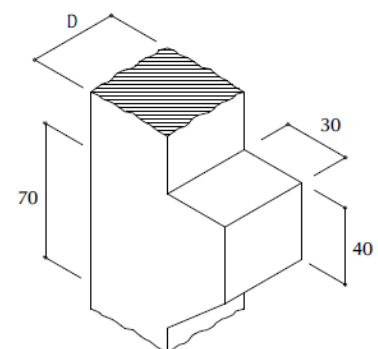
TIPO B - PARA JÁCENAS JI 50 Y JI 60

D		ME 40B	ME 50B	ME 60B
Carga útil máx.	T	34,5	41,5	48,4
EF	min	120		



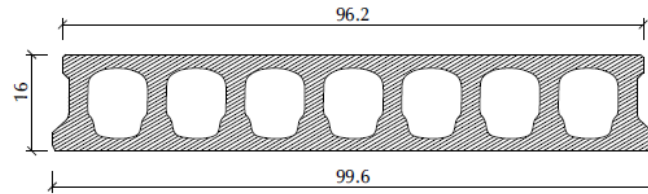
TIPO D - PARA GRANDES CARGAS

D		ME 40D	ME 50D	ME 60D
Carga útil máx.	T	79,2	95	125,6
EF	min	120		

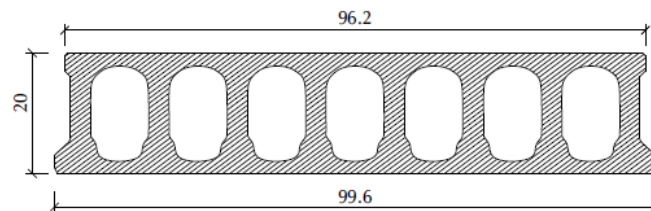


**PLACA ALVEOLAR - ANCHURA 1M****FA 16**

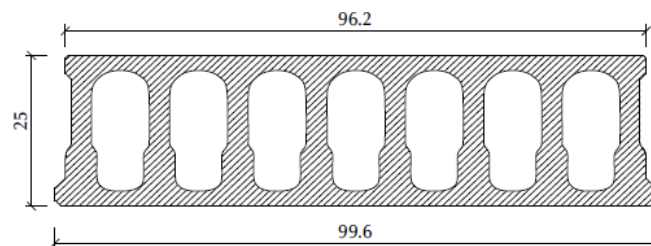
Peso: 2,35 kN/m²
(235 Kp/m²)

**FA 20**

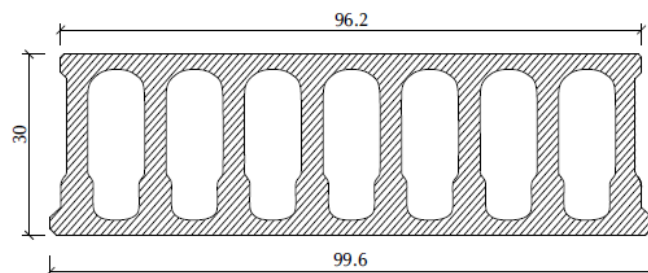
Peso: 2,74 kN/m²
(274 Kp/m²)

**FA 25**

Peso: 3,40 kN/m²
(340 Kp/m²)

**FA 30**

Peso: 3,84 kN/m²
(384 Kp/m²)






Estructuras para forjados


PLACA ALVEOLAR - ANCHURA 1M

LONGITUDES MÁXIMAS EN METROS SEGÚN TIPO Y CARGA ÚTIL

Modelo	Tipo armado	EF min	CAPA DE COMPRESIÓN (HA 2.5)															
			Sin		5 cm										10 cm			
			1.5 (150)	2 (200)	CARGA ÚTIL kN/m ² (kp/m ²) (Excluido peso propio y capa de compresión)										15 (1500)	17.5 (1750)	20 (2000)	25 (2500)
FA 16	T1	90	4,85	4,75	4,75	4,65	4,60	4,43	4,22	4,04	3,88	3,73	3,44	3,53	3,33	3,16	2,88	2,67
FA 16	T2	90	5,85	5,70	5,65	5,60	5,50	5,38	5,13	4,91	4,71	4,54	4,17	4,32	4,07	3,86	3,53	3,27
FA 16	T3	90	6,65	6,45	6,40	6,35	6,25	6,11	5,82	5,57	5,34	5,15	4,73	4,93	4,65	4,41	4,02	3,58
FA 16	T4	90	7,35	7,10	7,05	7,00	6,90	6,67	6,35	6,07	5,83	5,62	5,17	5,45	5,14	4,87	4,17	3,58
FA 16	T5	90	7,95	7,70	7,65	7,55	7,50	7,13	6,79	6,50	6,24	6,01	5,53	5,85	5,52	5,00	4,17	3,58
FA 16	T6	90	8,70	8,35	8,45	8,35	8,06	7,64	7,28	6,96	6,68	6,44	5,92	6,25	5,56	5,00	4,17	3,58
FA 16	T7	90	9,10	8,70	8,95	8,75	8,48	8,03	7,65	7,32	7,03	6,77	5,94	6,25	5,56	5,00	4,17	3,58
FA 16	T8	90	9,40	9,00	9,30	9,05	8,86	8,40	8,00	7,65	7,35	7,02	5,94	6,25	5,56	5,00	4,17	3,58
FA 16	T9	90	--	--	--	--	--	8,60	8,21	7,86	7,54	7,02	5,94	6,25	5,56	5,00	4,17	3,58
FA 20	T1	90	5,70	5,60	5,50	5,35	5,08	4,83	4,61	4,42	4,25	4,10	3,78	3,81	3,60	3,42	3,12	2,89
FA 20	T2	90	6,85	6,65	6,55	6,45	6,20	5,89	5,62	5,38	5,18	4,99	4,60	4,65	4,39	4,17	3,81	3,53
FA 20	T3	90	7,75	7,55	7,45	7,35	7,07	6,72	6,41	6,15	5,91	5,70	5,26	5,33	5,04	4,78	4,37	4,05
FA 20	T4	90	8,55	8,30	8,25	8,15	7,80	7,41	7,07	6,78	6,52	6,29	5,80	5,91	5,58	5,30	4,85	4,49
FA 20	T5	90	9,25	9,00	8,90	8,80	8,38	7,96	7,60	7,28	7,00	6,75	6,22	6,40	6,04	5,74	5,25	4,52
FA 20	T6	90	10,15	9,85	9,80	9,53	9,00	8,55	8,16	7,82	7,52	7,25	6,68	6,88	6,50	6,17	5,26	4,52
FA 20	T7	90	10,70	10,30	10,40	10,11	9,55	9,07	8,65	8,29	7,97	7,69	7,09	7,30	6,89	6,29	5,26	4,52
FA 20	T8	90	11,15	10,70	10,35	10,10	9,85	9,43	9,00	8,63	8,29	8,00	7,38	7,61	6,98	6,29	5,26	4,52
FA 20	T9	90	11,15	10,75	10,65	10,40	10,15	9,83	9,39	8,99	8,65	8,34	7,69	7,83	6,98	6,29	5,26	4,52
FA 25	T1	90	8,35	8,20	8,10	7,95	7,67	7,31	7,00	6,72	6,48	6,25	5,79	5,77	5,46	5,19	4,75	4,41
FA 25	T2	90	9,45	9,25	9,15	9,05	9,01	8,59	8,22	7,90	7,61	7,35	6,80	6,84	6,46	6,15	5,63	5,23
FA 25	T3	90	10,50	10,30	10,20	10,10	9,74	9,28	8,89	8,53	8,22	7,94	7,35	7,42	7,02	6,67	6,12	5,49
FA 25	T4	90	11,45	11,20	11,10	10,95	10,39	9,90	9,48	9,10	8,77	8,47	7,84	7,90	7,47	7,11	6,37	5,49
FA 25	T5	120	11,85	11,60	11,55	11,42	10,83	10,32	9,88	9,49	9,14	8,83	8,17	8,24	7,80	7,41	6,37	5,49
FA 25	T6	120	12,45	12,05	12,10	11,80	11,32	10,79	10,33	9,92	9,55	9,23	8,54	8,63	8,16	7,59	6,37	5,49
FA 30	T1	120	9,95	9,75	9,65	9,45	9,20	9,00	8,80	8,61	8,31	8,03	7,45	7,36	6,96	6,63	6,08	5,65
FA 30	T2	120	10,65	10,45	10,35	10,15	9,95	9,70	9,45	9,24	8,91	8,61	7,99	7,93	7,51	7,15	6,56	6,10
FA 30	T3	120	11,25	11,05	10,95	10,85	10,60	10,35	10,10	9,77	9,42	9,11	8,45	8,39	7,95	7,56	6,94	6,45
FA 30	T4	120	12,20	11,95	11,90	11,76	11,45	11,15	10,73	10,32	9,95	9,63	8,93	8,88	8,41	8,00	7,34	6,57
FA 30	T5	120	12,50	12,50	12,40	12,30	12,00	11,65	11,17	10,74	10,36	10,02	9,29	9,24	8,75	8,33	7,61	6,57

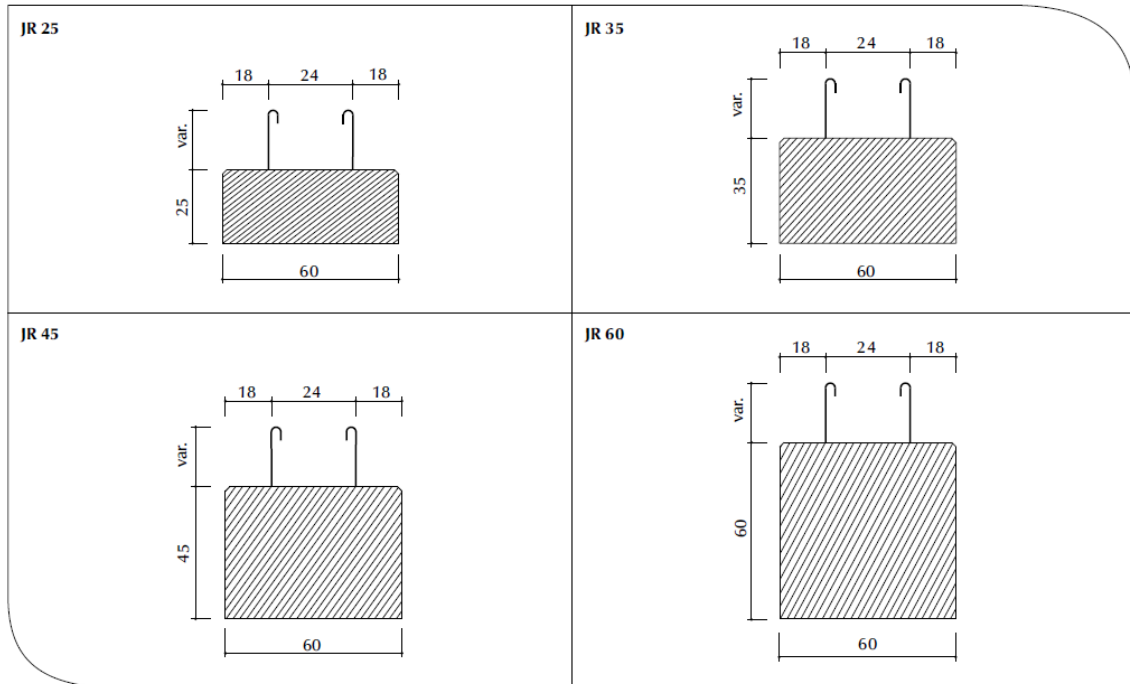
NOTA: Cuando la carga permanente sea mayor que 1/3 de la carga útil indicada, debe comprobarse la flecha, especialmente para cargas útiles de 6 kN/m² (600 Kp/m²) o inferiores.

 ZONA SOMBREADA: Se excede el límite de 35 cantos. Hay peligro de vibraciones molestas para el usuario. No es recomendable para forjados normalmente transitables, a pie o en vehículo.

 ZONA LIMITADA POR CORTANTE



JÁCENAS SERIE JR - DIMENSIONES

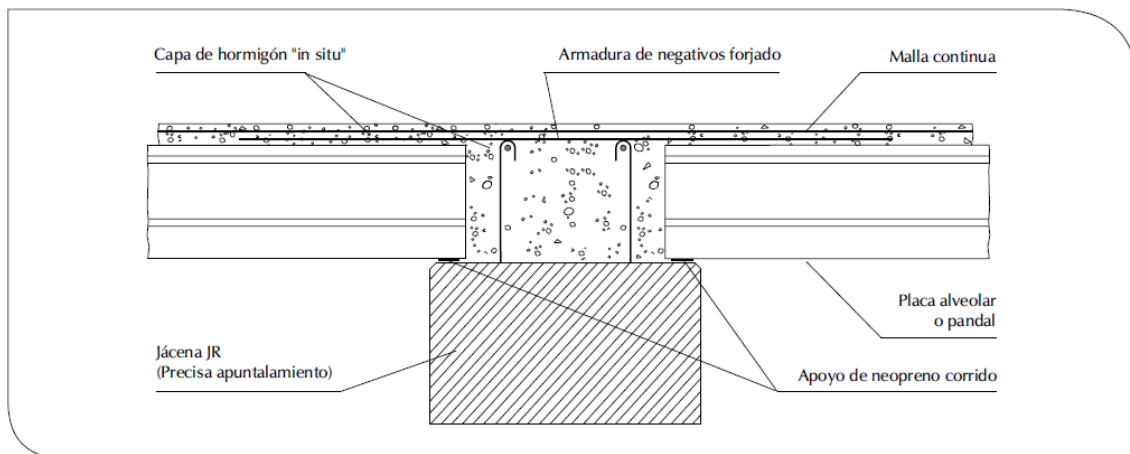


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Viga modelo		JR 25	JR 35	JR 45	JR 60
Peso	kN/m	3,75	5,25	6,75	9,0
	(Kp/m)	(375)	(525)	(675)	(900)
Momento máx. c.c. 5 cm.	MKN	300	550	750	1350
	(mT)	(30)	(55)	(75)	(135)
Momento máx. c.c. 10 cm.	mKN	450	850	1100	1650
	(mT)	(45)	(85)	(110)	(165)
EF	min	90 (*)			

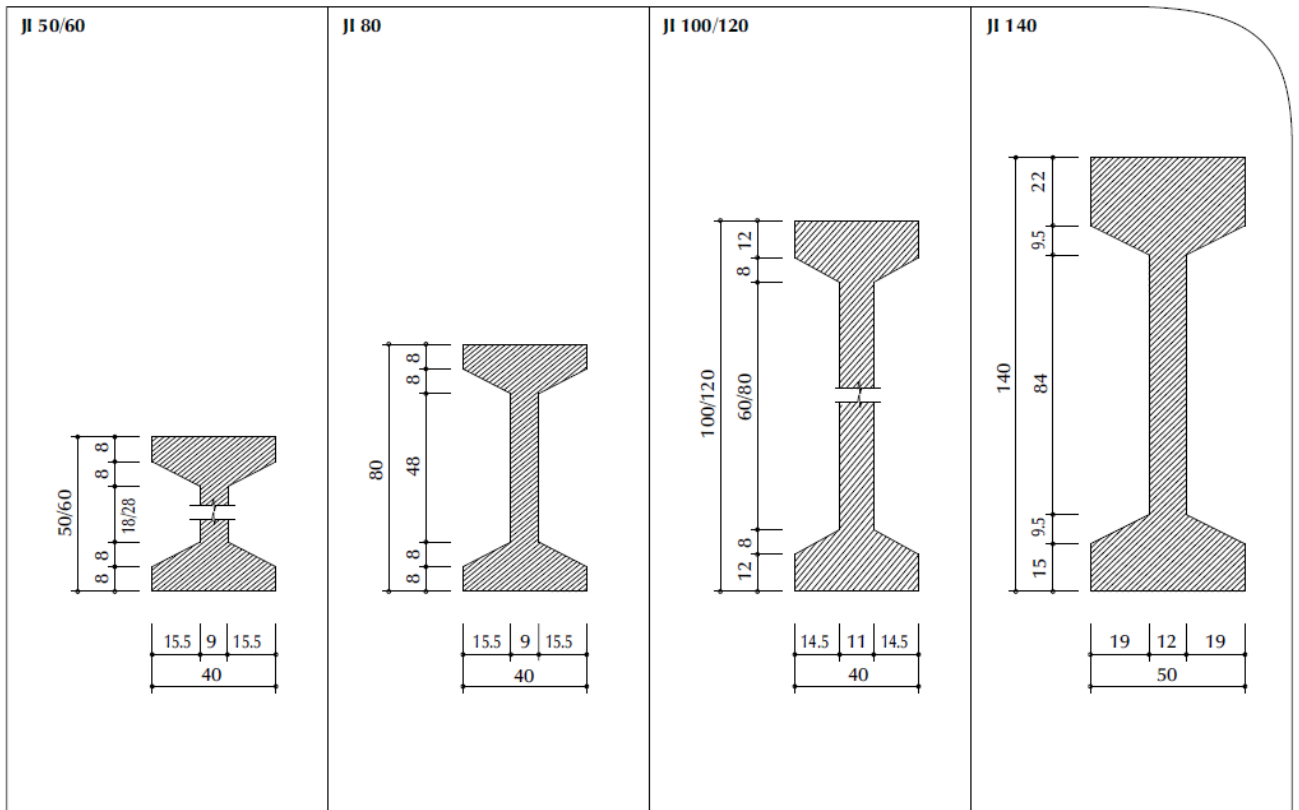
(*) en forjados de sotano EF 120 con reducción de Mu

JÁCENAS JR Y PLACA ALVEOLAR O PANDAL





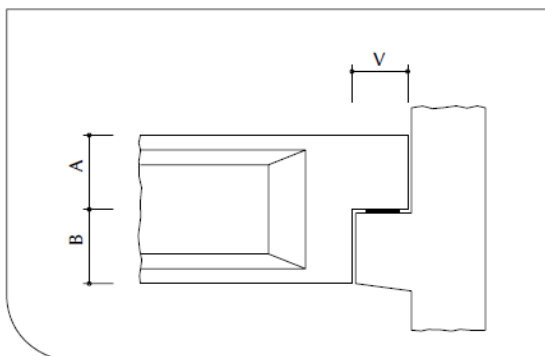
JÁCENAS SERIE I - DIMENSIONES



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo		JI 50	JI 60	JI 80	JI 100	JI 120	JI 140
Peso	kN/m	3	3.2	3.7	5.1	5.6	8.6
	(Kp/m)	(300)	(320)	(370)	(510)	(560)	(860)
Peso ambos extremos	kN	4	5.6	13	14.8	19.1	26.6
	(Kp)	(400)	(560)	(1300)	(1480)	(1910)	(2660)
Momento máximo	mxkN	336	454	694	1194	1603	3176
EF	min	60	60	60	60	60	90

APOYO DE VIGAS A MEDIA MADERA

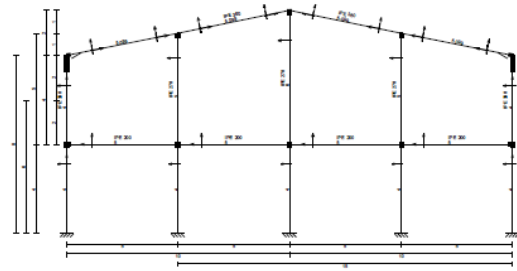


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

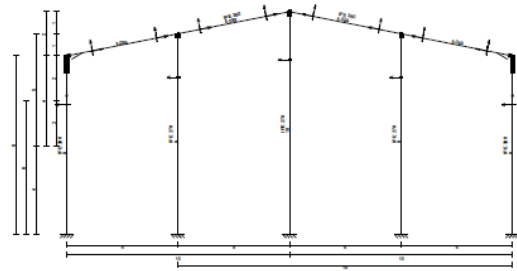
Viga modelo	JI 50	JI 60	JI 80	JI 100	JI 120	JI 140
A	25	35	40	60	80	100
B	25	25	40	40	40	40
V	15	15	30	30	30	30

Nave de acero_V0
 Nave base de acero
 Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
 Acero laminado: S275
 Escala: 1:300

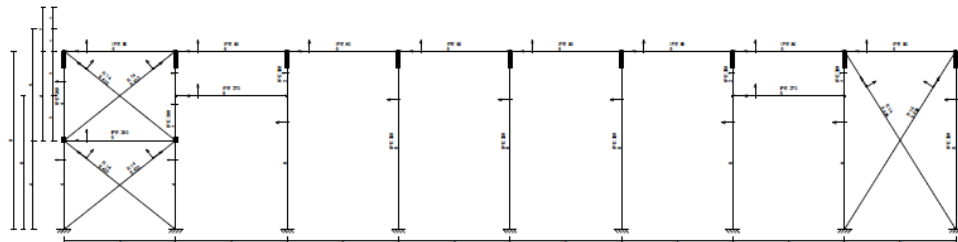
2D: Frontal



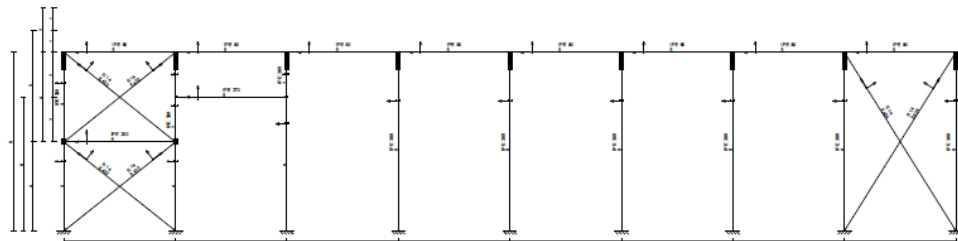
2D: Trasera



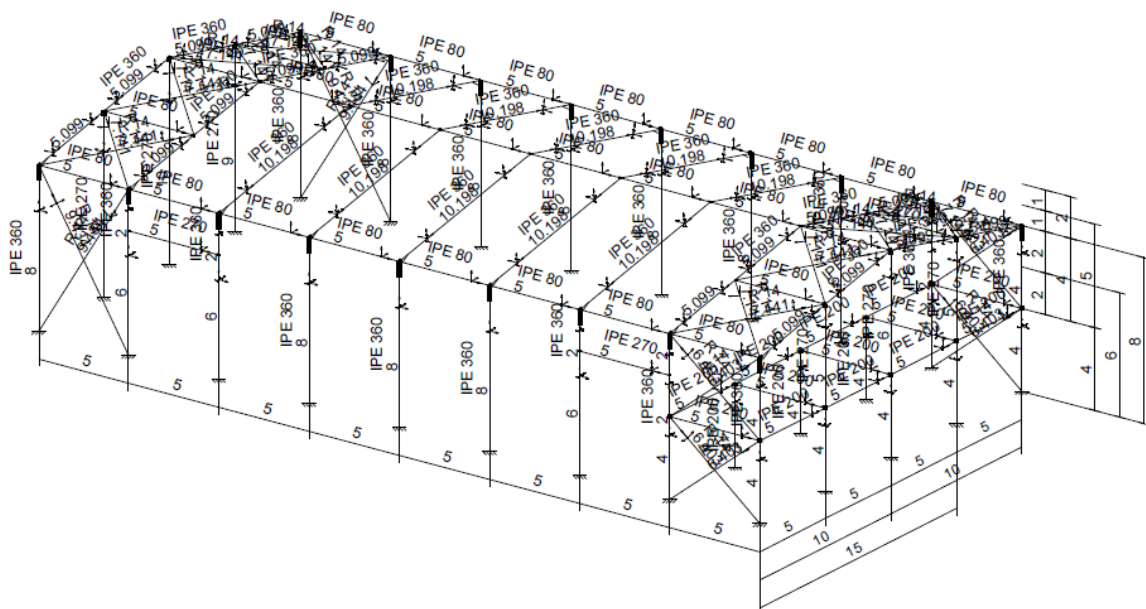
2D: Lateral izquierdo



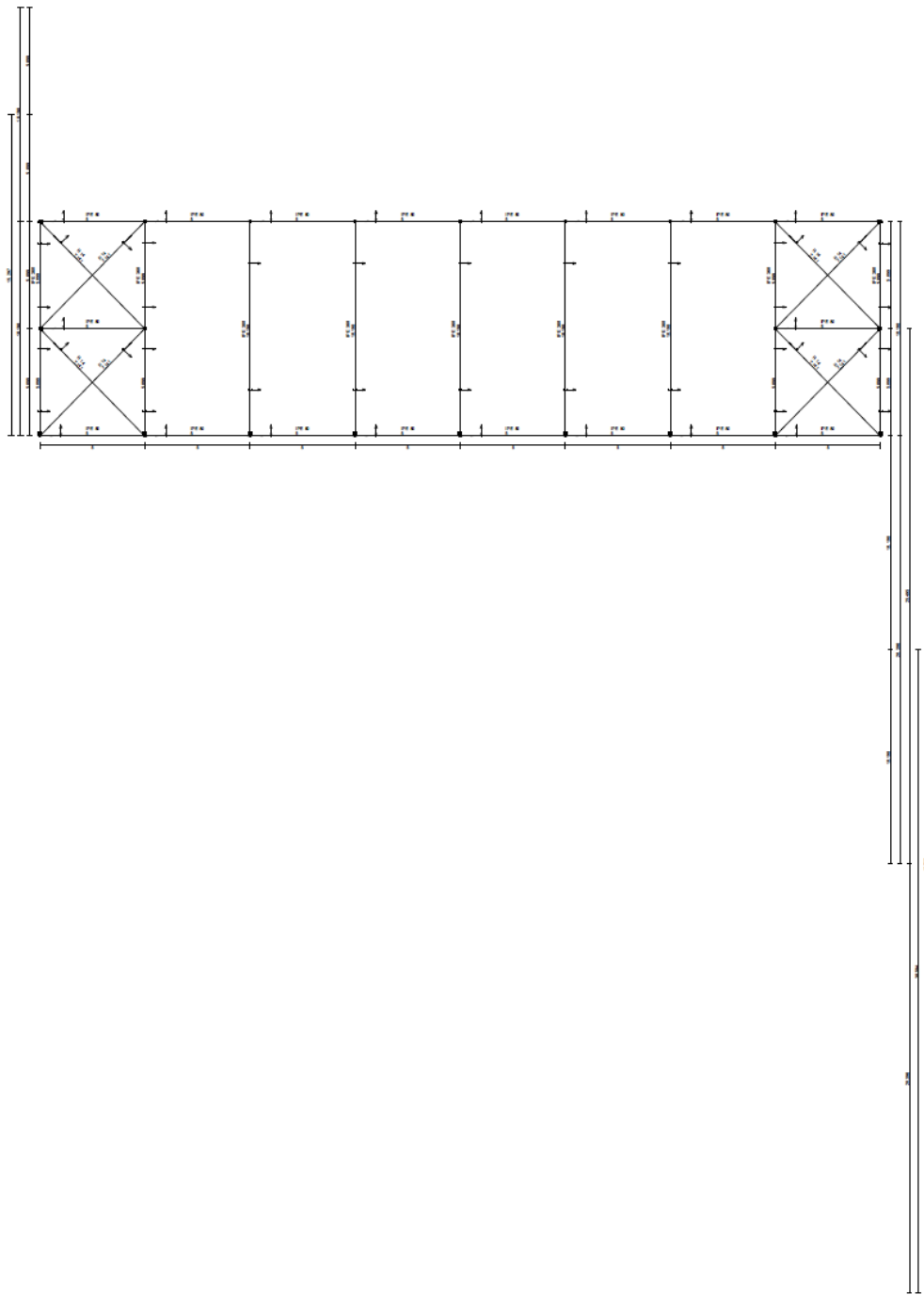
2D: Lateral derecho



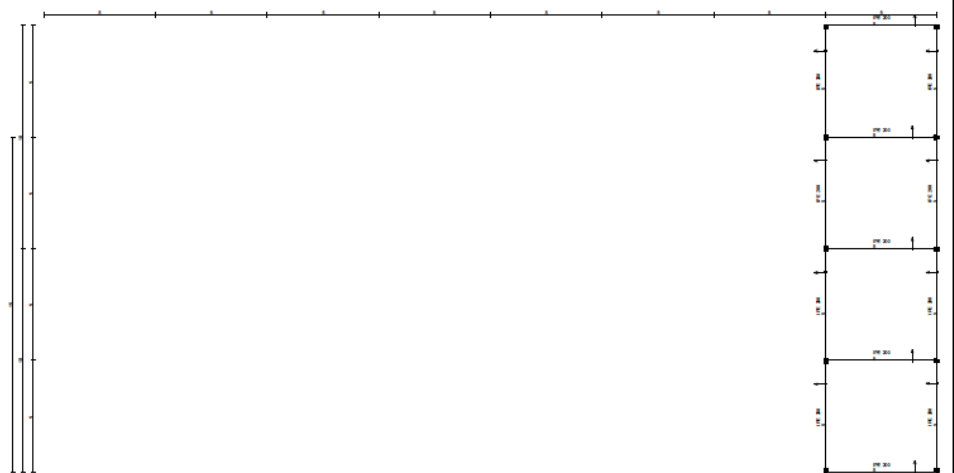
3D



2D: Cubierta izquierda

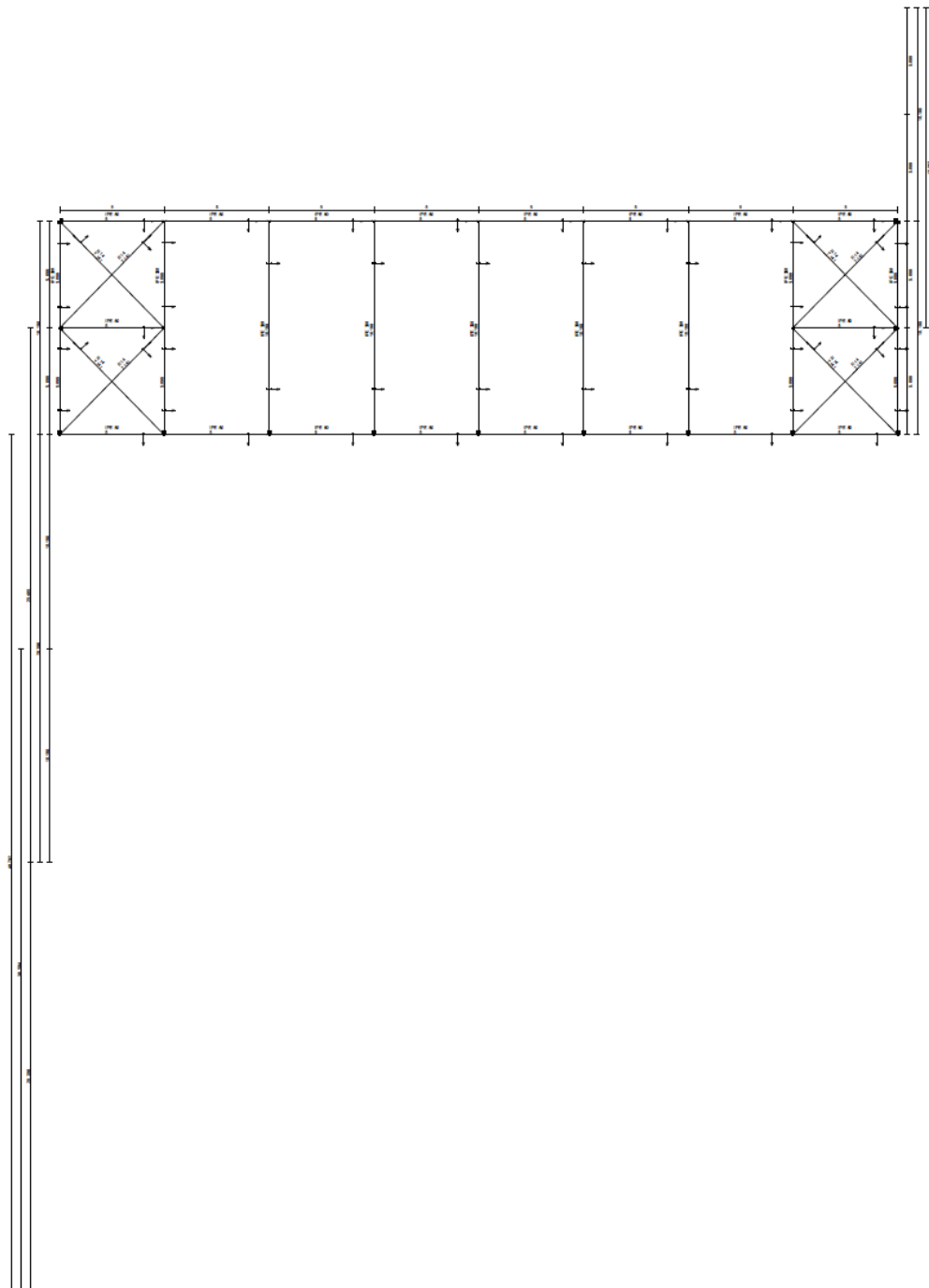


2D: Forjado

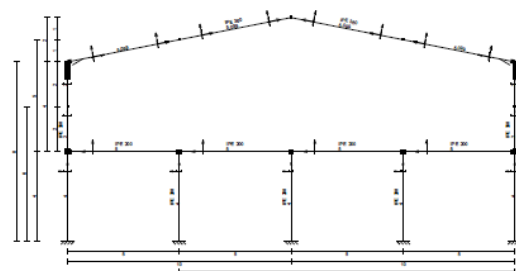


Nave de acero_V0
Nave base de acero
Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275
Escala: 1:300

2D: Cubierta derecha

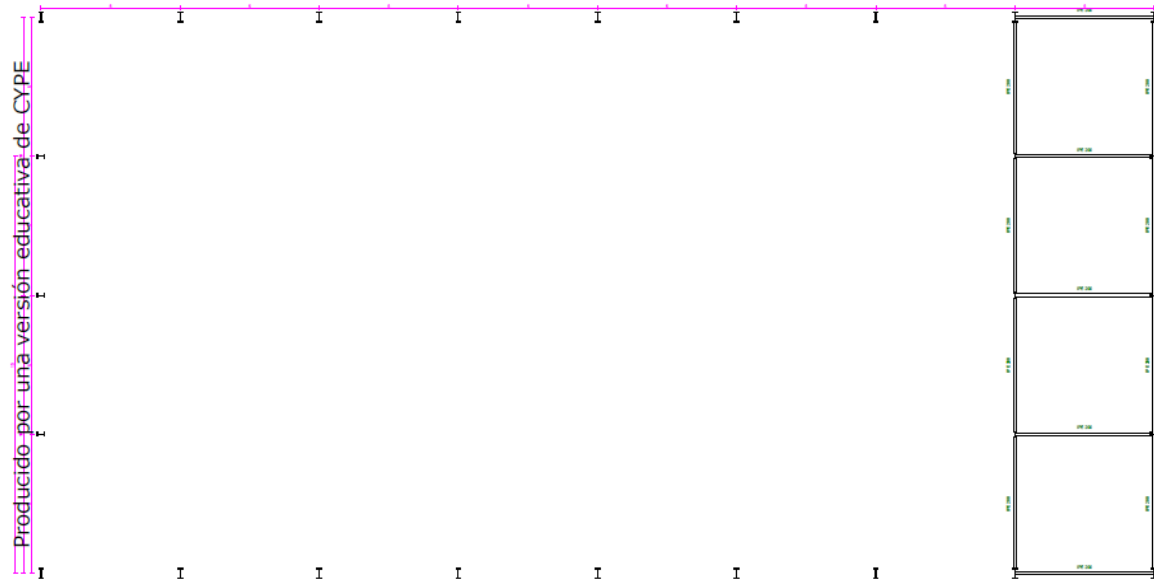


2D: Pórtico 1



Nave de acero_V0
 Nave base de acero
 Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
 Acero laminado: S275
 Escala: 1:300

2D: Forjado

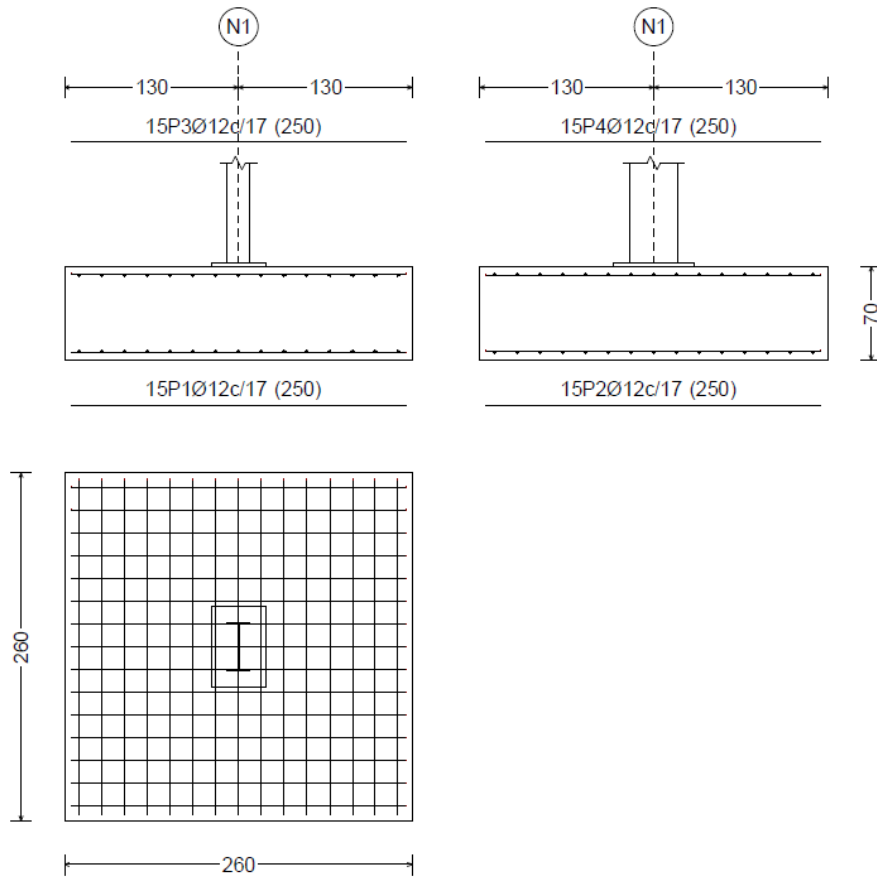


Producido por una versión educativa de CYPE

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N1=N3=N56=N58=N59	1	Ø12	15	250	3750	33.3
	2	Ø12	15	250	3750	33.3
	3	Ø12	15	250	3750	33.3
	4	Ø12	15	250	3750	33.3
					Total+10%: (x5):	148.5
					Ø12:	732.5
					Total:	732.5

Nave de acero_V0
Nave base de acero
Escala: 1:175

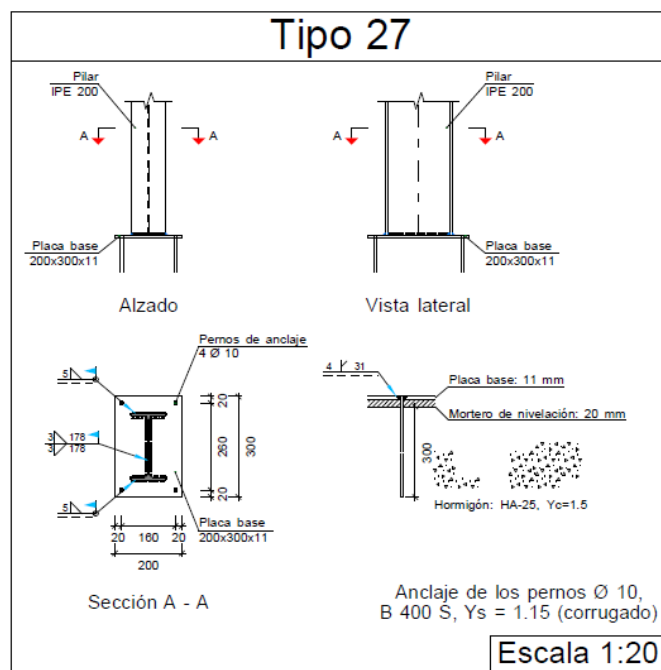
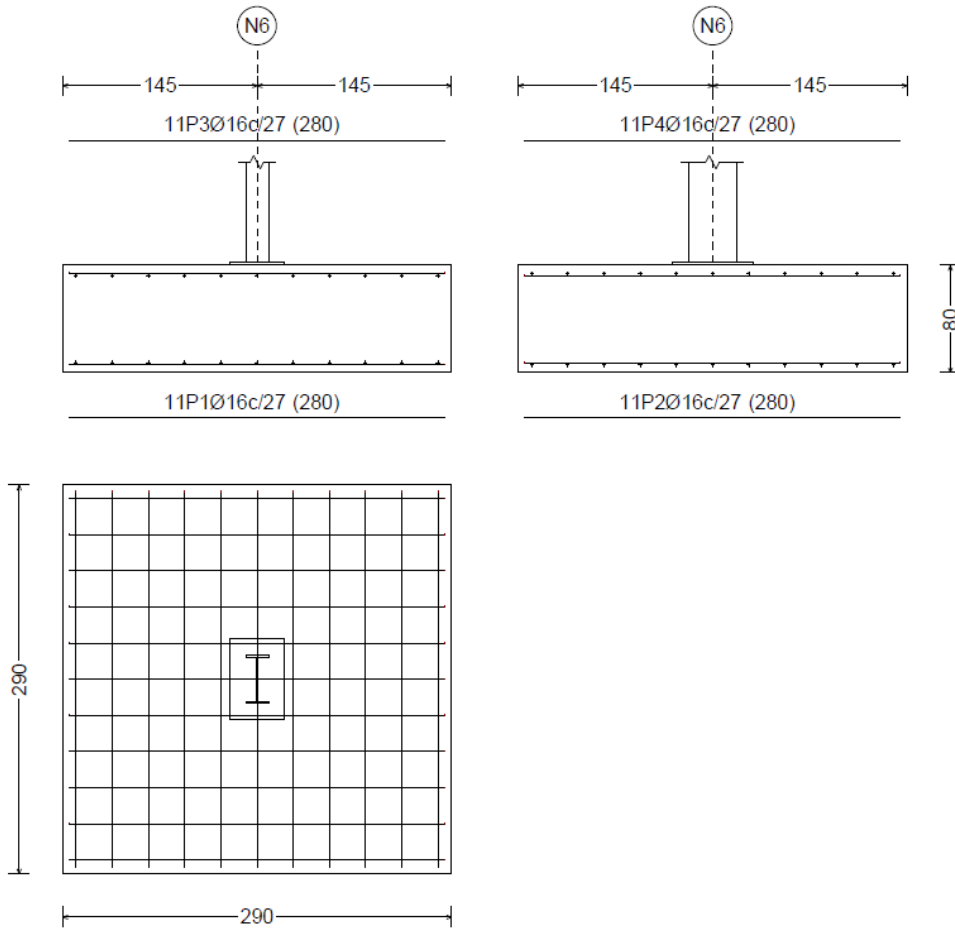
N1, N3, N56, N58 y N59

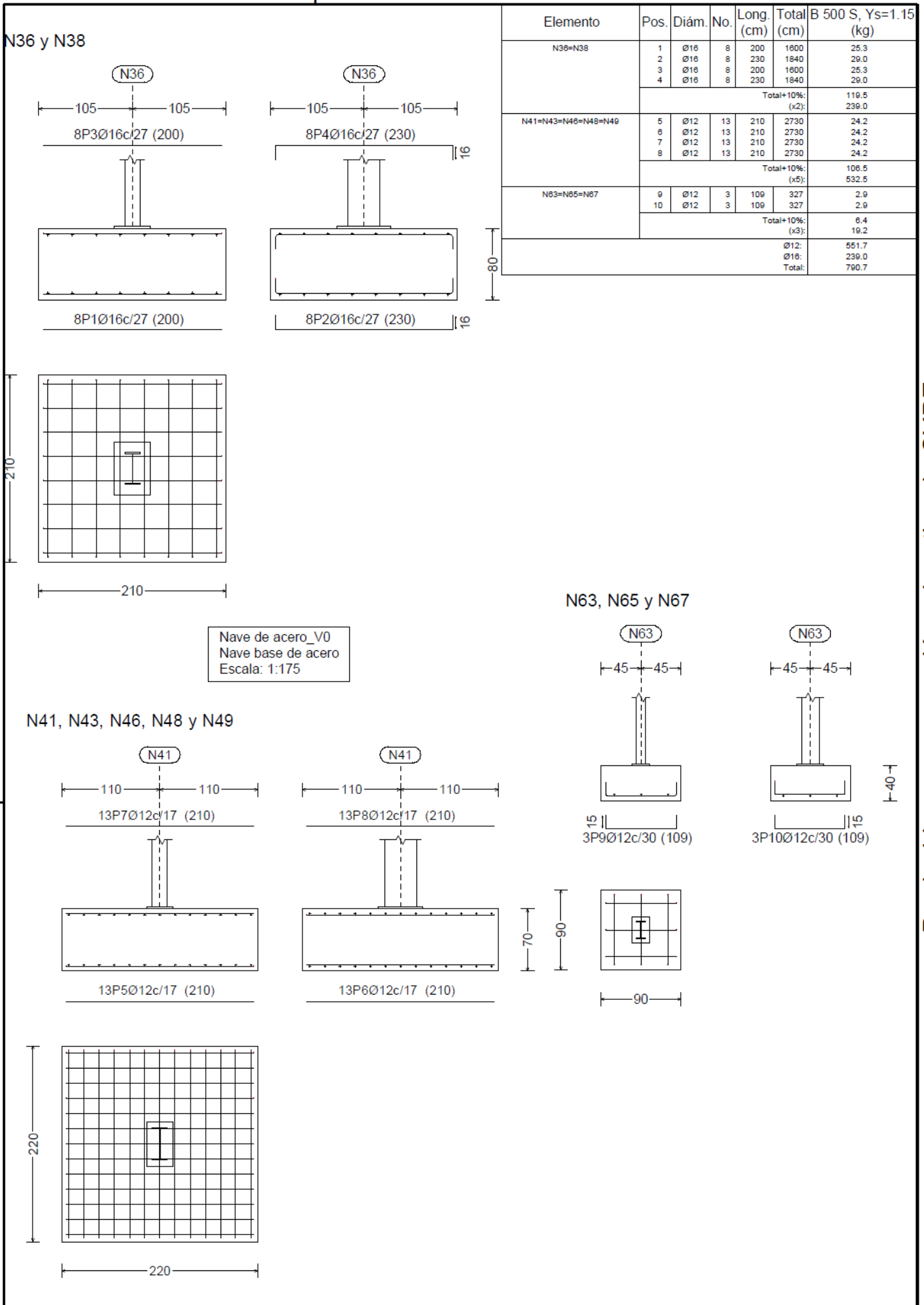


Nave de acero_V0
Nave base de acero
Escala: 1:175

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
N6=N8=N11=N13=N16=N18 N21=N23=N26=N28=N31=N33	1	Ø16	11	280	3080	48.6
	2	Ø16	11	280	3080	48.6
	3	Ø16	11	280	3080	48.6
	4	Ø16	11	280	3080	48.6
					Total+10%: (x12):	213.8 2565.6
					Ø16:	2565.6
					Total:	2565.6

N6, N8, N11, N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31 y N33



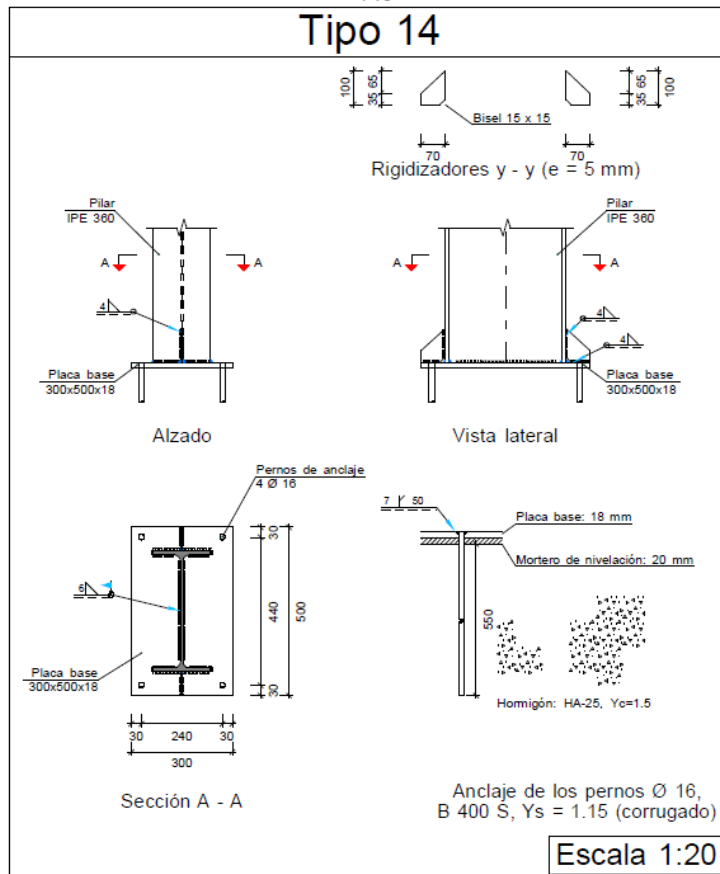
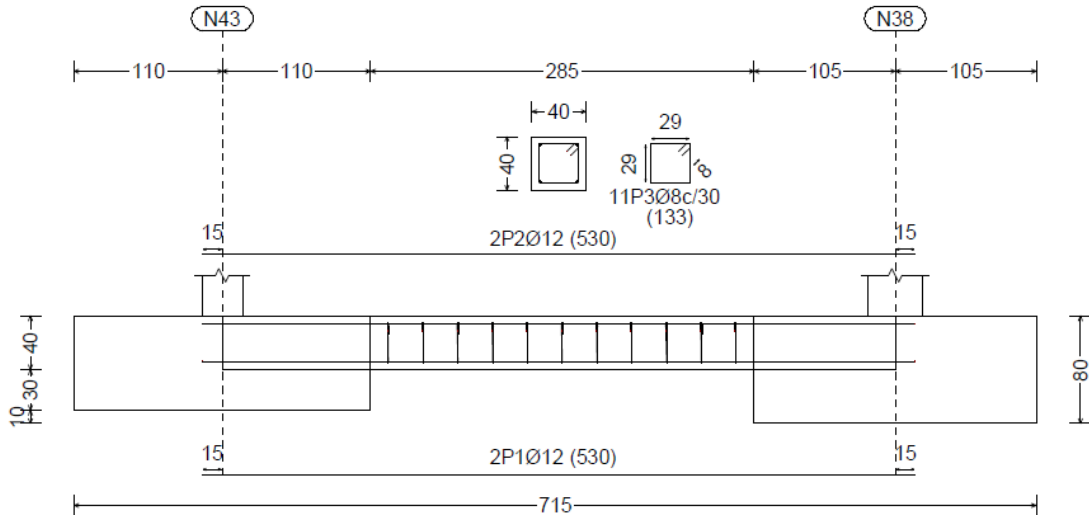


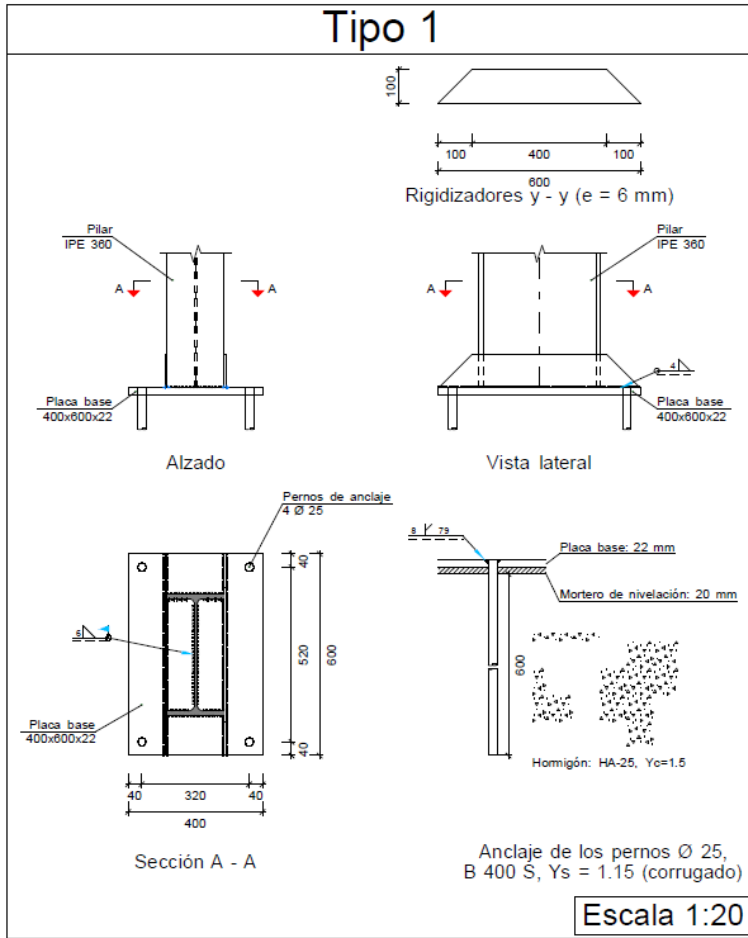
Nave de acero_V0
Nave base de acero
Escala: 1:175

Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N1 y N3	4 Pernos Ø 25	Placa base (400x600x22)
N6, N8, N11, N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31, N33, N36 y N38	6 Pernos Ø 20	Placa base (400x600x22)
N41 y N43	4 Pernos Ø 16	Placa base (300x500x18)
N46, N48, N49, N56, N58 y N59	6 Pernos Ø 20	Placa base (350x500x18)
N63, N65 y N67	4 Pernos Ø 10	Placa base (200x300x11)

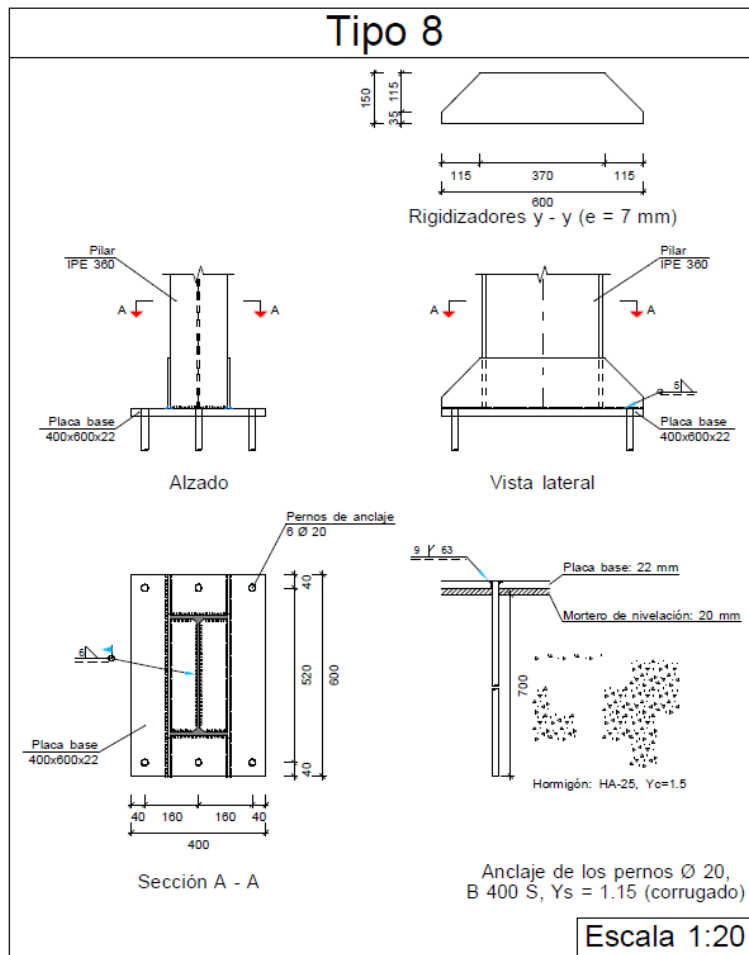
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
C.1 [N43-N38]=C.1 [N6-N1]	1	Ø12	2	530	1060	9.4
C.1 [N33-N28]=C.1 [N49-N41]	2	Ø12	2	530	1060	9.4
C.1 [N8-N3]=C.1 [N41-N36]	3	Ø8	11	133	1463	5.8
C.1 [N67-N36]=C.1 [N63-N46]						
C.1 [N11-N6]=C.1 [N36-N31]						
C.1 [N48-N46]=C.1 [N67-N65]						
C.1 [N23-N18]=C.1 [N13-N8]						
C.1 [N58-N56]=C.1 [N49-N48]						
C.1 [N56-N3]=C.1 [N18-N13]						
C.1 [N65-N63]=C.1 [N16-N11]						
C.1 [N38-N33]=C.1 [N21-N16]						
C.1 [N65-N48]=C.1 [N67-N49]						
C.1 [N26-N21]=C.1 [N46-N43]						
C.1 [N59-N58]=C.1 [N31-N26]						
C.1 [N63-N38]=C.1 [N59-N1]						
C.1 [N28-N23]						
					Total+10%:	27.1
					(x31):	840.1
					Ø8:	198.4
					Ø12:	641.7
					Total:	840.1

C.1 [N43-N38], C.1 [N6-N1], C.1 [N33-N28], C.1 [N49-N41], C.1 [N8-N3], C.1 [N41-N36], C.1 [N67-N36], C.1 [N63-N46], C.1 [N11-N6], C.1 [N36-N31], C.1 [N48-N46], C.1 [N67-N65], C.1 [N23-N18], C.1 [N13-N8], C.1 [N58-N56], C.1 [N49-N48], C.1 [N56-N3], C.1 [N18-N13], C.1 [N65-N63], C.1 [N16-N11], C.1 [N38-N33], C.1 [N21-N16], C.1 [N65-N48], C.1 [N67-N49], C.1 [N26-N21], C.1 [N46-N43], C.1 [N59-N58], C.1 [N31-N26], C.1 [N63-N38], C.1 [N59-N1] y C.1 [N28-N23]

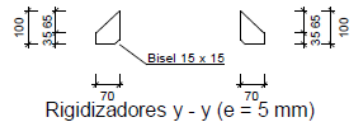




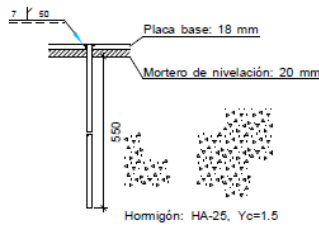
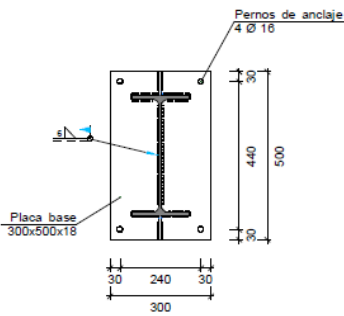
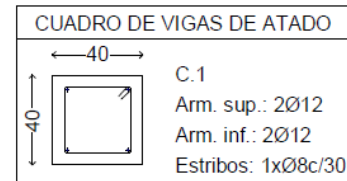
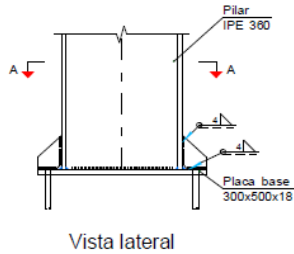
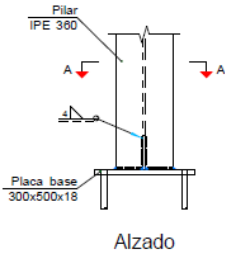
Nave de acero_V0
Nave base de acero
Escala: 1:175



Tipo 33



Nave de acero_V0
Nave base de acero
Escala: 1:175

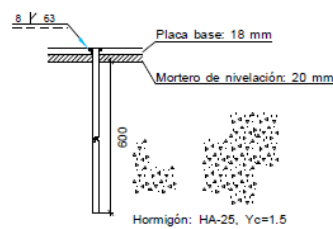
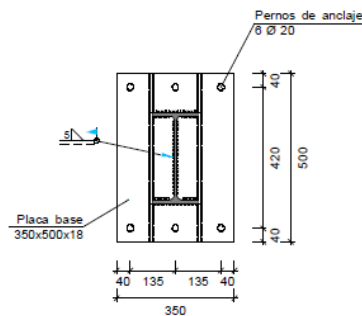
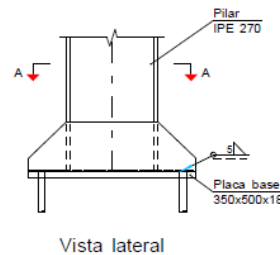
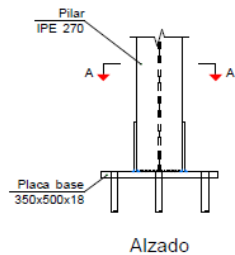
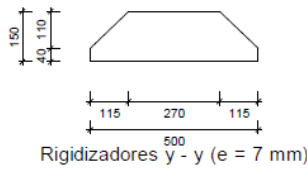


Anclaje de los pernos Ø 16, B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Escala 1:20

Resumen Acero Elemento, Viga y Placa de anclaje	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	Ø8	453.5	197
	Ø12	1972.8	1927
	Ø16	1616.0	2806
			4930

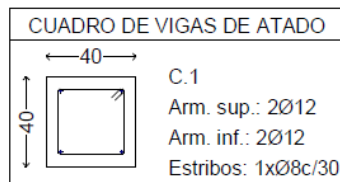
Tipo 19



Anclaje de los pernos Ø 20, B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Escala 1:20

Nave de acero_V0
 Nave base de acero
 Escala: 1:175



Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N1 y N3	4 Pernos Ø 25	Placa base (400x600x22)
N6, N8, N11, N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31, N33, N36 y N38	6 Pernos Ø 20	Placa base (400x600x22)
N41 y N43	4 Pernos Ø 16	Placa base (300x500x18)
N46, N48, N49, N56, N58 y N59	6 Pernos Ø 20	Placa base (350x500x18)
N63, N65 y N67	4 Pernos Ø 10	Placa base (200x300x11)

