Escuela Politécnica Superior de Jaén

Grado en Ingeniería Mecánica


**UNIVERSIDAD DE JAÉN**

*Escuela Politécnica Superior de Jaén*


Trabajo Fin de Grado

# PROYECTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UNA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIAL


**Alumno: Ezequiel Romero Díaz**

Tutor: Prof. D. Juan de Dios Carazo Álvarez

Dpto: Medios Continuos y Teoría de Estructuras


**Junio, 2018**

Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Medios Continuos y Teoría de Estructuras

# DOCUMENTO BÁSICO Nº 1. MEMORIA

# Índice

1. MEMORIA DESCRIPTIVA ..... 5
1.1. Agentes y objeto del proyecto ..... 5
1.2. Información previa ..... 5
1.2.1. Antecedentes y condicionantes de partida ..... 5
1.2.2. Emplazamiento. Entorno físico ..... 6
1.2.3. Normativa urbanística ..... 6
1.3. Descripción del proyecto ..... 7
1.3.1. Descripción general del edificio ..... 7
1.3.2. Programa de necesidades ..... 8
1.3.2.1. Zona de almacenamiento de bebidas ..... 9
1.3.2.2. Zona de locales del personal ..... 9
1.3.3. Uso característico del edificio ..... 10
1.3.4. Cumplimiento del CTE y otras normativas específicas ..... 10
1.3.5. Cumplimiento de la normativa urbanística. Ficha urbanística ..... 13
1.3.6. Descripción de la geometría del edificio. Cuadro de superficies ..... 14
1.3.7. Accesos y evacuación ..... 15
1.3.8. Descripción general sistema estructural ..... 17
1.3.8.1. Cimentación ..... 17
1.3.8.2. Estructura portante ..... 18
1.3.8.2.1. Entramado de cubierta. Correas ..... 18
1.3.8.2.2. Arriostramientos. Arriostramientos de cubierta ..... 18
1.3.8.2.3. Arriostramientos. Atado longitudinal ..... 19
1.3.8.2.4. Estructura portante. Pórticos de oficinas ..... 20
1.3.8.2.5. Estructura portante. Zancas de escalera ..... 20
1.3.8.2.6. Estructura portante. Placas de anclaje ..... 20
1.3.8.3. Estructura horizontal ..... 21
1.3.8.3.1. Estructura horizontal. Solera ..... 21
1.3.8.3.2. Estructura horizontal. Forjados ..... 22
1.3.9. Descripción general envolvente ..... 22
1.3.9.1. Material de cubierta ..... 22
1.3.9.2. Cerramientos nave ..... 23
1.3.10. Descripción general compartimentaciones ..... 26
1.3.10.1. Tabiquería ..... 26
1.3.10.2. Techos planta oficinas ..... 28

1.3.11. Descripción general acabados ..... 28
1.3.11.1. Revestimientos paredes ..... 28
1.3.11.2. Techos planta oficinas ..... 29
1.3.11.3. Pavimentos ..... 29
1.3.12. Descripción general acondicionamiento ambiental y servicios ..... 29
1.3.12.1. Capa de firme exterior ..... 29
1.3.12.2. Cerramiento parcela ..... 30
1.3.12.3. Servicios ..... 30
1.4. Prestaciones del edificio ..... 30
1.5. Seguridad y salud ..... 31
1.6. Documentos que integran el proyecto ..... 31
2. MEMORIA CONSTRUCTIVA ..... 32
2.1. Sustentación del edificio ..... 32
2.1.1. Características del suelo ..... 32
2.1.2. Sistema de cimentaciones. Elementos de cimentación ..... 33
2.1.3. Zapatas ..... 34
2.1.4. Vigas de atado o zunchos ..... 37
2.1.5. Solera ..... 38
2.2. Sistema estructural ..... 38
2.2.1. Estructura metálica ..... 38
2.2.1.1. Entramado de cubierta ..... 38
2.2.1.2. Pórticos intermedios ..... 39
2.2.1.3. Pórticos de oficinas ..... 40
2.2.1.4. Atado longitudinal ..... 40
2.2.1.5. Zanca de escalera ..... 42
2.2.1.6. Placas de anclaje ..... 42
2.2.2. Forjado ..... 43
2.3. Sistema envolvente ..... 43
2.3.1. Cerramiento ..... 43
2.3.2. Cubierta ..... 43
2.4. Sistema de compartimentación ..... 44
2.4.1. Tabiquería ..... 44
2.4.2. Techos planta oficinas ..... 44
2.5. Sistema de acabados ..... 44
2.5.1. Revestimientos paredes ..... 44

2.5.2. Techos planta oficinas ..... 44
2.5.3. Pavimentos ..... 44
2.5.4. Carpinterías ..... 44
2.5.4.1. Carpintería de madera ..... 44
2.5.4.2. Carpintería metálica ..... 45
2.6. Sistemas de acondicionamiento e instalaciones ..... 46
2.6.1. Protección contra incendios ..... 46
2.6.2. Electricidad ..... 46
2.6.3. Alumbrado ..... 46
2.6.4. Fontanería ..... 46
2.6.5. Instalación de saneamiento ..... 46
2.6.6. Climatización ..... 46
2.6.7. Preinstalación de telecomunicaciones ..... 46
2.7. Equipamiento ..... 47
2.7.1. Puertas seccionales motorizadas ..... 47
2.7.2. Ascensor ..... 47
3. CUMPLIMIENTO DEL CTE ..... 49
3.1. Seguridad estructural ..... 49
3.2. Seguridad en caso de incendio ..... 49
3.3. Seguridad de utilización ..... 49
3.4. Salubridad ..... 49
3.5. Protección contra el ruido ..... 50
3.6. Ahorro de energía ..... 50
4. CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES ..... 51
4.1. Normativa urbanística ..... 51
4.2. Normativa medioambiental ..... 51
5. ANEXOS DE MEMORIA ..... 52
5.1. Anexo I. Cálculos ..... 52
5.2. Anexo II. Estudio Básico de Seguridad y Salud ..... 132
Bibliografía ..... 156

# 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

## 1.1. Agentes y objeto del proyecto

La realización del presente proyecto, de ámbito académico, ha sido llevada a cabo con motivo de la ejecución del 'trabajo fin de grado' correspondiente a la titulación de grado en ingeniería mecánica impartida por la universidad de Jaén. El alumno Ezequiel Romero Díaz con DNI: 75932671B se identifica como el redactor del presente documento y establece como promotor ficticio a la Escuela Politécnica Superior de Jaén, la cual realiza el encargo de la ejecución del citado proyecto en nombre propio siendo además propietaria del bien proyectado.

Mediante la ejecución del proyecto se pretende llevar a cabo el cálculo estructual de una nave industrial destinada al almacenamiento de productos alimentarios no perecederos, el cual se compone de un adecuado dimensionamiento de cada uno de los elementos que forman la estructura metálica, desde la que se ejecutará posteriormente la construcción de cada una de las áreas y zonas previstas. Además, se persigue un diseño y modelado de las áreas de uso tal que el resultado final obtenido sea el más adecuado y suficiente como para que las distintas actividades que se desarrollen en las respectivas zonas puedan discurrir sin ningún tipo de impedimento. Paralelamente, se cuidará el cumplimiento de todas aquellas normativas y leyes que sean exigibles.

Queda exento de responsabilidad el redactor del proyecto en cuanto a la posterior puesta en funcionamiento y marcha de la empresa, en el sentido de que su actividad futura arroje unos resultados con mayor o menor grado de satisfacción, ya que todo lo proyectado, construido e instalado ha sido en concordancia con las exigencias y menesteres dados por parte del promotor.

## 1.2. Información previa

### 1.2.1. Antecedentes y condicionantes de partida

Previamente a la iniciación del desarrollo del proyecto se han de tener en cuenta una serie de restricciones y consideraciones iniciales, que vienen impuestas bien por parte de la propia naturaleza del terreno del que se dispone para la realización de las obras, o bien por parte del promotor cuyas exigencias estructurales han de ser debidamente cumplimentadas. Estos condicionantes iniciales son:

- Se dispone de una parcela con unas dimensiones aproximadas de 40 m de anchura en su parte frontal y trasera así como una profundidad de unos 70 m. En definitiva, se considera una parcela con un área total aproximada de 2.800 $m^2$.
- Se requiere una nave cuya estructura metálica esté conformada por un doble pórtico de 16 m de luz cada uno.
- La modulación principal exigida es de 5,5 m.
- Para la cimentación se dispondrán zapatas de medianería en el lateral que se encuentra lindando con la parcela adyacente (orientado al suroeste), mientras que el resto de zapatas utilizadas serán aisladas.
- La altura a hombros requerida es de 9 m.

### 1.2.2.Emplazamiento. Entorno físico

La parcela en la que se encuentra ubicada la nave industrial corresponde a la número 8 de la calle Mariana de Carvajal y Saavedra, del polígono industrial registrado con la denominación de SUNP.6 perteneciente al término municipal de la ciudad de Jaén. En el "Documento Básico Nº 2. Planos" se recoge una información más detallada acerca de la ubicación y el entorno físico del lugar en el que se ubica la construcción, éstos planos son el Nº 1 "Plano de situación" y el Nº 2 "Plano de emplazamiento".

### 1.2.3.Normativa urbanística

Las condiciones urbanísticas que afectan al proyecto vienen recogidas en las Normas Subsidiarias de Jaén, ya que a fecha de la redacción del presente proyecto no se contaba con un PGOU de forma oficial. A partir de la normativa indicada anteriormente se establecen las siguientes estipulaciones aplicables a la zona industrial que se corresponde con las parcelas del SUNP.6. En particular, para la nave objeto del proyecto:

- Suelo industrial: Categoría 2º (M anzana 8)
- Parcela mínima: 2000 $m^2$
- Fachada mínima: 30 m
- Edificabilidad: 1 $m^2t/m^2s$
- Retranqueo delantero: 5 m
- Retranqueo lateral y fondo: 5 m
- Ocupación: 1ª planta máximo 70 %, 2ª planta máximo 50 %
- Altura: 12 m el dintel

- Condiciones particulares del retranqueo lateral: No procede
- Aparcamiento en parcela: Industrial, 1 plaza por cada 100 $m^2$ construidos
- Usos terciarios compatibles: Comercio categoría I complementario a la industria y dependiente. Oficinas propias de la insdustria y menor de 20% $m^2$ o totales. Salas de reunión sin espectáculos.
- Minipolígonos con parcelas mínimas de 500 $m^2$. Superficie ámbito 10000 $m^2$ – 30000 $m^2$. Ocupación 70 %. Ancho del vial 20 m.

## 1.3. Descripción del proyecto

### 1.3.1. Descripción general del edificio

Se trata de un edificio destinado a uso como almacén de productos alimentarios no perecederos, en su mayor parte, así como el albergar una zona de oficinas desde la cual se realizará la gestión comercial y dirección de la empresa. Cuenta con dos alturas, una a cota 0 m y otra a cota 6 m sobre el nivel del terreno en la que se ubica la citada zona de oficinas. Se prevé la ejecución de unos elementos de comunicación vertical (escalera y ascensor) con la planta superior.

El acceso peatonal principal al edificio se plantea desde la calle Mariana de Carvajal y Saavedra, entrando al recinto por una de las puertas por las que circula el tráfico rodado y accediendo al interior de la nave mediante alguna de las puertas de entrada de los vehículos de transporte. El acceso a la planta superior se realiza: bien usando el ascensor, cuya entrada se encuentra mediante una puerta situada en el lateral derecho del edificio, siguiendo la señalización peatonal que discurre por los aparcamientos, o bien se pueden utilizar las escaleras que se encuentran en el interior de la nave frente a la caseta de control, previo paso por alguna de las entradas que usan los vehículos de transporte.

La entrada y salida de vehículos se efectúa por cualquiera de las puertas de entrada al recinto, así como mediante las puertas de entrada principales se accede al interior de la nave.

En la fachada trasera se dispone de dos puertas concebidas para el paso de las carretillas elevadoras que trasportan palets al exterior de la nave con el fin de su almacenamiento y posterior reutilización.

### 1.3.2. Programa de necesidades

El proyecto redactado en el presente documento surge como solución a una serie de necesidades de tipo comercial principalmente. El uso del edificio, en su mayor parte, será el almacenamiento de grandes cantidades de productos alimentarios no perecederos, concretamente el almacenaje de latas de bebida energética de distintas marcas para su posterior distribución. Dadas las importantes proporciones de productos que se preveen albergar en las instalaciones y teniendo en cuenta el espacio del que se dispone en la parcela, se pone de manifiesto la importancia de un buen aprovechamiento del terreno.

Además, toda esta actividad que se va a realizar ha de ser gestionada por parte de un grupo de trabajadores/as o empleados/as, de los cuales habrá una parte que mantengan un contacto directo con la mercancía y su correspondiente manipulación, y otra parte que se encargará de la dirección, control, gestión de los recursos y de la propia empresa, gestiones administrativas con otras empresas y/o proveedores, entre otras actividades, con el fin de conseguir el óptimo funcionamiento del conjunto de la empresa así como las actividades derivadas del funcionamiento de la empresa. Por ello, se hará necesario disponer de zonas y recintos convenientemente adaptados y equipados en los cuales se puedan llevar a cabo todas las actividades pertinentes.

Por otro lado, se destaca tambien el requisito de la existencia de determinadas áreas destinadas al almacenamiento tanto de material administrativo como de los distintos materiales u objetos usados en la gestión del acopio de los productos alimentarios mencionados anteriormente.

Se ha de garantizar el acceso a cualquier punto de las instalaciones a cualquier persona que lo demande, independientemente de su condición física o el hecho de que sufra algún tipo de minusvalía. Del mismo modo, éste aspecto es aplicable a cualquier trabajador/a sea cual sea el rango de su puesto de trabajo dentro de la empresa.

Otro aspecto a tener en cuenta es el poder disponer de la adecuada y suficiente iluminación del recinto industrial en general durante el horario diurno, siempre y cuando las condiciones meteorológicas sean favorables, con el fin de que se logre prescindir de la mayor cantidad posible de iluminación artificial con el consiguiente ahorro energético y económico que ésto supone.

Por último, se hace esencial el disponer de zonas destinadas al estacionamiento de los vehículos utilitarios manejados por los empleados/as.

#### 1.3.2.1. Zona de almacenamiento de bebidas

Esta denominada zona de almacén cuenta con una superficie útil de aproximadamente 1364 $m^2$, la cual se dispone a nivel de rasante. Cuenta con un total de 66 estanterías, suministradas por el fabricante "Esmelux", de dimensiones 3,876 m de longitud, 1 m de anchura y 3 m de altura por unidad. Además, disponen de tres niveles de almacenaje cada una, sobre los cuales se pueden almacenar hasta dos paletas (en función del volúmen de cada paleta) y un peso máximo de almacenaje por nivel de 2000 Kg. El volumen de almacenamiento del que dotan estas estanterías a la zona de almacén es de unos 767,5 $m^3$ que se traduce en un total de unos 600 palets.

El espacio de la calle que discurre entre estanterías cuenta con un ancho de paso de 5,7 m, espacio suficiente para que las carretillas elevadoras puedan desenvolverse y maniobrar con total libertad teniendo un margen de seguridad suficiente con las estanterías.

Para apreciar con mayor detalle la distribución de la zona de almacenamiento consultar en el "Documento Básico Nº 2. Planos" el plano Nº 4 denominado "Planta de distribución y acotado. Plantas baja y alta".

#### 1.3.2.2. Zona de locales del personal

El edificio cuenta en el lateral izquierdo de la planta baja con vestuarios para ambos sexos así como un vestuario adaptado para trabajadores con algún tipo de discapacidad. Estos espacios se encuentran equipados de taquillas así como los elementos básicos y necesarios para cualquier aseo.

Por su parte en el lateral derecho de la planta baja se dispone de una zona de descanso equipada con sillones, mesas, sillas y máquinas expendedoras para que los trabajadores puedan ausentarse de la frenética actividad durante un breve intervalo de tiempo y reposar o tomar algún aperitivo.

En el "Documento Básico Nº 2. Planos" se encuentra el plano Nº 4 denominado "Planta de distribución y acotado. Plantas baja y alta" en el que se aprecia con mayor detalle los locales descritos anteriormente.

### 1.3.3. Uso característico del edificio

El uso característico del edificio es industrial principalmente, administrativo en la planta superior, y de aparcamiento en el exterior del edificio en planta baja dentro del recinto.

### 1.3.4. Cumplimiento del CTE y otras normativas específicas

Cumplimiento del CTE, descripción de las prestaciones del edificio por requisitos básicos y en relación con las exigencias básicas del CTE:

Son requisitos básicos, conforme a la Ley de Ordenación de la Edificación, los relativos a la funcionalidad, seguridad y habitabilidad. Se establecen estos requisitos con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente, debiendo los edificios proyectarse, construirse, mantenerse y conservarse de tal forma que se satisfagan estos requisitos básicos.

Requisitos básicos relativos a la funcionalidad:

- Utilización, de tal forma que la disposición y las dimensiones de los espacios y la dotación de las instalaciones faciliten la adecuada realización de las funciones previstas en el edificio.

  Se trata de una nave en la que la mayoría de la superficie será destinada al almacenaje de bebidas. El espacio en su mayor parte estará ocupado por los pilares que sustentan la estructura y las estanterías de almacenamiento, siempre teniendo en cuenta el preservar un espacio adecuado y suficiente para el paso de vehículos y personas. A todo este espacio interior se puede acceder a pie o mediante vehículos gracias a cinco puertas que dan al exterior. De todas ellas una es de uso exclusivo peatonal, el resto sí están habilitadas tanto para el trasiego de vehículos como de personas.

- Accesibilidad, de tal forma que se permita a las personas con movilidad y comunicación reducidas el acceso y la circulación por el edificio en los términos previstos en su normativa específica.

Tanto el acceso del edificio como el de la planta superior en la que se encuentran las oficinas están proyectadas de tal manera que serán accesibles a personas con movilidad reducida.

- Facilitación para el acceso de los servicios postales, mediante la dotación de las instalaciones apropiadas para la entrega de los envíos postales, según lo dispuesto en su normativa específica.

  No se preven casilleros para la entrega de envíos postales quedando a la voluntad del futuro propietario.

Requisitos básicos relativos a la seguridad:

Seguridad estructural, de tal forma que no se produzcan en el edificio, o partes del mismo, daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.

Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de adoptar el sistema estructural para la edificación que nos ocupa son principalmente: resistencia mecánica y estabilidad, seguridad, durabilidad, economía, facilidad constructiva, modulación y posibilidades de mercado.

Seguridad en caso de incendio, de tal forma que los ocupantes puedan desalojar el edificio en condiciones seguras y se permita la actuación de los equipos de extinción y rescate. Estas condiciones de seguridad se establecerán en función de las exigencias que indica el DB-SI según el tipo de actividad que alberga el edificio. No obstante, como no es uno de los objetivos prioritarios de éste proyecto no se ha profundizado mucho en las condiciones exigibles por el DB-SI y solo se ha realizado el cálculo de la carga de fuego como se recoge en el apartado 3.2.

Condiciones urbanísticas: el edificio es de fácil acceso para los bomberos. El espacio exterior inmediatamente próximo al edificio cumple las condiciones suficientes para la intervención de los servicios de extinción de incendios.

No se colocará ningún tipo de material que por su baja resistencia al fuego, combustibilidad o toxicidad pueda perjudicar la seguridad del edificio o la de sus ocupantes.

Seguridad de utilización, de tal forma que el uso normal del edificio no suponga riesgo de accidente para las personas.

La configuración de los espacios y los elementos que se instalen en el edificio, se proyectarán de tal manera que no supongan riesgo de accidentes para los usuarios del mismo.

Requisitos básicos relativos a la habitabilidad:

Higiene, salud y protección del medio ambiente, de tal forma que se alcancen condiciones aceptables de salubridad y estanqueidad en el ambiente interior del edificio y que éste no deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una adecuada gestión de toda clase de residuos.

Todas las dependencias reúnen los requisitos de habitabilidad, salubridad, ahorro energético y funcionalidad exigidos por el Código Técnico de la Edificación.

Protección contra el ruido, de tal forma que el ruido percibido no ponga en peligro la salud de las personas y les permita realizar satisfactoriamente sus actividades. Especial hincapié se ha hecho en este aspecto en cuanto a la obtención del mayor aislamiento posible frente al ruido mediante el tabique separador instalado entre oficinas y almacén.

Todos los elementos constructivos verticales (particiones interiores, paredes separadoras de usuarios distintos, paredes separadoras de zonas comunes interiores, paredes separadoras de almacén, fachadas) cuentan con el aislamiento acústico requerido para los usos previstos en las dependencias que delimitan.

Todos los elementos constructivos horizontales (forjado separador de planta, cubiertas transitables), cuentan con el aislamiento acústico requerido para los usos previstos en las dependencias que delimitan, cumpliéndose lo dispuesto en la legislación regional

Ahorro de energía y aislamiento térmico, de tal forma que se consiga un uso racional de la energía necesaria para la adecuada utilización del edificio.

Se tomará de cualquier forma el CTE en su sección de ahorro de energía y aislamiento térmico como guía y se seguirá en la medida de lo posible.

Se ha tenido en cuenta especialmente el tratamiento de los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

### 1.3.5. Cumplimiento de la normativa urbanística. Ficha urbanística

Todo lo proyectado se ha llevado a cabo de acuerdo con las condiciones urbanísticas reflejadas en las Normas Subsidiarias de la ciudad de Jaén, respetándose así aspectos como parcela mínima, fachada mínima, retranqueos o altura de dintel entre otros. Todos estos condicionantes vienen recogidos en el apartado 1.2.3.. A continuación, se justifica tal cumplimiento en la siguiente tabla:

| Condición Urbanística | Proyecto | Cumple |
|---|---|---|
| Parcela mínima: 2000 $m^2$ | 2769,85 $m^2$ | Sí |
| Fachada mínima: 30 m | 32 m | Sí |
| Edificabilidad: 1 $m^2$ t/$m^2$ s | 1816,37 $m^2$ t | Sí |
| Retranqueo delantero: 5 m | 8,7 m | Sí |
| Retranqueo lateral y fondo: 5 m | 7,4 y 5 m | Sí |
| Ocupación: 1ª planta máx 70 %, 2ª planta máx 50 % | 1ª planta < 70 %<br>2ª planta < 50 % | Sí |
| Altura: 12 m el dintel | 10,21 m | Sí |
| Aparcamiento en parcela: Industrial, 1 plaza por cada 100 $m^2$ construidos | 9 aparcamientos | No* |
| Usos terciarios compatibles: Comercio categoría I complementario a la industria y dependiente. Oficinas propias de la insdustria y menor de 20% $m^2$ o totales. Salas de reunión sin espectáculos. | Oficinas: 5,4 %<br>Una sala de reunión sin espectáculos | Sí |
| Minipolígonos con parcelas mínimas de 500 $m^2$. Superficie ámbito 10000 $m^2$ – 30000 $m^2$. Ocupación 70 %. Ancho del vial 20 m. | Ancho vial: 21 m | Sí |

**Tabla 1.1**

*De acuerdo a la superficie total construida, según el PGOU, se deberían de tener unos 18 aparcamientos en parcela. Esto no se ha hecho así ya que el aumentar el número de aparcamientos dentro de la parcela supondría la disminución de espacio disponible para la construcción de la propia nave, lo cual perjudicaría el fin principal que es el mayor aprovechamiento posible

del terreno para el almacenamiento. Por otra parte, la opción de aumentar el número de aparacamientos dentro de la parcela se considera innecesario ya que la vía que da acceso al edificio cuenta con una gran cantidad de aparcamientos y todos muy próximos a la nave.

### 1.3.6.Descripción de la geometría del edificio. Cuadro de superficies

En general, el edicifio posee una forma exterior rectangular, ya que cuenta con una fachada de 32 m de ancho y una profundidad de 55 m de largo. La altura a hombros es de 9 m en sentido vertical. La altura máxima en la cumbrera del edificio es de 10,21 m, la cual se compone de un tejado a dos aguas en cada uno de los dos pórticos que conceden exteriormente un aspecto triangular en esta parte superior del edificio.

En el interior de la nave podemos distinguir dos grandes zonas: zona de almacén y zona de oficinas situadas en la planta superior.

La zona de almacén se compone en su mayor parte de un espacio destinado al almacenamiento de bebidas en palets ordenados en estanterías. Cuenta además con un recinto destinado a vestuarios y aseos para los trabajadores/as de la empresa, una sala para el descanso de los propios trabajadores, caseta para el control de la entrada y salida de vehículos de la nave y unas escaleras situadas en el centro que dan acceso a la planta superior.

En cuanto a la zona de oficinas situada en la planta superior cuenta con acceso mediante las escaleras mencionadas anteriormente o mediante un ascensor que se dispone junto a la zona de descanso de la planta baja, colindante con el lateral derecho de la nave. El ascensor da acceso al mismo pasillo al que llegan las escaleras, ya que éste es único y sirve para acceder a cualquiera de las habitaciones o departamentos construidos a lo largo del pasillo. Entre éstas divisiones creadas en la planta primera encontraremos sala de reuniones, oficina de jefe y gerente, oficinas del resto de trabajadores, archivo, baños y oficio de limpieza.

A continuación se puede observar en el cuadro de superficies las dimensiones que posee cada una de las zonas que compone el edificio:

| Uso | Superficie Construida ($m^2$) | Superficie Útil ($m^2$) |
|---|---|---|
| Almacén | 1810,15 | 1364,0 |
| Baños y Vestuarios | 31,8 | 27,6 |
| Caseta de Control | 9,9 | 7,5 |
| Zona de Descanso | 21,7 | 19,3 |
| Hueco Ascensor | 2,9 | 2,5 |
| Oficio de Limpieza | 4,1 | 3,0 |
| Baños Planta Alta | 24,9 | 19,3 |
| Archivos | 17,3 | 15,2 |
| Oficinas resto de Trabajadores | 38,9 | 34,7 |
| Oficina Jefe y Gerente | 38,4 | 34,3 |
| Sala de reuniones | 40,2 | 34,8 |
| Pasillo | 56,8 | 44,8 |

**Tabla 1.2**

En el "Documento Básico Nº 2. Planos" se recoge el plano Nº 4 "Planta de distribución y acotado. Plantas baja y alta" en el que se puede observar de forma clara esta descripción de zonas del edificio.

### 1.3.7. Accesos y evacuación

Accesos al interior de la parcela del edificio: Para acceder a la nave desde el exterior se cuenta con dos grandes puertas metálicas correderas que forman parte del cerramiento que delimita la parcela. Éstas están situadas en el lateral del cerramiento que se encuentra orientado al sureste. Se encuentran frente a las dos entradas principales al interior de la nave y están perfectamente alineadas con ellas. Poseen un ancho de 6 m que permite una entrada cómoda a los vehículos de grandes dimensiones tales como camiones trailers y sirven tambien para el acceso a pie, el cual, una vez dentro del recinto parcelario está perfectamente señalizado, estableciendo así el espacio correspondiente para el uso peatonal.

Accesos al interior del edificio: El acceso principal a la nave mediante vehículos se hace a través de dos entradas en la fachada principal (orientada hacia el sureste). Aquí se montan dos puertas industriales de 6 metros de largo y 5 m de altura (dimensiones suficientes para el paso de los vehículos de mayor tamaño), y que además cuentan en la zona baja de su parte central de una puerta con barra antipánico para uso peatonal.

El acceso a pie al interior de la construcción se hace prioritariamente a través de una puerta situada en el lateral derecho (orientado hacia el noreste).

En la fachada trasera de la nave se dispone de dos puertas de 3,5 m de longitud y 3 metros de altura cuyo uso principal es el de tránsito de carretillas elevadoras que mueven palets entre el interior y el exterior de la zona de almacén. Cuentan tambien con puertas de uso peatonal con barra antipánico.

Accesos a la zona de oficinas: Para llegar hasta las dependencias de las oficinas que se encuentran ubicadas en la planta alta se puede hacer bien mediante las escaleras metálicas de la parte central de la nave, justo en frente de la caseta de control, o bien mediante ascensor, cuya entrada se efectúa a traves de la puerta de acceso peatonal situada en el lateral orientado al noreste. Ésta última alternativa ha sido pensada principalmente para el acceso a personas discapacitadas o con movilidad reducida.

En cuanto a los recorridos de evacuación en caso de emergencia se han respetado en todo momento las limitaciones establecidas por el CTE-DB-SI actualizado a Febrero de 2010, según el cual se establece que:

- *Planta Alta:*
    - *Plantas o recintos que disponen de una única salida de planta o salida de recinto respectivamente:*
        - *La ocupación no excede de 100 personas.*
        - *La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta no excede de 25 m.*
        - *La altura de evacuación descendente de la planta considerada no excede de 28 m.*
- *Planta Baja:*
    - *Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto respectivamente:*
        - *La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50.*
        - *Zonas con evacuación a través de puntos de paso obligado: En las zonas cuya evacuación deba realizarse a través de puntos de paso obligado, aunque no constituyan un recinto, dichos puntos deben cumplir las condiciones relativas a número, disposición y anchura que se establecen para las salidas de los recintos. Esto no es aplicable a puntos en los que confluyan ocupantes de otras plantas.*
        - *Aumento del 25% del recorrido de evacuación: La posibilidad admitida de que la longitud de los recorridos de evacuación sea un 25% mayor cuando exista una instalación automática de extinción es aplicable, no solo a la longitud total del recorrido y al tramo de recorrido único, sino a cualquier recorrido de evacuación o parte del mismo cuya longitud esté regulada por el DB SI, por ejemplo, al recorrido desde el desembarco de una escalera protegida o especialmente protegida hasta una salida de edificio.*

En función de lo expuesto anteriormente se ha proyectado lo siguiente:

Planta Alta:

- Según el número y distribución de trabajadores establecido en una hipótesis inicial se estima una ocupación diaria media de 8 personas.
- Se instala una escalera metálica en el centro del pasillo distribuidor de la planta de oficinas con el objetivo de que, al mismo tiempo que se reducen costes mediante la instalación de una única escalera, con esta ubicación la longitud máxima a recorrer por cualquier persona desde cualquiera que seal el orígen de evacuación será como máximo de 16 m.
- La altura de evacuación descendente de la planta primera es de 6 m.

Planta Baja:

- La longitud de los recorridos de evacuación en esta planta sea cual sea el orígen de evacuación es siempre menor a 50 m, ya que se disponen de 5 salidas en total, las cuales ya se han descrito anteriormente, además de que las dimensiones de la nave tampoco son excesivamente grandes.
- Todos los puntos de paso obligado cuentan con las dimensiones y características suficientes para la evacuación del número de personas consideradas bajo la hipótesis del número de trabajadores habituales establecidos.

Todo lo expuesto en este apartado queda plasmado en el "Documento Básico Nº 2. Planos", dentro del cual se hace referencia al plano Nº 3 "Urbanización de parcela y planta de cubiertas" donde se ve con mayor claridad las puertas de entrada al recinto parcelario así como la señalización del acceso a pie y la entrada de vehículos. En el plano Nº 22 "Recorridos de evacuación en caso de emergencia planta baja y alta" se puede apreciar los recorridos a seguir desde cualquier entrada o salida al edificio, así como las dimensiones de los lugares de paso plasmadas en el plano Nº 4 "Planta de distribución y acotado. Plantas baja y alta".

### 1.3.8. Descripción general sistema estructural

#### 1.3.8.1. Cimentación

La cimentación estará formada en su mayor parte por zapatas aisladas unidas entre sí mediante vigas de atado, así como zapatas de medianería (condiciones iniciales de proyecto) con vigas centradoras en la fachada lateral orientada hacia el suroeste.

Todo ello ha sido calculado con una tensión máxima admisible del terreno de 0,196 MPa para situaciones persistentes y 0,294 MPa para situaciones sísmicas y accidentales. El hormigón armado que se ha utilizado para la construcción de las zapatas es HA-25 con un coeficiente de seguridad de 1,5 y tamaño máximo de árido de 30 mm, todo ello elaborado en central, vertido por medios manuales, vibrado y colocado. Además, cabe indicar tambien que el acero del cual están constituidas las armaduras de las zapatas es del tipo B400S con un coeficiente de seguridad de 1,15.

En el "Anexo I. Cálculos" se detalla con mayor profundidad el cálculo de las zapatas.

El replanteo de la cimentación así como las características y dimensiones de la misma se recogen en el "Documento Básico Nº 2. Planos", en concreto en los planos Nº 7 "Replanteo de pilares y cimentaciones", Nº 8 "Zapatas y detalles de cimentación", Nº 9 "Vigas de atado" y Nº 10 "Planta de cimentaciones".

#### 1.3.8.2. Estructura portante

La estructura portante de la nave se realizará con perfiles metálicos de acero regulados por normativa en la EAE 2011. Las bases de cálculo adoptadas y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a lo requisitos básicos de la EAE 2011.

##### 1.3.8.2.1. Entramado de cubierta. Correas

Las correas se han dispuesto de forma longitudinal apoyadas a lo largo de los dinteles de los pórticos que forman la nave con una separación entre ellas de 1 m. Se han utilizado perfiles en zeta, en concreto perfiles ZF-225x4.0 en acero conformado S235.

Más información en el "Documento Básico Nº 2. Planos", plano Nº 20 "Vista en planta entramado de cubierta".

##### 1.3.8.2.2. Arriostramientos. Arriostramientos de cubierta

En cuanto a los arriostramientos en forma de cruz de San Andrés, se han dispuesto a lo largo del conjunto estructural con dos objetivos globales:

Por una parte, y con el objetivo de arriostrar entre sí los porticos más extremos en ambas fachadas, entre los pórticos primero y segundo, correspondientes al que se encuentra en la fachada principal y su inmediato perseguidor respectivamente, se han proyectado

arriostramientos en forma de cruz de San Andrés. De la misma forma, se ha proyectado un arriostramiento de este tipo entre los pórticos último y penúltimo, correspondientes respectivamente al que se encuentra en la fachada trasera de la nave y su inmediato antecesor.

Por otra parte, con el objetivo de crear una junta de dilatación en la zona central que está situada a una distancia menor de 40 m de cualquiera de las fachadas, se han arriostrado entre sí los pórticos intermedios número 6 y 7 y por su parte el pórtico número 8 con el 9.

Todo ello ha sido proyectado con redondos macizos de 12 mm de diámetro fabricados en acero S275.

En el "Documento Básico Nº 2. Planos", el plano Nº 20 "Vista en planta entramado de cubierta" muestra con claridad la distribución de arriostramientos descrita anteriormente.

#### 1.3.8.2.3. Arriostramientos. Atado longitudinal

Los arriostramientos proyectados en forma de atado longitudinal se han llevado a cabo con perfiles HEA-100 fabricados con acero S275 y colocados en distinta ubicación según la función a realizar por cada uno:

Por una parte, entre los pórticos primero y segundo así como entre los pórticos último y penúltimo se han colocado los citados perfiles a modo de vigas de contraviento. El objetivo, es el de trasmitir los esfuerzos del pórtico más externo sobre el más interno para así repartir estas solicitaciones que pueden estar producidas por agentes externos como pueden ser el viento o el sismo por ejemplo.

Por otra parte, a lo largo de los dos laterales de la nave en la cabeza de los pilares, se ha dispuesto un perfil de atado, del mismo tipo que el indicado anteriormente, que arriostra todos los pórticos entre sí, desde la fachada principal hasta la trasera. Con ello se consigue reducir la magnitud de los esfuerzos a soportar por parte de los pilares reduciéndose así considerablemente el tamaño de perfil necesario en dichos pilares.

Todo ello queda reflejado en el "Documento Básico Nº 2. Planos", en los planos Nº 17 "Alzado vista lateral", el Nº 18 "Alzado vista lateral pilares centrales" y el Nº 20 "Vista en planta entramado de cubierta".

#### 1.3.8.2.4. Estructura portante. Pórticos de oficinas

Los pórticos que integran las oficinas han sido dispuestos entre sí con una modulación menor de la exigida inicialmente en los criterios a seguir para el cálculo del presente proyecto. Esta modulación existente entre el primer y el segundo pórtico así como entre el segundo y el tercer pórtico es de 3,075 m. El objetivo de ésta reducción de distancia entre pórticos es el repartir el peso del forjado principal entre un mayor número de pórticos, para que así la magnitud de los esfuerzos a soportar por cada uno no sea tan elevada, ya que éste forjado, que va desde el primer al tercer pórtico, es la subestructura más importante y con mayor peso.

Los perfiles utilizados en los pilares que forman los pórticos son HEA-220 fabricados en acero S275, y los dinteles están constituidos por perfiles IPE-330 tambien en acero S275.

Además, tanto en el pórtico primero como en el tercero se han introducido pilares hastiales que ayudan a repartir las cargas que transmite el forjado prncipal así como los esfuerzos de las solicitaciones a las que está sometido el edificio por parte de los agentes externos. Estos pilares han sido proyectados con perfiles HEA-220 en acero S275 al igual que los pilares indicados anteriormente.

Todo ello queda reflejado en el “Documento Básico Nº 2. Planos” en los planos Nº 14 “Alzado pórtico de fachada principal” y el Nº 17 “Alzado vista lateral”.

#### 1.3.8.2.5. Estructura portante. Zancas de escalera

Las zancas de escalera han sido creadas mediante un perfil IPE-140 en acero S275 con una sobrecarga de uso para su cálculo de 2,5 $KN/m^2$. Esto se ha hecho así debido a que la cantidad de personas que se espera que soporte esta escalera de forma simultánea es reducido, ya que habitualmente el número de trabajadores en planta alta es de 8 personas. Además, se cuenta con una segunda alternativa para acceder a la planta superior que es el ascensor, por lo que el uso de la escalera se puede ver tambien reducido debido a este elemento.

#### 1.3.8.2.6. Estructura portante. Placas de anclaje

Las placas de anclaje utilizadas han sido montadas mediante uniones soldadas. Éstas reciben los esfuerzos que envía el perfil HEA-220 que forma el pilar y los traslada hacia la cimentación, a la cual se encuentra unida la placa de aclaje mediante 8 pernos o ganchos en disposición a 180º como se muestra en la siguente imágen:

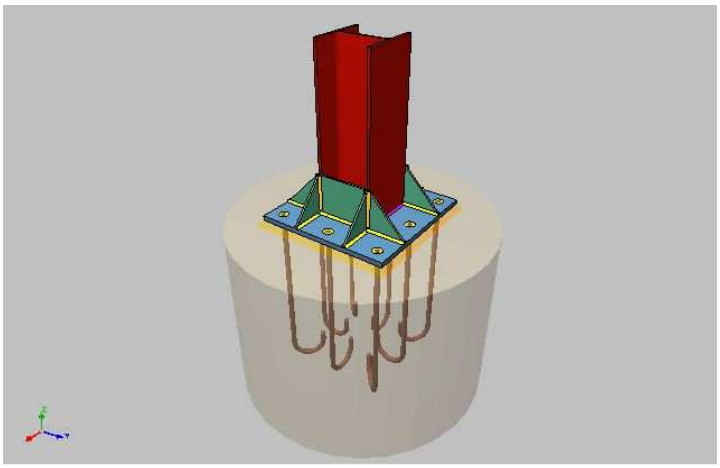


**Ilustración 1.1**

Como se refleja en la anterior ilustración, la placa de anclaje de 0,5 x 0,5 m de lado y un espesor de 18 mm se encuentra reforzada en su unión al pilar mediante rigidizadores con soldaduras hechas en taller, al igual que el resto de soldaduras de la unión, garantizándose así una mayor precisión y control en la operación.

Para el anclaje al suelo de la estructura que forma la escalera se ha usado un segundo tipo de placas de anclaje con unas dimensiones y un número de pernos menor que la placa de anclaje descrita anteriormente.

El plano Nº 11 "Detalle de placas de anclaje" del "Documento Básico Nº 2. Planos" muestra en detalle las características, dimensiones y componentes de las que constan los dos tipos de placas de anlcaje expuestos anteriormente.

#### 1.3.8.3. Estructura horizontal

La estructura horizontal de la nave se realizará con perfiles metálicos de acero regulados por normativa en la EAE 2011. Las bases de cálculo adoptadas y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a lo requisitos básicos de la EAE 2011.

##### 1.3.8.3.1. Estructura horizontal. Solera

La solería diseñada para la planta de oficinas va a ser sustentada por un sistema de bovedillas de unos 0,7 m de anchura, sobre las cuales se va a crear un soporte resistente (losa) en cuya parte superior se realizará un aislamiento térmico con poliuretano proyectado. Sobre éste, una capa de mortero de compresión será la base para finalmente instalar un acabado de tarima flotante. Todo ello se puede observar gráficamente en la siguiente imágen:

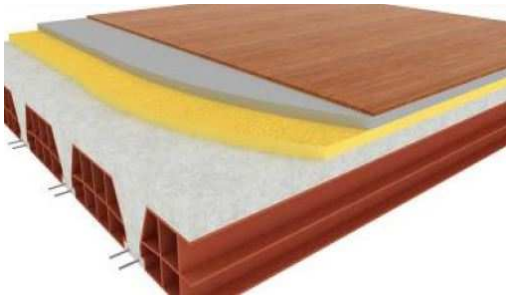


Ilustración 1.2

| |
|---|
| Interior |
| MF |
| MC |
| PUR |
| SR |
| Exterior |

Ilustración 1.3

Donde:

**MF**: Acabado de madera flotante
**MC**: Mortero de compresión
**PUR**: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
**SR**: Soporte resistente (losa)

#### 1.3.8.3.2. Estructura horizontal. Forjados

El forjado que soporta la solería y sobre el cual se realizará la actividad laboral en las oficinas ha sido diseñado con viguetas unidireccionales correspondientes a un perfil IPE-120 en acero S275. Las viguetas se han dispuesto con una separación entre sí de 0,7 m para encajar perfectamente las bovedillas que forman la solería, a excepción del último tramo de viguetas correspondiente al lateral en donde se encuentra el hueco de ascensor, en el que por razones de espacio, en vez de colocar en esta zona una bovedilla se completará este último hueco entre vigueta y viga de forjado con cemento.

Las viguetas van apoyadas sobre unas vigas perimetrales (vigas de forjado) IPE-220 en acero S275 que recogen los esfuerzos enviados por las viguetas mencionadas anteriormente y los trasmiten hacia los pilares a los que están unidas.

El plano Nº 19 “Planta forjado principal” del “Documento Básico Nº 2. Planos” muestra con mayor claridad lo descrito anteriormente.

### 1.3.9. Descripción general envolvente

#### 1.3.9.1. Material de cubierta

La cubierta se va a llevar a cabo mediante la instalación del panel sandwich “Euro 5G-1000”, suministrado por el fabricante “Metal Panel” o similar, con accesorios traslúcidos que serán placas de policarbonato y poliester, suministradas por “Grupo Panel Sandwich” o similar, en configuración en la línea del techo.

Las placas de policarbonato y poliester que se instalarán en la cubierta aportarán una mayor iluminación natural al interior de la nave con el consiguiente ahorro energético que ésto supone. Tienen un grosor de 30 mm, el cual, se corresponde con el grosor del panel sanwich en el que van instaladas mediante alas que poseen en los laterales evitándose así filtraciones y humedades.

Una representación de como será el acabado final en cubierta se recoge en el plano Nº 3 "Urbanización de parcela y planta de cubiertas" del "Documento Básico Nº 2. Planos".

#### 1.3.9.2. Cerramientos nave

Para el cerramiento exterior se han usado como elemento principal placas alveolares de hormigón armado de 15 cm de espesor suministradas por "Prefabricados Aljema S.L." o similar, que irán instaladas en posición horizontal, introducidas entre pilares y con una longitud predominante de 5,5 m. Éstas irán recubiertas exteriormente con una hoja metálica ondulada con acabado en aluminio prelacado, fabricadas por "Alubel" o similar, con objeto de dar una imágen mas atractiva al edificio. Las hojas de metal van fijadas a las placas de hormigón mediante elementos pasantes tales como clavos remachados en la misma hoja. La composición del cerramiento en la mayor parte del perímetro de la nave quedará como sigue:

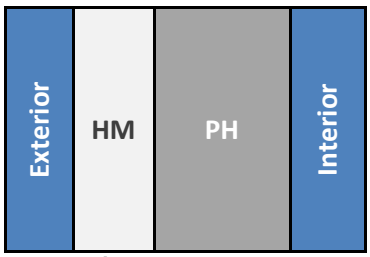



**Ilustración 1.4**

Donde:

**HM**: Hoja metálica
**PH**: Placa de hormigón

Desde dentro de la nave se verá la placa alveolar de hormigón y desde la parte exterior se verá la hoja corrugada de metal.

En la fachada principal de la nave (orientada hacia el sureste) se va a instalar un sistema de fachada ventilada ("INCOPERFIL-INCOScales®" o similar) compuesto de aplacado exterior, cámara ventilada, poliuretano proyectado sobre la hoja principal y acabado interior. Este sistema dará una imágen externa similar a la siguiente ilustración:

**Ilustración 1.5**

**Ilustración 1.6**

Gráficamente, la composición del cerramiento en en esta parte del edificio quedará con la siguiente estructura:

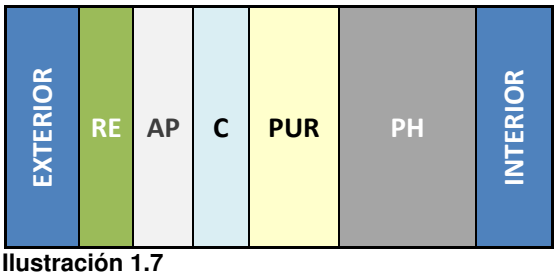



**Ilustración 1.7**

Donde:

**RE**: revestimiento exterior discontinuo
**AP**: anclajes de perfilería
**C**: Cámara de aire ventilada
**PUR**: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
**PH**: Placa de Hormigón

En la parte de la fachada principal que se corresponde con la planta alta, en la cual se encuentran las oficinas, el esquema de la composición del cerramiento es básicamente el mismo pero añadiendo además el acabado interior con panel de yeso laminado que será visto desde las dependencias interiores de la citada planta:

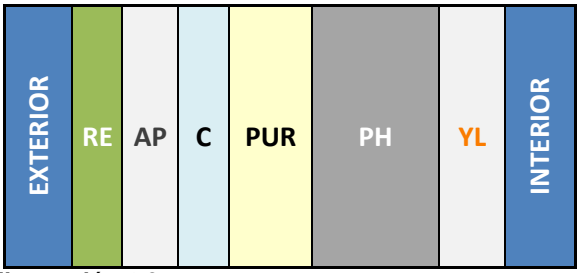



**Ilustración 1.8**

Donde:

**RE**: revestimiento exterior discontinuo
**AP**: anclajes de perfilería
**C**: Cámara de aire ventilada
**PUR**: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
**PH**: Placa de Hormigón
**YL**: Panel de Yeso Laminado

En el resto de la nave predomina la composición indicada en la ilustración 0.1, a excepción de las zonas que están en contacto con los vestuarios y zona de descanso, en las que en la parte interior ocurre algo similar a lo explicado anteriormente con la zona de oficinas en la fachada principal, es decir, el acabado interior se llevará a cabo con la instalación de panel de yeso laminado, quedando así la composición del cerramiento:

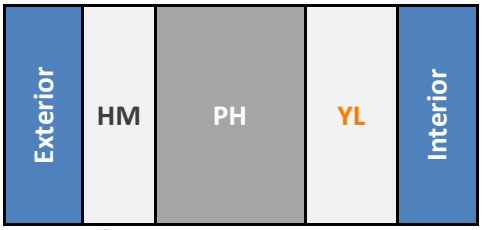



**Ilustración 1.9**

Donde:

**HM**: Hoja metálica
**PH**: Placa de hormigón
**YL**: Panel de Yeso Laminado

Hay que puntualizar que el panel de yeso laminado de los vestuarios será resistente al agua, ya que al estar en continuo contacto con ella puede deteriorarse notablemente debido a la actividad diaria.

### 1.3.10. Descripción general compartimentaciones

#### 1.3.10.1. Tabiquería

En primer lugar, se describe la composición de la tabiquería que separa las dos grandes zonas con usos distinguidos de la nave como son la zona de almacén y la zona de oficinas ubicada en planta alta.

Como consecuencia del ruido que genera el trabajo de los operarios en el almacén, con la manipulación de palets y productos haciendo uso de las carretillas elevadoras, además del ruido que generan los vehículos de transporte como son los camiones, se construirá un tabique separador entre almacén y oficinas con bloques acústicos, los cuales, tienen como característica principal ser muy buenos aislantes del ruido. Además, para reforzar esta funcionalidad que se requiere en el tabique se va a hacer uso de la lana de roca, material que además de ser muy buen aislante térmico tambien lo es acústicamente.

Todo ello, así como el resto de componentes del tabique, quedan recogidos en el siguiente esquema:

**Ilustración 1.10**

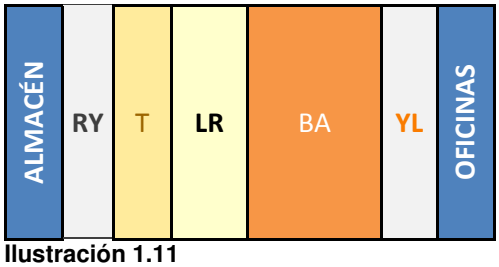



**Ilustración 1.11**

Donde:

**RY**: Revestimiento de yeso
**T**: Tabique con ladrillo hueco sencillo
**LR**: Lana de Roca
**BA**: Bloque acústico con bloque ladrillo termocerámico
**YL**: Panel de Yeso Laminado

En cuanto a los tabiques que van a separar las distintas dependencias que hay en la planta de oficinas su composición va a ser sencilla, con elementos ligeros cuyo principal objetivo es el de la creación de distintos espacios de trabajo. Gráficamente:

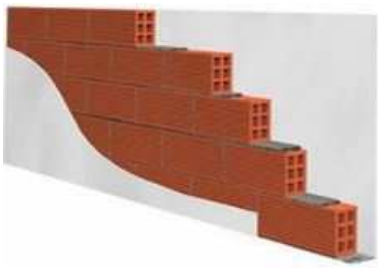


**Ilustración 1.12**

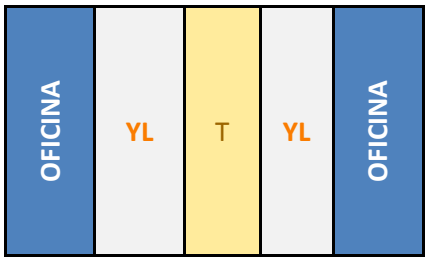



**Ilustración 1.13**

Donde:

**YL**: Panel de Yeso Laminado
**T**: Tabique con ladrillo hueco doble

La composición de los aseos de la planta alta será la misma que la mostrada en la ilustración 10, con la salvedad de que el panel de yeso laminado que da al interior del recinto será resistente al agua dado que se preveen salpicaduras y vapor de agua en la utilización diaria de los baños.

Por su parte, los tabiques que cierran los recintos de las zonas de almacén tales como vestuarios, caseta de control y zona de descanso, se han diseñado en su composición teniendo muy presente la necesidad del aislamiento del ruido generado en el almacén, por lo que se ha optado por la utilización de la lana mineral debido a sus propiedades de aislamiento acústico que ofrece:

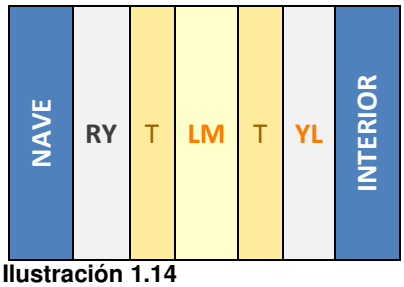



**Ilustración 1.14**

Donde:

**RY**: Revestimiento de yeso
**T**: Tabique con ladrillo hueco doble
**LM**: Lana Mineral
**YL**: Panel de Yeso Laminado

Los ladrillos de hueco sencillo por los que están compuestos los tabiques han sido fabricados por “Ladrillos Suspiro del Moro” o similar y los bloques acústicos termocerámicos por “Bricomart” o similar. Por su parte, las placas de yeso laminado resistentes al agua se

corresponden con el modelo "PLACA PLADUR® WA" del fabricante "PLADUR uralita" o similar.

#### 1.3.10.2. Techos planta oficinas

Para el techo de la primera planta del edificio, en la que se encuentra la zona de oficinas, se ha optado por la utilización de bovedillas para la construcción de este forjado superior. Éstas, tienen una anchura de 0,7 m por lo que las viguetas que forman parte de dicho forjado se colocarán guardando entre sí la misma distancia. A continuación se ilustra la composición de éste cerramiento horizontal:

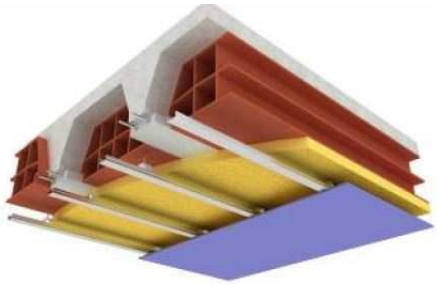


**Ilustración 1.15**

| Planta Superior |
|---|
| SR |
| PUR |
| C |
| YL |
| Planta inferior |

**Ilustración 1.16**

Donde:

**SR**: Soporte resistente (forjado)
**PUR**: Aislamiento Térmico de Poliuretano Proyectado
**C**: Cámara de aire estanca
**YL**: Placa de yeso laminado

Se ha optado por la instalación de placa de yeso laminado en la parte inferior del cerramiento como elemento decorativo y con objeto de ocultar el resto de elementos, debido a su bajo peso y su facilidad de montaje.

### 1.3.11. Descripción general acabados

#### 1.3.11.1. Revestimientos paredes

En general, el edificio exteriormente irá revestido mediante hoja metálica ondulada con acabado en aluminio prelacado en ambos laterales. En la fachada trasera quedarán vistas las placas alveolares de hormigón. Para la fachada principal, se ha previsto la instalación de un sistema de fachada ventilada que ofrece un acabado moderno y vanguardista además de otras importantes ventajas que aporta tales como aislamiento acústico, térmico o su facilidad para la eliminación de la condensación del agua entre otras.

La representación de tales acabados se recoge en el "Documento Básico Nº 2. Planos", en concreto en el plano Nº 5 "Alzados de fachada frontal y trasera" y el Nº 6 "Alzados laterales".

En la zona de almacén no se considera necesario aplicar ningún tipo de revestimiento en la cara interna de las placas alveolares de hormigón, debido a que al ser una zona destinada exclusivamente al almacenamiento de mercancías y tránsito de vehículos se considera superfluo realizar una inversión para dar un acabado más estético a estas placas.

Por su parte, los recintos cerrados que se encuentran dentro de la zona de almacén tales como vestuarios, caseta de control y zona de descanso además del tabique que distingue la planta superior del resto del almacén, llevarán aplicado un revestimiento de enlucido con yeso y acabado en color blanco. La cara interna de los citados recintos cerrados ubicados en la zona de almacén montarán placas de yeso laminado en distintas tonalidades en función de la dependencia que se trate.

En la zona de oficinas todas las paredes irán revestidas mediante placas de yeso laminado con acabados en distintas tonalidades de color.

#### 1.3.11.2. Techos planta oficinas

Los techos irán todos revestidos con placas de yeso laminado contínuo y acabado en color blanco.

#### 1.3.11.3. Pavimentos

En la zona de almacén se ha previsto la instalación de losetas vinílicas de 7 mm de espesor compuestas de PVC y acabado en color gris acero obtenidas mediante proveedores como "Supreme Floors" o similar. Se han delimitado las zonas de tránsito y la ubicación de las estanterías con losetas color amarillo así como la distancia de seguridad a ellas. Este material ha sido elegido por su alta resistencia frente al tránsito de vehículos pesados, los impactos y los líquidos. Se caracteriza tambien por ser un buen aislante térmico y fónico además de tener un tratamiento superficial que le otorga la capacidad de ser antideslizante.

### 1.3.12. Descripción general acondicionamiento ambiental y servicios

#### 1.3.12.1. Capa de firme exterior

El área destinada a los aparcamientos así como las inmediaciones de la nave estarán contínuamente transitadas por vehículos que llegan a alcanzar grandes masas de peso. Además,

diariamente estará expuesta a los distintos agentes meteorológicos, por lo que se ha considerado que la mejor solución de acabado es el asfaltado de todo el recinto que contiene la parcela. Esta acción va a ser llevada a cabo por la empresa "Tecnofirmes" o similar.

#### 1.3.12.2. Cerramiento parcela

La delimitación del terreno correspondiente a la parcela en la cual se encuentra la nave objeto del proyecto se va a llevar a cabo mediante la construcción de un tabique perimetral de altura aproximada 80 cm hecho en obra con bloques de hormigón de 39x19x19 cm. Sobre este tabique se va a instalar una verja de 2 m de altura como sistema de protección perimetral. Este elemento será suministrado por el fabricante "Rivisa" o similar.

#### 1.3.12.3. Servicios

El edificio se proveerá de los correspondientes suministros de agua y luz, pero dado que el cálculo de este tipo de instalaciones no se encuentra integrado entre los objetivos del presente proyecto no se adjuntan planos de las citadas instalaciones.

Se contará además con una red de saneamiento para la recogida de aguas pluviales y fecales mediante arquetas bruñidas interiormente, impermeables a la humedad y a los olores. La unión entre arquetas se efectuará mediante tuberías de PVC. Las bajantes pluviales serán tambien de PVC y conducirán las aguas procedentes de los canalones que con las pendientes adecuadas discurrirán a las arquetas sumidero y se concetarán a la red de alcantarillado de la red municipal del polígono SUNP 6 de Jaén.

## 1.4. Prestaciones del edificio

Son las establecidas por el promotor, siempre y cuando estén dentro de las limitaciones del CTE. Además, se establece que las prestaciones del edificio son las que derivan de los usos previstos en su día.

Las limitaciones de uso derivan de las distintas condiciones que se señalan en este proyecto y de su posible compatibilidad futura con los usos que permita la normativa urbanística, o de otra naturaleza. Estas limitaciones de uso en su conjunto responderán a la adecuación de las prestaciones y previsiones proyectadas, siempre y cuando se encuentren en concordancia con usos compatibles y del funcionamiento adecuado de sus estructuras e instalaciones.

Las instalaciones se han proyectado en cumplimiento del CTE, de acuerdo a las exigencias dadas en cada caso. Por tanto, cualquier variación en los usos proyectados implicará el comprobar que los parámetros de utilización siguen siendo válidos para el nuevo uso que se pudiera establecer.

## 1.5. Seguridad y salud

Conforme a la normativa vigente, (R.D. 1627/ 1997) "...cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo...en función de su propio sistema de ejecución de la obra..., y el contratista concreta en este plan dichos documentos". Por ello se ha elaborado el correspondiente estudio básico de seguridad y salud cuyo desarrollo se encuentra en el anexo 5.2. ("Anexo II. Estudio básico de seguridad y salud") del presente documento básico.

## 1.6. Documentos que integran el proyecto

Este Proyecto de CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UNA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIAL, SITA EN CALLE MARIANA DE CARVAJAL Y SAAVEDRA, PARCELA 8, JAÉN, se compone de:

- Documento Básico Nº 1. Memoria y anexos.
- Documento Básico Nº 2. Planos.
- Documento Básico Nº 3. Pliego de condiciones.
- Documento Básico Nº 4. Medición.
- Documento Básico Nº 5. Presupuesto.

# 2. MEMORIA CONSTRUCTIVA

## 2.1. Sustentación del edificio

### 2.1.1. Características del suelo

Los ensayos realizados en la zona objeto de estudio han permitido diferenciar los siguientes niveles geotécnicos:

Suelo: Nivel constituido por arcillas rojas con cantos de roca de origen areniscoso bastante meteorizada que presentan unas porfundidades comprendidas entre 0,60 y 0,80 metros. Este nivel es el más superficial.

Nivel de Roca (arenisca): En la zona se ha identificado además la presencia de un nivel de roca arenisca desde la cota 0.80 metros hasta una profundidad indeterminada.

El nivel está formado por roca competente y dura sobre la cual se aconseja que sea utilizada como nivel de cimentación.

Como resultado de las inspecciones visuales de roca en superficie, se determina que la clasificación de la roca según su grado de meteorización **de acuerdo con la ISRM (International Society for Rocks Mechanics and Rocks Engineering) es de tipo IV**, en la zona observada.

Las características que definen este grado de meteorización son que más de la mitad del material está descompuesto a suelo y que además aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontínua.

En cuanto a la clasificación del macizo rocoso ésta ha sido realizada en función de los valores que se establecen en la clasificación geomecánica del RMR (Rock Mass Rating). Este valor constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo.

La clasificación consta de un RMR básico, independientemente de la estructura, y de un factor de ajuste. El RMR básico es obtenido mediante la estimación del rango de valores de cinco parámetros, a saber: la resistencia a compresión simple de la matríz rocosa, el RQD (Rock Quality Designation), la frecuencia de las juntas, su estado y por último la presencia del agua.

Por su parte, el factor de ajuste, definido cualitativamente, depende de la orientación de las discontinuidades y tiene valores distintos según se aplique a túneles, cimentaciones o taludes.

El resultado de la suma de todos estos valores es el índice final RMR cuyos valores pueden variar entre 0 y 100, clasificando así los macizos rocosos en cinco clases. Los resultados obtenidos son lo siguientes:

- Resistencia de la roca intacta a compresión simple: Valoración→4 (25-50 MPa)
- RQD: Valoración→8 (25 % – 50 %)
- Separación entre juntas: Valoración→10 (200-600 mm)
- Condición de las juntas: Valoración→20 (Algo rugosas, separación < 1 mm. Bordes muy meteorizados)
- Flujo de agua en las juntas: Valoración→7 (Húmedas 0,1 – 0,2)

Por lo que el valor del índice RMR será:4+8+10+20+7= 49

Aplicando la corrección de cimentaciones, que en caso de discontinuidades favorables es -2, el valor final obtenido para el índice RMR es de 47.

Para la interpretación de éste valor se requiere hacer uso de la clasificación de la roca según Beniawski, la cual establece que para un valor de RMR=47 la roca es considerada como de media a mala.

Por último, decir tambien que no se ha detectado la presencia del nivel freático en las observaciones realizadas.

### 2.1.2.Sistema de cimentaciones. Elementos de cimentación

De acuerdo con las características del suelo establecidas anteriormente se establece que la mejor opción a la hora de llevar a cabo la cimentación de la estructura es cimentar de manera superficial mediante zapata, debiendo quedar el canto de los mismos empotrados en el nivel de roca lo suficiente como para garantizar la seguridad al vuelco y al deslizamiento, siendo este factor un punto delicado debido al coste de la excavación en roca, y no siendo la seguridad al hundimineto y la limitación por asientos los criterios críticos para el dimensionamiento de la cimentación, ya que ésta descansa sobre un sustrato de roca de areniscas de sufuciente resistencia.

Por tanto, la profundidad considerada a la cual se ha de cimentar es a partir de 0,90 metros.

### 2.1.3.Zapatas

El cálculo de las zapatas se ha llevado a cabo en función de lo expuesto en el apartado 1.3.8.1. Cimentación, dentro de la Memoria Descriptiva del presente proyecto.

Como se indicó, la cimentación del edificio cuenta con dos tipos de zapatas en general, zapatas aisladas y zapatas de medianería. Dentro de estos dos tipos encontramos distintos grupos de zapatas en función de las dimensiones y la armadura montada en cada una. Todo ello viene recogido en el siguiente cuadro de zapatas:

| CUADRO DE ZAPATAS | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Zapatas de Medianería | | Zapatas Aisladas | | |
| | | Grupo 1 | Grupo 1.1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
| Nº de Zapatas | | 12 | 9 | 27 | 4 | 5 |
| Dimensiones (cm) | Ancho X | 220 | 100 | 230 | 240 | 100 |
| | Ancho Y | 165 | 100 | 270 | 270 | 170 |
| | Canto Zapata | 110 | 100 | 120 | 120 | 100 |
| Armadura Superior | En X | 9Φ16c/18 | | | | |
| | En Y | 12Φ16c/18 | | | | |
| Armadura Inferior | En X | 9Φ16c/18 | | 15Φ16c/18 | 11Φ16c/24 | 14Φ10c/12 |
| | En Y | 12Φ16c/18 | | 12Φ16c/18 | 10Φ16c/24 | 8Φ10c/12 |

**Tabla 2.1**

En la tabla 2.1 vienen recogidos el grupo 1 y el grupo 1.1 dentro de las zapatas de medianería. El grupo 1.1 no es una zapata de medianería en sí, se denomina zapata de hormigón en masa o zapata centradora, a la cual llega una viga centradora desde las zapatas de medianería con objeto de ayudar al equilibrio de momentos que se generan en dichas zapatas. Como se puede observar, estas zapatas de hormigón en masa no presentan ningún tipo de armadura, a diferencia de las zapatas de medianería que montan armadura en dirección 'X' y en 'Y' tanto superior como inferiormente.

Por su parte, los grupos 2,3 y 4 se engloban dentro de las zapatas de tipo aislado. Este tipo de zapatas son más numerosas y por lo general presentan unas dimensiones más importantes, debido a que además de las cargas y esfuerzos que han de soportar, por criterios de diseño impuestos se han calculado sin tener en cuenta armadaura superior, la cual es responsable de aguantar los esfuerzos de succión que se puedan producir en el edificio por el efecto de agentes como el viento. Este es el motivo por el que se ha necesitado aumentar las dimensiones para compensar estas deficiencias que deja la ausencia de armadura superior.

A continuación, se expone una representación en 3D de cada grupo de zapata usado en la cimentación de la nave industrial:

Grupo 1

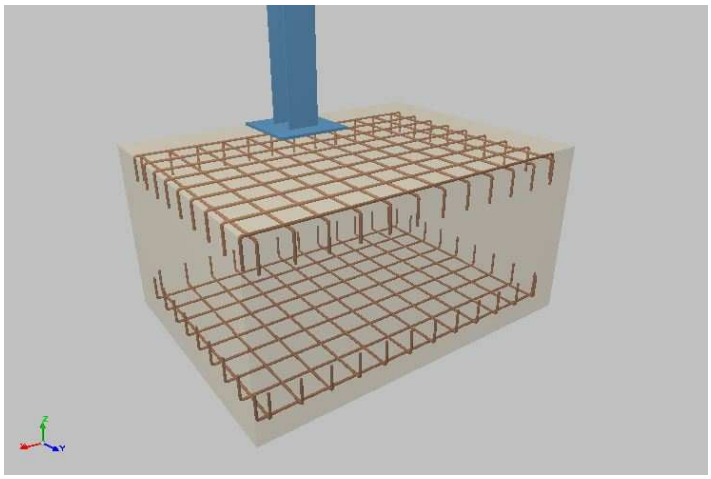


**Ilustración 2.1**

Grupo 1.1

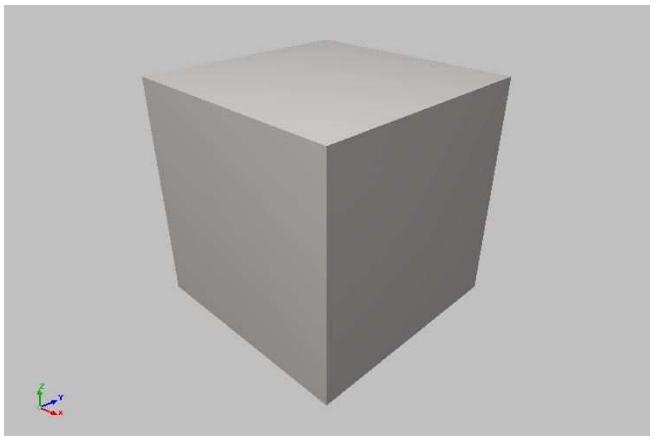


**Ilustración 2.2**

Grupo 2

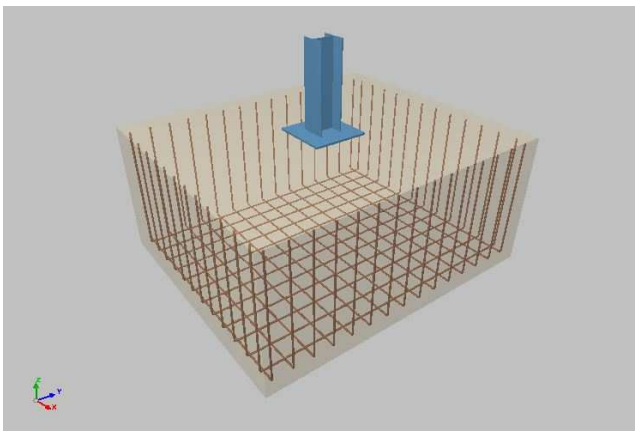


**Ilustración 2.3**

Grupo 3

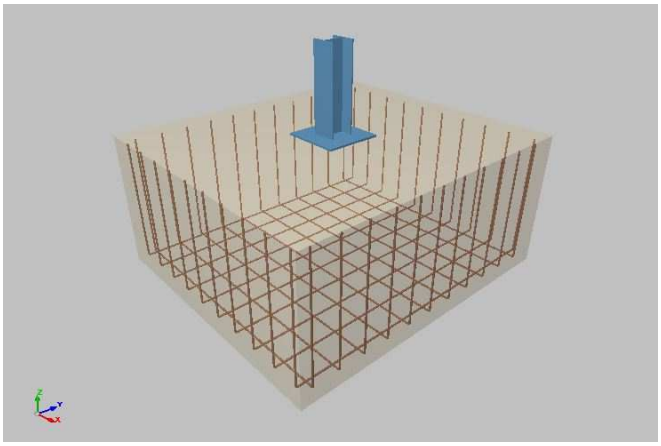


**Ilustración 2.4**

Grupo 4

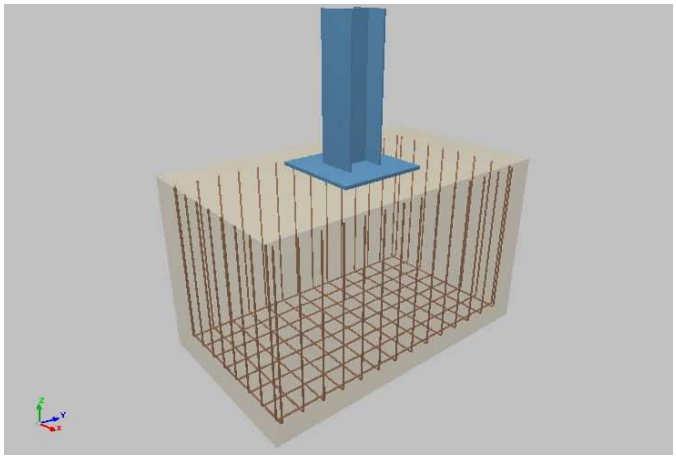


**Ilustración 2.5**

En el "Documento Básico Nº 2. Planos" se encuentra el plano Nº 8 "Zapatas y detalles de cimentación" en el que se recogen todas las características técnicas referentes a estos elementos de cimentación.

De la misma forma, en el "Anexo I. Cálculos" se muestra en detalle el resultado de los cálculos y comprobaciones realizados a algún miembro de cada uno de los grupos de zapatas.

### 2.1.4. Vigas de atado o zunchos

En la cimentación diseñada se encuentran dos tipos de zunchos, por un lado las vigas centradoras que unen las zapatas de medianería con las zapatas de hormigón en masa y de otro lado las vigas de atado que unen las zapatas aisladas entre sí, así como las zapatas de medianería entre sí en el lateral en donde éstas se encuentran.

Vigas Centradoras: Se disponen un total de 12 vigas centradoras, las cuales tienen unas dimensiones de 40 x 50 cm de lado, montan como armadura superior e inferior 4Φ16, como armadura de piel 1x2Φ12 y como estribos 1xΦ8c/20. Gráficamente:

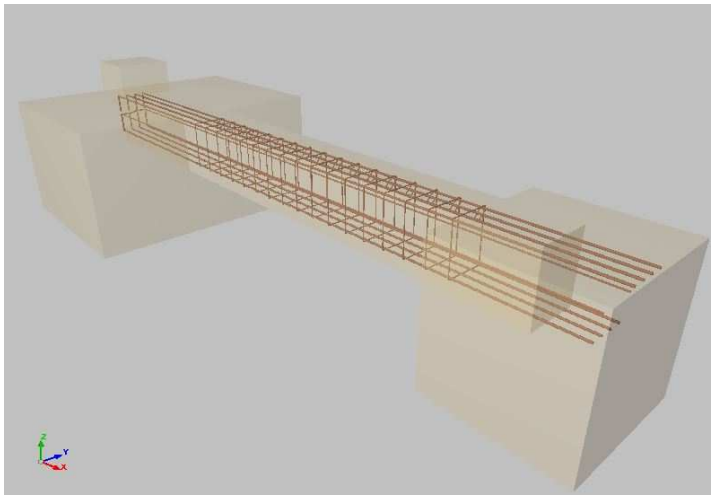


**Ilustración 2.6**

Estas vigas centradoras tienen la función de reducir los efectos estructurales de la excentricidad producida en la cimentación de medianería respecto del pilar que soporta, mediante su unión a la zapata de hormigón en masa.

Vigas de Atado: Se disponen un total de 48 vigas de atado, las cuales tienen unas dimensiones de 40 x 40 cm de lado, montan como armadura superior e inferior 2Φ12 y como estribos 1xΦ8c/30. Gráficamente:

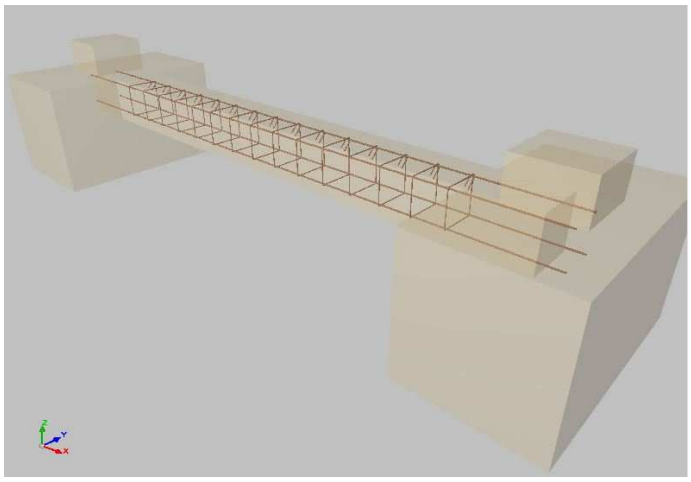


**Ilustración 2.7**

Las vigas de atado cumplen con el objetivo de impedir los posibles movimientos relativos horizontales que se puedan dar entre las zapatas que unen.

En el "Documento Básico Nº 2. Planos" se encuentra el plano Nº 9 "Vigas de atado" en el que se recogen todas las características técnicas referentes a estos elementos de cimentación.

De la misma forma, en el "Anexo I. Cálculos" se muestra en detalle el resultado de los cálculos y comprobaciones realizados a algún miembro de cada tipo de zunchos.

### 2.1.5. Solera

Se va a disponer una solera de 25 cm de espesor con un armado de redondos de diámetro Φ8 y mallazo en cuadrícula electrosoldado de 150x150 mm colocado en la parte inferior. Todo ello sobre un encachado de 20 cm compactado con rodillo.

## 2.2. Sistema estructural

### 2.2.1. Estructura metálica

#### 2.2.1.1. Entramado de cubierta

La cubierta se ha resuelto en su mayor parte mediante correas de la serie ZF-225x4.0 fabricadas en acero S235. Han sido montadas a lo largo de los dinteles que forman la parte superior de los 12 pórticos por los que se compone la nave, salvando longitudes máximas de 5,5 m, dimensión correspondiente a la modulación. Entre correas se ha establecido una separación de 1 m, la cual es suficiente para la posterior instalación del panel sanwich.

La descrita distribución y características de las correas hace que la mayoría de estos elementos soporten de forma solvente todas las cargas y esfuerzos a las que son sometidos, excepto en algunas zonas en las que, por motivos de distribución de cargas en el cálculo a la hora de introducir las distintas hipótesis (como las de viento, entre otras) se ven más exigidas y por lo tanto su aprovechamiento es mayor. Esto queda reflejado en el "Anexo I. Cálculos".

Más información y detalles en el plano Nº 20 "Vista en planta entramado de cubeirta" del "Documento Básico Nº 2. Planos".

#### 2.2.1.2. Pórticos intermedios

Los pórticos intermedios han sido configurados con una modulación de 5,5 m de separación entre sí. La nave ha sido calculada con doble pórtico de 16 m de anchura cada uno y compartiendo la fila de pilares centrales. Se dispone de un total de 9 pórticos (que suponen la mayor parte de la estructura principal de la nave) con la modulación anteriormente establecida, dejando en otro grupo los 3 pórticos restantes que forman las oficinas. Una representación en 3D de lo descrito anteriormente sería la siguiente:

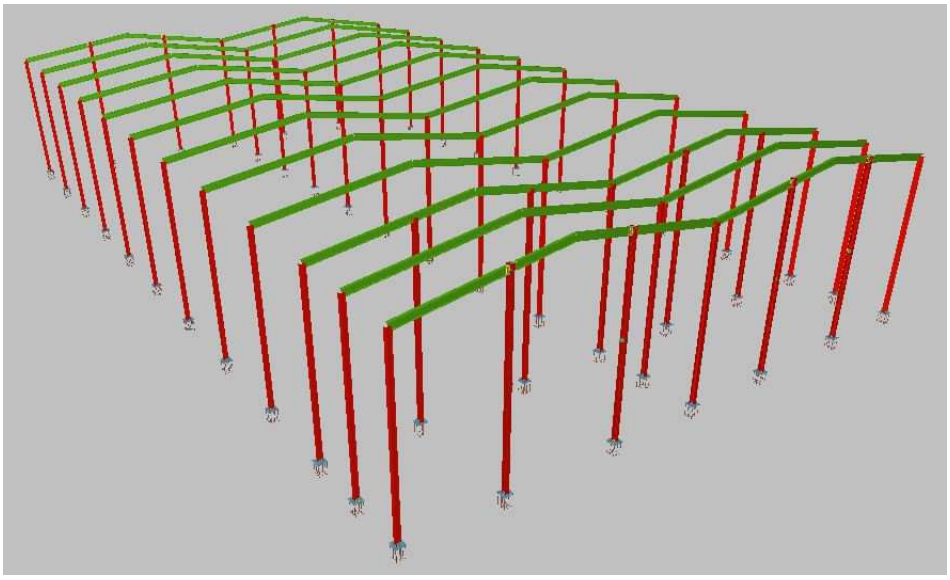


**Ilustración 2.8**

Estos pórticos están formados en sus pilares con perfiles HEA-220 y perfiles IPE-330 para los dinteles, ambas series fabricadas en acero S275. La altura a hombros alcanzada por los pilares es de 9 m y a la que se llega en cumbrera de 10,21 m. La configuración anteriormente definida hace que los pilares centrales sean los que mayor esfuerzo axil soporten, así como las zonas en dinteles más próximas a dicho lugar central.

Toda esta información queda reflejada con mayor claridad en los planos Nº 14 "Alzado pórtico de fachada principal", Nº 15 "Alzado pórtico de fachada trasera", Nº 16 "Alzado pórtico intermedio", Nº 17 "Alzado vista lateral" y Nº 18 "Alzado vista lateral pilares centrales" del "Documento Básico Nº 2. Planos".

En el "Anexo I. Cálculos" se muestra el informe con las comprobaciones realizadas, según normativa, en uno de los pilares centrales más solicitados, así como en una de las zonas de dinteles más exigidas.

#### 2.2.1.3. Pórticos de oficinas

En cuanto a los pórticos de oficinas hay que señalar que poseen las mismas características y las mismas dimensiones que los pórticos intermedios, con la salvedad de que en las oficinas la distancia entre pórticos se reduce de 5,5 m a 3,075 m como se puede apreciar en la ilustración 2.9, a excepción de la separación existente entre el tercer y cuarto pórtico, la cual asciende a 4,85 m. Por lo tanto, la zona de oficinas está formada por tres pórticos con los que se sustenta el forjado principal.

El cálculo de los elementos que componen los pórticos de oficinas se ha llevado a cabo de forma análoga a lo expuesto con los pórticos intermedios, tal y como se recoge en el "Anexo I. Cálculos", por lo que no se adjuntan cálculos de este grupo de pórticos por ser reiterativo.

En este apartado se hace referencia a los planos Nº 14 "Alzado pórtico de fachada principal", Nº 16 "Alzado pórtico intermedio", Nº 17 "Alzado vista lateral" y Nº 18 "Alzado vista lateral pilares centrales" del "Documento Básico Nº 2. Planos".

#### 2.2.1.4. Atado longitudinal

Con objeto de aliviar en cierta medida las cargas o esfuerzos a los que se encuentran sometidos los pilares se ha dispuesto en ambos laterales de la nave, tanto el orientado hacia el suroeste como el orientado al noreste, una viga de atado longitudinal que se corresponde con un perfil HEA-100 en acero S275, la cual ha sido instalada en la parte superior de los pilares (a 9 m de altura) uniendolos entre sí. De esta forma, se ha conseguido reducir notablemente el perfil necesario en los pilares.

Por otra parte, en la zona central de la nave donde encontramos la fila de pilares que comparten ambos pórticos, se ha proyectado la instalación de una viga circular hueca del tipo

CHS 80.0 x 4.0 en acero S275. Este tipo de perfil poco usual, además de su funcionalidad como elemento estructural, tiene la característica de que al ser hueco nos va a permitir llevar por su interior el cableado pertinente de las instalaciones electricas o maquinaria necesarios para la zona de almacén.

El perfil instalado se presenta como una alternativa a un perfil en 'I', cuya instalación podría haberse llevado a cabo en su lugar, pero con este tipo de perfil al pasar por él el cableado necesario y sustentarlo en sus alas, con el tiempo, la acción continuada del peso añadido por parte de estos elementos acabaría por alabear la viga en cierto modo, con los problemas estructurales que ello conlleva. Ésta viga circular hueca se ha dispuesto a lo largo de todos los pórticos intermedios a excepción de los tres que comprenden la zona de oficinas.

Para los tres pórticos de dicha zona se ha instalado el mismo tipo de perfil que en los laterales de la nave, ya que su respuesta en cuanto a resistencia es buena.

Uniendo la cumbrera de los dinteles correspondientes a los pórticos intermedios se ha previsto la instalación del mismo perfil HEA-100 en acero S275, puesto que sus características son suficientes para ofrecer respuesta a las solicitaciones en esta zona de la estructura.

A continuación, se muestra una imágen en la que se aprecian los tipos de atados longitudinales comentados a lo largo de esta sección:

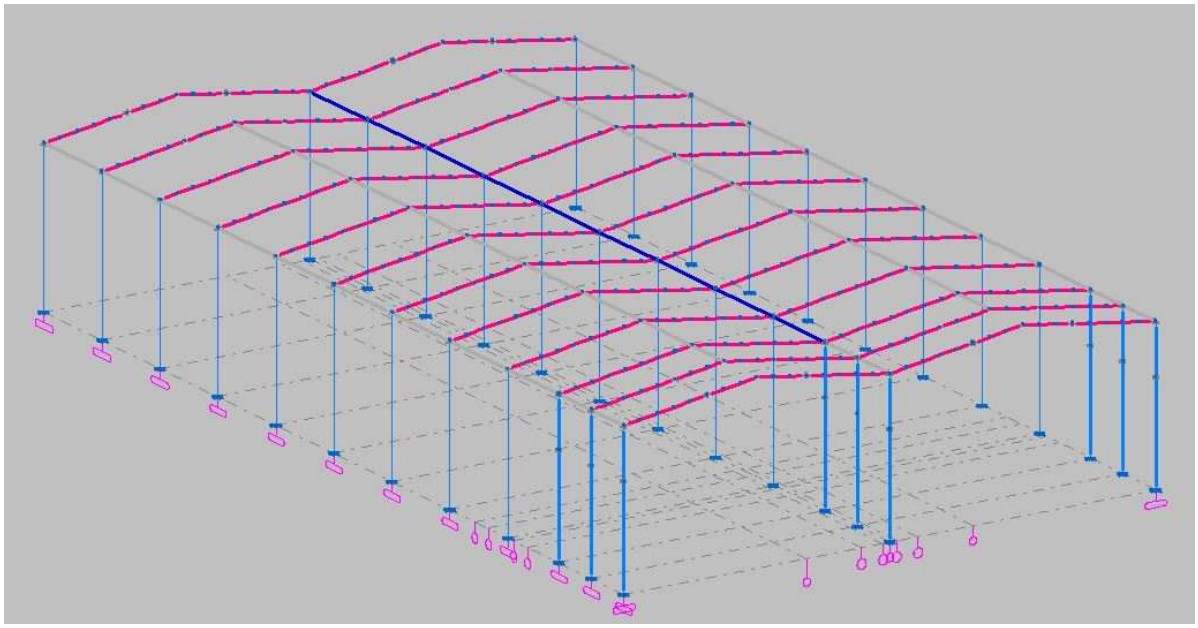


**Ilustración 2.9**

En color gris se encuentran representados los perfiles HEA-100 y el color azul oscuro hace alusión al perfil circular.

En el "Anexo I. Cálculos" se recogen los calculos y comprobaciones realizados, según normativa, de alguna de las secciones más solicitadas para cada tipo de viga de atado longitudinal.

La información sobre las dimensiones y resto de características de los atados longitudinales se recogen en los planos Nº 17 "Alzado vista lateral" y Nº 18 "Alzado vista lateral pilares centrales" del "Documento Básico Nº 2. Planos".

#### 2.2.1.5. Zanca de escalera

Como zancas de escalera se ha optado por el uso de un perfil IPE-140 en acero S275. Éstas han sido dimensionadas con una sobrecarga de uso de 2,5 $KN/m^2$, carga que se ha considerado bastante conservadora, ya que habitualmente la escalera va a estar frecuentada por un numero bajo de personas.

En el "Anexo I. Cálculos" se recogen los calculos y comprobaciones realizados, según normativa, de una de las zancas que componen la escalera.

#### 2.2.1.6. Placas de anclaje

Las placas de anclaje han sido fabricadas en el mismo tipo de acero que el pilar al cual se encuentran unidas, es decir, acero S275. Cuentan con una placa base de dimensiones 500 mm x 500 mm y un espesor de 18 mm. Su unión al pilar ha sido reforzada mediante 8 rigidizadores (dos por lado) y su unión a la zapata se ha llevado a cabo mediante 8 ganchos a 180º de 20 mm de diámetro y una longitud total de 50 cm.

En el "Anexo I. Cálculos" se muestra en detalle el cálculo y comprobaciones realizadas verificándose así la correcta respuesta de este tipo de unión frente a los esfuerzos a los que es sometida.

En planos Nº 7 "Replanteo de pilares y cimentaciones" y Nº 11 "Detalle de placas de anclaje" del "Documento Básico Nº 2. Planos" se muestra una información detallada y precisa acerca de la ubicación y distribución de las placas de anclaje así como su despiece y dimensiones.

#### 2.2.2. Forjado

Como ya se ha comentado en el apartado 1.3.8.3.2. del presente proyecto el forjado de oficinas ha sido diseñado con viguetas unidireccionales correspondientes a un perfil IPE-120 en acero S275 y van apoyadas sobre las vigas de forjado correspondientes al perfil IPE-220 en acero S275.

En el "Anexo I. Cálculos" se detallan las comprobaciones y cálculos realizados para uno de los elementos de cada grupo anteriormente citado.

El plano al que se hace referencia en este apartado es el Nº 19 "Planta forjado principal" del "Documento Básico Nº 2. Planos".

### 2.3. Sistema envolvente

#### 2.3.1. Cerramiento

El elemento principal que conforma el cerramiento de la nave son las placas alveolares de hormigón citadas en el apartado 1.3.9.2. Este elemento ha sido elegido gracias a la seguridad que aporta tanto estructural como de confinamiento de los productos del interior de la nave, ya que el hormigón con el que están hechas las placas posee una resistencia característica de 40 $N/mm^2$ , además del armado de barras de acero con el que cuenta, el cual es necesario para aguantar los esfuerzos de tracción a los que puede ser sometida la placa en función del comportamiento frente a las distintas acciones a las que se ve expuesta la estructura.

El armado con el que cuentan las placas alveolares es de acero B 500S con una resistencia característica de 500 $N/mm^2$.

#### 2.3.2. Cubierta

El elemento principal del que se va a construir la cubierta es el panel sandwich indicado en el apartado 1.3.9.1. El panel instalado ha sido desarrollado para su uso en cubiertas con un inclinación mínima del 6%, lo cual se cumple ya que la inclinación de la cubierta proyectada es de 8,6 %. Está formado por una doble cara metálica con un espesor de aislamiento de 30 mm compuesto por poliuretano inyectado tanto con espumas PUR como PIR. El sistema de fijación que se usará en este tipo de cubierta será de tornillería vista.

## 2.4. Sistema de compartimentación

### 2.4.1. Tabiquería

Como ya se indicó en el apartado 1.3.10.1. en función de la zona del edificio que se esté sectorizando se colocará un sistema de tabiquería u otro, siendo uno de los más importantes el que cuenta con ladrillo aislante acústico, debido a las características especiales que otorga al tabique en el que se monta y a las dimensiones de anchura que posee.

### 2.4.2. Techos planta oficinas

Gracias a la utilización de bovedillas y viguetas para la construcción de este forjado superior que forma el techo de la zona de oficinas se cuenta con una resistencia de entramado suficiente como para sustentar la maquinaria pertinente que se requiera en instalaciones de climatización, por ejemplo, admás de contar con una altura libre suficiente para albergar los citados equipos.

## 2.5. Sistema de acabados

### 2.5.1. Revestimientos paredes

Se realizará conforme a lo establecido en el apartado 1.3.11.1. del presente documento.

### 2.5.2. Techos planta oficinas

Se montarán conforme a lo establecido en el apartado 1.3.11.2. del presente documento

### 2.5.3. Pavimentos

Se montarán conforme a lo establecido en el apartado 1.3.11.3. del presente proyecto.

### 2.5.4. Carpinterías

#### 2.5.4.1. Carpintería de madera

Para la zona de oficinas se van a instalar puertas de vidrio laminar en la entrada a despachos de una sola hoja abatible de 0,9 x 2,4 $m^2$. En la sala de reuniones se ha provisto la instalación de una puerta de hoja abatible doble compuesta en vidrio laminar con dimensiones de 1,8 x 2,4 $m^2$.

Para el resto de dependencias de la planta de oficinas así como los baños de esta planta, baños y vestuarios en planta baja, puerta de caseta de control y puerta de entrada a zona de

descanso se ha proyectado la instalación de puertas de madera ciegas abatibles de una sola hoja de dimensiones 0,7 x 2,4 ó 0,8 x 2,4 $m^2$ en función de la zona en la que se encuentre ubicada cada una de ellas.

La puerta de entrada a la nave situada en el lateral derecho para el acceso peatonal es una puerta cortafuego abatible de una hoja ciega tipo EI-60 con acabado en roble y dimensiones de 1 x 2,4 $m^2$.

Todas ellas irán provistas en su instalación de marcos en el mismo acabado que la puerta dada así como el resto de accesorios necesarios.

En el plano Nº 23 "Carpinterías" del "Documento Básico Nº 2. Planos" se puede ver con mayor detalle las características de los citados elementos.

#### 2.5.4.2. Carpintería metálica

Sobre la estructura metálica y zancas de escalera que se han proyectado se va a llevar a cabo la creación de una escalera mediante la instalación de peldaños metálicos, suministrados por la empresa "Eleve" o similar. Estos peldaños son fabricados en chapa plegada y metal desplegado pesado tipo taco de dama, todo galvanizado por innmersión en caliente y nariz redondeada.

Para la sujeción de estos elementos se va a instalar previamente un sistema de escuadras y perfilerías mediante soldaduras además de las conexiones metálicas que se colocan a lo largo de las zancas y que van de una a otra. Sobre estas conexiones finalmente se colocarán los peldaños.

La misma empresa indicada anteriormente será la encargada de suministrar tanto la baranda como las plataformas necesarias para descansillos en escalera, todo ello irá unido mediante soldaduras en obra.

En cuanto a las ventanas que irán instaladas en la fachada principal con objeto de dar luminosidad a la zona de oficinas se ha hecho elección de ventanas de hoja abatible ejecutada con perfiles de aluminio de primera calidad de dimensiones 0,8 x 1,5.

En el plano Nº 23 "Carpinterías" del "Documento Básico Nº 2. Planos" se puede apreciar un mayor detalle en cuanto a dimensiones y características de las ventanas, así como una representación de su acabado final en el plano Nº 5 "Alzados de fachada frontal y trasera".

## 2.6. Sistemas de acondicionamiento e instalaciones

### 2.6.1. Protección contra incendios

No procede el cálculo del sistema de protección contra incendios debido a que no forma parte de los objetivos del presente proyecto.

### 2.6.2. Electricidad

No procede el cálculo de instalaciones electricas debido a que no forma parte de los objetivos del presente proyecto.

### 2.6.3. Alumbrado

No procede el cálculo de instalaciones para alumbrado debido a que no forma parte de los objetivos del presente proyecto.

### 2.6.4. Fontanería

No procede el cálculo de instalaciones de fontanería debido a que no forma parte de los objetivos del presente proyecto.

### 2.6.5. Instalación de saneamiento

No procede el cálculo de instalaciones de saneamiento debido a que no forma parte de los objetivos del presente proyecto.

### 2.6.6. Climatización

No procede el cálculo de instalaciones de climatización debido a que no forma parte de los objetivos del presente proyecto.

### 2.6.7. Preinstalación de telecomunicaciones

No procede el cálculo de instalaciones de telecomunicaciones debido a que no forma parte de los objetivos del presente proyecto.

## 2.7. Equipamiento

### 2.7.1. Puertas seccionales motorizadas

Para la entrada de vehículos pesados y de grandes dimensiones, tales como camiones trailer, se ha previsto la intalación de dos puertas seccionales motorizadas en la fachada principal.

Éstas son expedidas por parte del fabricante "Hörmann" o similar. En este caso ha sido elegido el modelo de puerta "Decotherm S" con unas dimensiones de 6 m de anchura por 5 m de altura. La elección de dichas dimensiones se ha hecho en base a las características de los vehículos mencionados anteriormente de manera que puedan maniobrar fácilmente.

Las puertas de entrada han sido montadas sobre una viga HEA-100 en acero S275 que sirve como dintel de apoyo para el montaje de las puertas seccionales y que ha sido dimensionada teniendo en cuenta el peso de dicho modelo de puerta.

En la fachada trasera de la nave han sido instaladas dos puertas motorizadas, en este caso basculantes, de dimensiones 3,5 m de ancho por 3 m de alto y suministradas por el fabricante "Novoferm alsal" o similar. Éstas permiten el paso de varias carretillas elevadoras desde el interior al exterior de la nave y viceversa para el trasiego de palets.

Tanto en las puertas ubicadas en fachada delantera como trasera se le pedirá al fabricante que se doten de una puerta de paso peatonal con apertura desde el interior mediante barra antipánico.

La representación de la ubicación de las puertas viene dada en el plano Nº 5 "Alzados de fachada frontal y trasera" del "Documento Básico Nº 2. Planos".

### 2.7.2. Ascensor

Se ha previsto la instalación de un ascensor "Orona" o similar, para edificios comerciales sin sala de máquinas, debido a razones de espacio. El sistema que propulsa a la cabina es un sistema hidráulico instalado en un foso bajo el nivel del suelo de planta baja.

Se ha escogido el modelo "Orona 3G 2010 (MRLG)" con capacidad para 8 personas y 2 embarques a 90º. Esta distribución de embarques es ideal para la ubicación en la que se encuentran la entrada en planta baja (orientada hacia la zona de almacén) y el desembarco en

planta primera (orientado en la dirección longitudinal del pasillo). Además, cuenta con capacidad suficiente para una persona en silla de ruedas y su acompañante.

El hueco que va a albergar al ascensor va a ser construido con ladrillo macizo de doble perforación puesto a 'toché', de medidas 1 pie de longitud y ½ pie de anchura.

La ubicación del hueco que albergará al ascensor así como sus dimensiones se recogen en el plano Nº 4 "Planta de distribución y acotado. Plantas baja y alta" del "Documento Básico Nº 2. Planos".

# 3. CUMPLIMIENTO DEL CTE

## 3.1. Seguridad estructural

Para la ejecución y cálculo del presente proyecto se ha hecho uso del DB-SE (Abril 2009). Por otra parte, se ha utilizado el DB-SE-AE (Abril 2009) para todos aquellos aspectos referentes al cálculo de cargas y sobrecargas influyentes en el cálculo estructural.

Las posibles cargas provocadas por la acción térmica no han sido tenidas en cuenta ya que según el apartado 3.4.1. del DB-SE-AE: "*En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud*.", hecho que se cumple en la estructura metálica que conforma la nave objeto del proyecto.

## 3.2. Seguridad en caso de incendio

Dado que no es objeto del presente proyecto el cálculo de la dotación en materia contra incendios, éste no ha sido llevado a cabo. No obstante, se hace mención de la normativa que le es de aplicación al edificio en cuestión:

Para la zona de oficinas, dado que es una zona de uso administrativo el reglamento a aplicar sería el DB-SI (Febrero 2010).

En cuanto al resto del edificio, puesto que es una construcción destinada al uso industrial el reglamento a aplicar en este caso es el RSCIEI aprobado por el R.D. 2267/2004 de 3 de diciembre, a propuesta del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y es de obligado cumplimento desde el 16 de enero de 2005.

## 3.3. Seguridad de utilización

Para la ejecución y cálculo del presente proyecto se ha hecho uso del DB-SUA (Febrero 2010) para su aplicación en materia de seguridad frente a los distintos riesgos a los que están expuestos los usuarios del edificio durante su actividad.

## 3.4. Salubridad

Con objeto de proveer de la adecuada calidad a las instalaciones del edificio en cuanto al tratamiento de aguas y su suministro así como la gestión de residuos generados y demás

aspectos relacionados con la salubridad, es de obligatorio cumplimiento la aplicación del DB-HS (Junio 2017).

## 3.5. Protección contra el ruido

Para el mantenimiento de unos niveles sonoros aceptables y de un aislamiento adecuado frente al ruido que no afecte a la salud de las personas se hace necesario llevar a cabo un cumplimiento de medidas mínimas las cuales se recogen en el DB-HR (Septiembre 2009).

## 3.6. Ahorro de energía

Con el objetivo de limitar los niveles de consumo y demanda energéticos así como el velar por el buen rendimiento y eficiencia de las instalaciones de las que se dispone, se hace necesario llevar a cabo el cumplimiento de la normativa que se recoge en el DB-HE (Junio 2017).

# 4. CUMPLIMIENTO DE OTROS REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES

## 4.1. Normativa urbanística

A fecha de la redacción del presente proyecto no hay un PGOU que se encuentre en estado de vigencia en la ciudad de Jaén, por lo que las condiciones de urbanismo con las cuales se ha llevado a cabo el proyecto han sido aplicadas a partir de lo establecido en las Normas Subsidiarias de Jaén.

## 4.2. Normativa medioambiental

Puesto que la localidad de Jaén es perteneciente a la comunidad autónoma de Andalucía se ha de llevar a cabo el cumplimiento de la Ley de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental aprobada por el Pleno del Parlamento en Junio de 2007.

# 5. ANEXOS DE MEMORIA

## 5.1. Anexo I. Cálculos

ZAPATAS

A continuación, se muestra en detalle los resultados de cálculo de una zapata determinada dentro de cada grupo:

Grupo 1

| Referencia: N46<br>Dimensiones: 220 x 165 x 110<br>Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.1962 MPa<br>Calculado: 0.0403191 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.0406134 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.0422811 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>- En dirección X:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | Reserva seguridad: 680.7 % | Cumple |
| - En dirección Y (1)<br>(1) *Sin momento de vuelco* | | No procede |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: -16.29 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 118.51 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Cortante: 0.00 kN | Cumple |
| - En dirección Y: | Cortante: 28.15 kN | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 61.3 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 110 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N46: | Mínimo: 49 cm<br>Calculado: 102 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br>*Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08* | Mínimo: 0.001 | |

| Referencia: N46<br>Dimensiones: 220 x 165 x 110<br>Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 0.001 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br>*Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08* | Calculado: 0.0011 | |
| - Armado inferior dirección X: | Mínimo: 0.0001 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Mínimo: 0.0003 | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Mínimo: 0.0001 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>*Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)* | Mínimo: 12 mm | |
| - Parrilla inferior: | Calculado: 16 mm | Cumple |
| - Parrilla superior: | Calculado: 16 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br>*Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08* | Máximo: 30 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección X: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| - Armado superior dirección Y: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br>*Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991* | | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 44 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 0 cm<br>Calculado: 0 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm | Cumple |

| Referencia: N46<br>Dimensiones: 220 x 165 x 110<br>Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 44 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 0 cm<br>Calculado: 0 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas: | Mínimo: 16 cm | |
| - Armado inf. dirección X hacia der: | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq: | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der: | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq: | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo: | Calculado: 16 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Grupo 2

| Referencia: N128<br>Dimensiones: 230 x 270 x 120<br>Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.1962 MPa<br>Calculado: 0.0374742 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.0317844 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.080442 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 1054.9 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 4.0 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 13.25 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 117.66 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Tensión tangencial: 0.00 MPa | Cumple |

| Referencia: N128<br>Dimensiones: 230 x 270 x 120<br>Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| - En dirección Y: | Tensión tangencial: 0.00 MPa | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 20.4 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 35 cm<br>Calculado: 120 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N128: | Mínimo: 49 cm<br>Calculado: 112 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 18 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Grupo 3

| Referencia: N76<br>Dimensiones: 240 x 270 x 120<br>Armados: Xi:Ø16c/24 Yi:Ø16c/24 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.1962 MPa<br>Calculado: 0.0450279 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.041202 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.0567999 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 1061.1 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 7.6 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 36.96 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 59.42 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Tensión tangencial: 0.00 MPa | Cumple |
| - En dirección Y: | Tensión tangencial: 0.00 MPa | Cumple |

| Referencia: N76<br>Dimensiones: 240 x 270 x 120<br>Armados: Xi:Ø16c/24 Yi:Ø16c/24 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 81.1 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 35 cm<br>Calculado: 120 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N76: | Mínimo: 49 cm<br>Calculado: 112 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 24 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

Grupo 4

| Referencia: N140<br>Dimensiones: 100 x 170 x 100<br>Armados: Xi:Ø10c/12 Yi:Ø10c/12 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | | |
| - Tensión media en situaciones persistentes: | Máximo: 0.1962 MPa<br>Calculado: 0.115954 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.128217 MPa | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: | Máximo: 0.24525 MPa<br>Calculado: 0.203558 MPa | Cumple |
| Vuelco de la zapata:<br>*Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* | | |
| - En dirección X: | Reserva seguridad: 134.6 % | Cumple |
| - En dirección Y: | Reserva seguridad: 22.8 % | Cumple |
| Flexión en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Momento: 13.59 kN·m | Cumple |
| - En dirección Y: | Momento: 48.33 kN·m | Cumple |
| Cortante en la zapata: | | |
| - En dirección X: | Tensión tangencial: 0.00 MPa | Cumple |
| - En dirección Y: | Tensión tangencial: 0.00 MPa | Cumple |

| Referencia: N140<br>Dimensiones: 100 x 170 x 100<br>Armados: Xi:Ø10c/12 Yi:Ø10c/12 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Compresión oblicua en la zapata:<br>- Situaciones persistentes:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros* | Máximo: 5000 kN/m²<br>Calculado: 133.1 kN/m² | Cumple |
| Canto mínimo:<br>*Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 35 cm<br>Calculado: 100 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N140: | Mínimo: 49 cm<br>Calculado: 93 cm | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br>*Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16* | Mínimo: 10 cm | |
| - Armado inferior dirección X: | Calculado: 12 cm | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y: | Calculado: 12 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

De forma análoga a lo expuesto en las tablas se ha procedido en el cálculo del resto de zapatas que conforman la cimentación del edificio.

VIGAS DE ATADO O ZUNCHOS

A continuación, se muestra en detalle los resultados de cálculo de un zuncho determinado dentro de cada tipo:

Vigas Centradoras:

| Referencia: VC.S-1.1 [N134-N29] (Viga centradora)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm<br>-Armadura superior: 4Ø16<br>-Armadura de piel: 1x2Ø12<br>-Armadura inferior: 4Ø16<br>-Estribos: 1xØ8c/20 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Diámetro mínimo estribos: | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br>*Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 19.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br>*Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 3.7 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 7.3 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 7.3 cm | Cumple |
| - Armadura de piel: | Calculado: 17 cm | Cumple |

Referencia: VC.S-1.1 [N134-N29] (Viga centradora)
-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm
-Armadura superior: 4Ø16
-Armadura de piel: 1x2Ø12
-Armadura inferior: 4Ø16
-Estribos: 1xØ8c/20

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|---|---|
| Separación máxima estribos:<br>- Situaciones persistentes:<br>*Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08* | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br>*Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08* | Máximo: 30 cm | |
| - Armadura superior: | Calculado: 7.3 cm | Cumple |
| - Armadura inferior: | Calculado: 7.3 cm | Cumple |
| - Armadura de piel: | Calculado: 17 cm | Cumple |
| Cuantía mínima para los estribos:<br>- Situaciones persistentes:<br>*Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1* | Mínimo: 3.93 cm²/m<br>Calculado: 5.02 cm²/m | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima armadura traccionada:<br>*Norma EHE-08. Artículo 42.3.5* | Mínimo: 0.0033 | |
| - Armadura inferior (Situaciones persistentes): | Calculado: 0.004 | Cumple |
| - Armadura superior (Situaciones persistentes): | Calculado: 0.004 | Cumple |
| Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta:<br>*Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)* | Calculado: 8.04 cm² | |
| - Armadura inferior (Situaciones persistentes): | Mínimo: 2.74 cm² | Cumple |
| - Armadura superior (Situaciones persistentes): | Mínimo: 3.83 cm² | Cumple |
| Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta:<br>Situaciones persistentes: | Momento flector: 32.77 kN·m<br>Axil: ± 0.00 kN | Cumple |
| | Momento flector: -98.33 kN·m<br>Axil: ± 0.00 kN | Cumple |
| Longitud de anclaje barras superiores origen:<br>- Situaciones persistentes:<br>*El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares* | Mínimo: 39 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje barras inferiores origen:<br>- Situaciones persistentes:<br>*El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares* | Mínimo: 27 cm<br>Calculado: 28 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje de las barras de piel origen:<br>- Situaciones persistentes:<br>*El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares* | Mínimo: 29 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |

| Referencia: VC.S-1.1 [N134-N29] (Viga centradora)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm<br>-Armadura superior: 4Ø16<br>-Armadura de piel: 1x2Ø12<br>-Armadura inferior: 4Ø16<br>-Estribos: 1xØ8c/20 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Longitud de anclaje barras superiores extremo:<br>- Situaciones persistentes:<br>*El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares* | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 17 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje barras inferiores extremo:<br>- Situaciones persistentes:<br>*El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares* | Mínimo: 27 cm<br>Calculado: 28 cm | Cumple |
| Longitud de anclaje de las barras de piel extremo:<br>- Situaciones persistentes:<br>*El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares* | Mínimo: 29 cm<br>Calculado: 29 cm | Cumple |
| Comprobación de cortante:<br>- Situaciones persistentes: | Cortante: 27.31 kN | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |
| Información adicional: | | |
| - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 16.0 mm (Cumple) | | |

Vigas de Atado:

| Referencia: C.1 [N44-N52] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Diámetro mínimo estribos: | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br>*Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08* | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br>*Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*<br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior: | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br>*Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08* | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br>*Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*<br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior: | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | <br>Cumple<br>Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

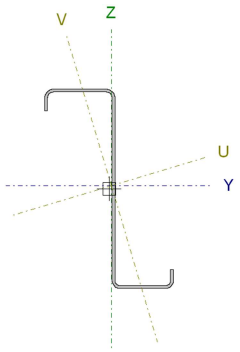
| Referencia: C.1 [N44-N52] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2Ø12<br>-Armadura inferior: 2Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 | | |
|---|---|---|
| Comprobación | Valores | Estado |
| Información adicional: | | |
| - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) | | |
| - No llegan estados de carga a la cimentación. | | |

De forma análoga a lo expuesto en las tablas se ha procedido en el cálculo del resto de zunchos que conforman la cimentación del edificio.

## ENTRAMADO DE CUBIERTA

A continuación, se muestran las comprobaciones realizadas según normativa a uno de los elementos que forman parte de la cubierta cuyo grado de aprovechamiento es de los que se encuentra más al límite, ya que tiene un aprovechamiento en resistencia del 93,49 % y un aprovechamiento en flecha del 22,3 %.

**Perfil: ZF-225x4.0**
**Material: Acero ( S 235 )**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$ (1) (cm4) | $I_z$ (1) (cm4) | $I_{yz}$ (4) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) | $y_g$ (3) (mm) | $z_g$ (3) (mm) | α (5) (grados) |
| N145 | N393 | 4.840 | 15.68 | 1152.62 | 168.81 | -322.31 | 0.84 | 2.19 | 3.50 | 16.6 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*
*(3) Coordenadas del centro de gravedad*
*(4) Producto de inercia*
*(5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

| Barra | COMPROBACIONES (EAE 2011) | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | b / t | $N_t$ | $N_c$ | $M_u$ | $M_v$ | $M_uM_v$ | $V_u$ | $V_v$ | $N_tM_uM_v$ | $N_cM_uM_v$ | $NM_uM_vV_uV_v$ | $M_tNM_uM_vV_uV_v$ | |
| N145/N393 | b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple | η = 4.8 | η = 2.4 | x: 0.105 m η = 73.1 | x: 0.105 m η = 52.0 | x: 0.105 m η = 93.5 | x: 0.105 m η = 1.1 | x: 4.84 m η = 4.0 | x: 0.105 m η = 92.8 | x: 0.105 m η = 55.9 | η < 0.1 | N.P.(1) | **CUMPLE η = 93.5** |

*Notación:*
*b / t: Relación anchura / espesor*
*$N_t$: Resistencia a tracción*
*$N_c$: Resistencia a compresión*
*$M_u$: Resistencia a flexión. Eje U*
*$M_v$: Resistencia a flexión. Eje V*
*$M_uM_v$: Resistencia a flexión biaxial*
*$V_u$: Resistencia a corte U*
*$V_v$: Resistencia a corte V*
*$N_tM_uM_v$: Resistencia a tracción y flexión*
*$N_cM_uM_v$: Resistencia a compresión y flexión*
*$NM_uM_vV_uV_v$: Resistencia a cortante, axil y flexión*
*$M_tNM_uM_vV_uV_v$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante*
*x: Distancia al origen de la barra*
*η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
*N.P.: No procede*

*Comprobaciones que no proceden (N.P.):*
*(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*

**Relación anchura / espesor** (EAE 2011, Artículo 73.6)

Se debe satisfacer:

$\mathbf{h/t} \leq 500$ — **h / t :** ***56.3*** ✓

$\mathbf{b_1/t} \leq 60$ — **$b_1$ / t :** ***20.0*** ✓

$\mathbf{c_1/t} \leq 50$ — **$c_1$ / t :** ***6.3*** ✓

$\mathbf{b_2/t} \leq 60$ — **$b_2$ / t :** ***17.5*** ✓

$\mathbf{c_2/t} \leq 50$ — **$c_2$ / t :** ***5.5*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$0.2 \leq \mathbf{c_1/b_1} \leq 0.6$ — **$c_1$ / $b_1$ :** *0.313*

$0.2 \leq \mathbf{c_2/b_2} \leq 0.6$ — **$c_2$ / $b_2$ :** *0.314*

Donde:

| | | |
|---|---|---|
| **h**: Altura del alma. | **h** : | *225.00* mm |
| **$b_1$**: Ancho del ala superior. | **$b_1$** : | *80.00* mm |
| **$c_1$**: Altura del rigidizador del ala superior. | **$c_1$** : | *25.00* mm |
| **$b_2$**: Ancho del ala inferior. | **$b_2$** : | *70.00* mm |
| **$c_2$**: Altura del rigidizador del ala inferior. | **$c_2$** : | *22.00* mm |
| **t**: Espesor. | **t** : | *4.00* mm |

## **Resistencia a tracción** (EAE 2011, Artículo 34.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.048*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *16.98* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

**$N_{t,Rd}$** : *350.88* kN

Donde:

| | | |
|---|---|---|
| **$A_g$**: Área bruta de la sección transversal de la barra. | **$A_g$** : | *15.68* cm² |
| **$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (EAE 2011, Artículo 73.2) | **$f_{yb}$** : | *235.00* MPa |
| **$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. | **$\gamma_{M0}$** : | *1.05* |

## **Resistencia a compresión** (EAE 2011, Artículo 34.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.024*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *7.59* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

**$N_{c,Rd}$** : *313.63* kN

Donde:

| | | |
|---|---|---|
| **$A_{eff}$**: Área eficaz de la sección transversal de la barra. | **$A_{eff}$** : | *14.01* cm² |
| **$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (EAE 2011, Artículo 73.2) | **$f_{yb}$** : | *235.00* MPa |
| **$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. | **$\gamma_{M0}$** : | *1.05* |

**Resistencia a pandeo.** (EAE 2011, Artículo 73.11.3)

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

## **Resistencia a flexión. Eje U** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ $\eta$ : **0.731** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N145, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

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

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos(\alpha) - M_{z,Ed} \cdot \sin(\alpha)$$ $M_{u,Ed}^{+}$ : 15.85 kN·m

Donde:

**$M_{y,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{+}$ : 15.29 kN·m

**$M_{z,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{z,Ed}^{-}$ : 4.17 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N145, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

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

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos(\alpha) - M_{z,Ed} \cdot \sin(\alpha)$$ $M_{u,Ed}^{-}$ : 9.59 kN·m

Donde:

**$M_{y,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{-}$ : 9.53 kN·m

**$M_{z,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{z,Ed}^{+}$ : 1.61 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$ $M_{c,Rd}$ : 21.67 kN·m

Donde:

**$W_{el}$**: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. $W_{el}$ : 96.83 cm³

**$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (EAE 2011, Artículo 73.2) $f_{yb}$ : 235.00 MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral del ala superior:** (EAE 2011, Artículo 73.11.3)

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

**Resistencia a pandeo lateral del ala inferior:** (EAE 2011, Artículo 73.11.3)

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

**Resistencia a flexión. Eje V** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ $\eta$ : **0.520** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N145, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

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

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin(\alpha) + M_{z,Ed} \cdot \cos(\alpha)$$

**$M_{v,Ed}^+$** : *0.44* kN·m

Donde:

**$M_{y,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^+$** : *8.32* kN·m

**$M_{z,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^-$** : *2.02* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N145, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

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

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin(\alpha) + M_{z,Ed} \cdot \cos(\alpha)$$

**$M_{v,Ed}^-$** : *1.76* kN·m

Donde:

**$M_{y,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^-$** : *6.55* kN·m

**$M_{z,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^+$** : *0.12* kN·m

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

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

**$M_{c,Rd}$** : *3.38* kN·m

Donde:

**$W_{el}$**: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. **$W_{el}$** : *15.12* cm³

**$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (EAE 2011, Artículo 73.2) **$f_{yb}$** : *235.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**<u>Resistencia a flexión biaxial</u>** (EAE 2011, Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{u,Ed}}{M_{cu,Rd}} + \frac{M_{v,Ed}}{M_{cv,Rd}} \leq 1$$

**$\eta$** : ***0.935*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N145, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

**$M_{u,Ed}$, $M_{v,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes U y V, respectivamente.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos(\alpha) - M_{z,Ed} \cdot \sin(\alpha)$$

**$M_{u,Ed}^-$** : *9.23* kN·m

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin(\alpha) + M_{z,Ed} \cdot \cos(\alpha)$$

**$M_{v,Ed}^-$** : *1.72* kN·m

Donde:

**$M_{y,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^-$** : *9.33* kN·m

**$M_{z,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^+$** : *0.99* kN·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

**$M_{cu,Rd}$, $M_{cv,Rd}$**: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes U y V, respectivamente. **$M_{cu,Rd}$** : *21.67* kN·m

**$M_{cv,Rd}$** : *3.38* kN·m

**Resistencia a corte U** (EAE 2011, Artículo 73.10)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.011 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N145, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

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

$$V_{u,Ed} = V_{y,Ed} \cdot \cos(\alpha) + V_{z,Ed} \cdot \sin(\alpha)$$

$V_{u,Ed}$ : 0.82 kN

Donde:

**$V_{y,Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{y,Ed}$ : 0.16 kN

**$V_{z,Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{z,Ed}$ : 2.31 kN

La resistencia de cálculo a esfuerzo cortante **$V_{Rd}$** es la menor de las obtenidas según los apartados a) y b): $V_{Rd}$ : 71.54 kN

a) Resistencia de cálculo a esfuerzo cortante $V_{Rd}$, suponiendo que se agota el alma.

$$V_{Rd} = \frac{\left(\frac{h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}\right) / \gamma_{M0}}{\sin\ \alpha}$$

$V_{Rd}$ : 392.76 kN

Donde:

**$h_w$**: Altura del alma. $h_w$ : 216.31 mm

**t**: Espesor. t : 4.00 mm

**Ø**: Ángulo que forma el alma con la horizontal. Ø : 90.0 grados

**α**: Ángulo que forman los ejes principales U y V con los ejes Y y Z. α : 16.6 grados

$$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb}$$

$f_{bv}$ : 136.30 MPa

Siendo:

**$\bar{\lambda}_w$**: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$ : 0.63

Donde:

**$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (EAE 2011, Artículo 73.2) $f_{yb}$ : 235.00 MPa

**E**: Módulo de elasticidad. E : 210000.00 MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

b) Resistencia de cálculo a esfuerzo cortante $V_{Rd}$, suponiendo que se agotan las alas.

$$V_{Rd} = \frac{(b_{d,1} + b_{d,2}) \cdot t \cdot f_{yb} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})}{\cos\ \alpha}$$

$V_{Rd}$ : 71.54 kN

Donde:

**$b_{d,1}$**: Ancho del ala superior. $b_{d,1}$ : 71.31 mm

**$b_{d,2}$**: Ancho del ala inferior. $b_{d,2}$ : 61.31 mm

**t**: Espesor. t : 4.00 mm

**α**: Ángulo que forman los ejes principales U y V con los ejes Y y Z. α : 16.6 grados

**$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (EAE 2011, Artículo 73.2) $f_{yb}$ : 235.00 MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a corte V** (EAE 2011, Artículo 73.10)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.040** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N393, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+ 1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

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

$$V_{v,Ed} = -V_{y,Ed} \cdot \sin(\alpha) + V_{z,Ed} \cdot \cos(\alpha)$$

$V_{v,Ed}^{+}$ : *4.66* kN

Donde:

**$V_{y,Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{y,Ed}^{-}$ : *1.10* kN

**$V_{z,Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{z,Ed}^{+}$ : *4.54* kN

La resistencia de cálculo a esfuerzo cortante **$V_{Rd}$** es la menor de las obtenidas según los apartados a) y b): $V_{Rd}$ : *117.21* kN

a) Resistencia de cálculo a esfuerzo cortante $V_{Rd}$, suponiendo que se agota el alma.

$$V_{Rd} = \frac{\left(\frac{h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}\right) / \gamma_{M0}}{\cos\ \alpha}$$

$V_{Rd}$ : *117.21* kN

Donde:

**$h_w$**: Altura del alma. $h_w$ : *216.31* mm

**t**: Espesor. $t$ : *4.00* mm

**Ø**: Ángulo que forma el alma con la horizontal. $Ø$ : *90.0* grados

**α**: Ángulo que forman los ejes principales U y V con los ejes Y y Z. $\alpha$ : *16.6* grados

$$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb}$$

$f_{bv}$ : *136.30* MPa

Siendo:

**$\bar{\lambda}_w$**: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$ : *0.63*

Donde:

**$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (EAE 2011, Artículo 73.2) $f_{yb}$ : *235.00* MPa

**E**: Módulo de elasticidad. $E$ : *210000.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

b) Resistencia de cálculo a esfuerzo cortante $V_{Rd}$, suponiendo que se agotan las alas.

$$V_{Rd} = \frac{(b_{d,1} + b_{d,2}) \cdot t \cdot f_{yb} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})}{\sin\ \alpha}$$

$V_{Rd}$ : *239.71* kN

Donde:

**$b_{d,1}$**: Ancho del ala superior. $b_{d,1}$ : *71.31* mm

**$b_{d,2}$**: Ancho del ala inferior. $b_{d,2}$ : *61.31* mm

**t**: Espesor. $t$ : *4.00* mm

**α**: Ángulo que forman los ejes principales U y V con los ejes Y y Z. $\alpha$ : *16.6* grados

**$f_{yb}$**: Límite elástico del material base. (EAE 2011, Artículo 73.2) $f_{yb}$ : *235.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a tracción y flexión** (EAE 2011, Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{u,Ed}}{M_{cu,Rd,ten}} + \frac{M_{v,Ed}}{M_{cv,Rd,ten}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.849*** ✓

$$\eta = \frac{M_{u,Ed}}{M_{cu,Rd,com}} + \frac{M_{v,Ed}}{M_{cv,Rd,com}} - \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.928*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N145, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$ : *2.46* kN

**$M_{u,Ed}$, $M_{v,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes U y V, respectivamente.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos(\alpha) - M_{z,Ed} \cdot \sin(\alpha)$$

$M_{u,Ed}^-$ : *9.23* kN·m

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin(\alpha) + M_{z,Ed} \cdot \cos(\alpha)$$

$M_{v,Ed}^-$ : *1.72* kN·m

Donde:

**$M_{y,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^-$ : *9.33* kN·m

**$M_{z,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{z,Ed}^+$ : *0.99* kN·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

**$N_{t,Rd}$**: Resistencia de cálculo a tracción. $N_{t,Rd}$ : *350.88* kN

**$M_{cu,Rd,ten}$, $M_{cv,Rd,ten}$**: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes U y V, respectivamente. $M_{cu,Rd,ten}$ : *22.63* kN·m; $M_{cv,Rd,ten}$ : *3.97* kN·m

**$M_{cu,Rd,com}$, $M_{cv,Rd,com}$**: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes U y V, respectivamente. $M_{cu,Rd,com}$ : *21.67* kN·m; $M_{cv,Rd,com}$ : *3.38* kN·m

**Resistencia a compresión y flexión** (EAE 2011, Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{u,Ed} + \Delta M_{u,Ed}}{M_{cu,Rd,com}} + \frac{M_{v,Ed} + \Delta M_{v,Ed}}{M_{cv,Rd,com}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.559*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N145, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$ : *4.47* kN

**$M_{u,Ed}$, $M_{v,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes U y V, respectivamente.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos(\alpha) - M_{z,Ed} \cdot \sin(\alpha)$$

$M_{u,Ed}^-$ : *6.36* kN·m

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin(\alpha) + M_{z,Ed} \cdot \cos(\alpha)$$

$M_{v,Ed}^-$ : *0.85* kN·m

Donde:

**$M_{y,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^-$ : *6.34* kN·m

**$M_{z,Ed}$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{z,Ed}^+$ : *1.01* kN·m

$\Delta M_{u,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje U, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{u,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Nu}$$

$\Delta M_{u,Ed}$ : 0.00 kN·m

Donde:

$e_{Nu}$: Desplazamiento del eje principal U al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme.

$e_{Nu}$ : 0.49 mm

$\Delta M_{v,Ed}$: Momento adicional, respecto al eje V, debido al desplazamiento de dicho eje al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme. El momento adicional sólo se toma en consideración si su efecto es desfavorable.

$$\Delta M_{v,Ed} = -N_{c,Ed} \cdot e_{Nv}$$

$\Delta M_{v,Ed}$ : 0.00 kN·m

Donde:

$e_{Nv}$: Desplazamiento del eje principal V al pasar de la sección bruta a la sección eficaz, calculada esta última suponiéndola sometida solamente a compresión uniforme.

$e_{Nv}$ : -0.20 mm

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión. $N_{c,Rd}$ : 313.63 kN

$M_{cu,Rd,com}$, $M_{cv,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes U y V, respectivamente.

$M_{cu,Rd,com}$ : 21.67 kN·m

$M_{cv,Rd,com}$ : 3.38 kN·m

## Resistencia a cortante, axil y flexión (EAE 2011, Artículo 34.7.3)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que los esfuerzos cortantes solicitantes de cálculo pésimo $V_{u,Ed}$ y $V_{v,Ed}$ son menores o iguales que el 50% de los correspondientes esfuerzos cortantes resistentes de cálculo $V_{u,c,Rd}$ y $V_{v,c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

$$V_{u,Ed} \leq \frac{V_{u,c,Rd}}{2}$$

**0.007 ≤ 3.646**

Donde:

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

$$V_{u,Ed} = V_{y,Ed} \cdot \cos(\alpha) + V_{z,Ed} \cdot \sin(\alpha)$$

$V_{u,Ed}^{+}$ : 0.07 kN

Donde:

$V_{y,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{y,Ed}^{-}$ : 1.10 kN

$V_{z,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{z,Ed}^{+}$ : 3.95 kN

$V_{u,c,Rd}$: Resistencia de cálculo a cortante. $V_{u,c,Rd}$ : 71.54 kN

$$V_{v,Ed} \leq \frac{V_{v,c,Rd}}{2}$$

**0.418 ≤ 5.974**

Donde:

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

$$V_{v,Ed} = -V_{y,Ed} \cdot \sin(\alpha) + V_{z,Ed} \cdot \cos(\alpha)$$

$V_{v,Ed}^{+}$ : 4.10 kN

Donde:

$V_{y,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{y,Ed}^{-}$ : 1.10 kN

$V_{z,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{z,Ed}^{+}$ : 3.95 kN

$V_{v,c,Rd}$: Resistencia de cálculo a cortante. $V_{v,c,Rd}$ : 117.21 kN

**Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante** (EAE 2011, Artículo 73.11.1)
La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

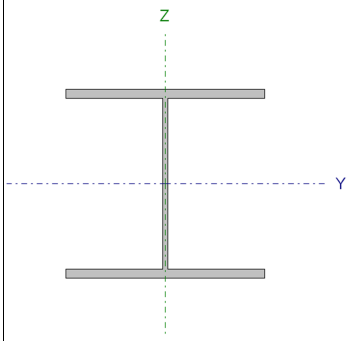
De forma análoga a lo expuesto anteriormente se ha procedido en el cálculo del resto de correas que conforman la mayor parte del entramado de cubierta

PÓRTICOS INTERMEDIOS

Las comprobaciones y cálculos que se exponen a continuación corresponden a uno de los pilares centrales más solicitados así como una de las zonas de dinteles más exigida. Además, representan el procedimiento realizado en todos los pilares y dinteles de la estructura ya que ha sido llevado a cabo de forma análoga.

Cálculos relativos al pilar central:

**Perfil: HE 220 A**
**Material: Acero (S275 (EAE))**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_v$ (1) (cm4) | $I_z$ (1) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) |
| N77 | N76 | 9.000 | 64.30 | 5410.00 | 1955.00 | 28.46 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 1.50 | 1.05 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 13.473 | 9.468 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

| Barra | COMPROBACIONES (EAE 2011) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{\lambda}$ | $\lambda_w$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_Z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| N77/N76 | $\bar{\lambda} < 3.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 0.167 m $\eta = 7.4$ | x: 9 m $\eta = 84.9$ | x: 9 m $\eta = 28.5$ | x: 9 m $\eta = 12.8$ | $\eta = 2.8$ | $\eta = 0.2$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 9 m $\eta = 92.9$ | $\eta < 0.1$ | $M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE $\eta = 92.9$** |

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

*Comprobaciones que no proceden (N.P.):*
- *(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*
- *(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*

**Limitación de esbeltez** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Figura 35.1.2 de la norma EAE 2011.)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$ : ***2.81*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *64.30* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico de pandeo elástico. — **$N_{cr}$** : *223.22* kN

El axil crítico de pandeo elástico **$N_{cr}$** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — **$N_{cr,y}$** : *1250.83* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — **$N_{cr,z}$** : *223.22* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — **$N_{cr,T}$** : ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$I_y$**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. | $I_y$ : | *5410.00* | cm4 |
| **$I_z$**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. | $I_z$ : | *1955.00* | cm4 |
| **$I_t$**: Momento de inercia a torsión uniforme. | $I_t$ : | *28.46* | cm4 |
| **$I_w$**: Constante de alabeo de la sección. | $I_w$ : | *193300.00* | cm6 |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | *210000* | MPa |
| **G**: Módulo de elasticidad transversal. | **G** : | *81000* | MPa |
| **$L_{ky}$**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. | $L_{kv}$ : | *9.468* | m |
| **$L_{kz}$**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. | $L_{kz}$ : | *13.473* | m |
| **$L_{kt}$**: Longitud efectiva de pandeo por torsión. | $L_{kt}$ : | *0.000* | m |
| **$i_0$**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | $i_0$ : | *10.70* | cm |

$$\mathbf{i_0} = \left( i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$i_y$ , $i_z$**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. | $i_v$ : | *9.17* | cm |
| | $i_z$ : | *5.51* | cm |
| **$y_0$ , $z_0$**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | $y_0$ : | *0.00* | mm |
| | $z_0$ : | *0.00* | mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (EAE 2011, Artículo 35.8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{\mathbf{h_w}}{\mathbf{t_w}} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

**26.86 ≤ 168.94** ✓

Donde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **$h_w$**: Altura del alma. | $h_w$ : | *188.00* | mm |
| **$t_w$**: Espesor del alma. | $t_w$ : | *7.00* | mm |
| **$A_w$**: Área del alma. | $A_w$ : | *13.16* | cm² |
| **$A_{fc,ef}$**: Área reducida del ala comprimida. | $A_{fc,ef}$ : | *24.20* | cm² |
| **k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. | **k** : | *0.30* | |
| **E**: Módulo de elasticidad. | **E** : | *210000* | MPa |
| **$f_{vf}$**: Límite elástico del acero del ala comprimida. | $f_{vf}$ : | *275.00* | MPa |

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**Resistencia a tracción** (EAE 2011, Artículo 34.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$ $\eta$ : **0.074** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.167 m del nudo N77, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+ 1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$ : *124.09* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ $N_{t,Rd}$ : *1684.05* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *64.30* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## **Resistencia a compresión** (EAE 2011, Artículo 34.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ $\eta$ : **0.091** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ $\eta$ : **0.849** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$ : *152.77* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ $N_{c,Rd}$ : *1684.05* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *64.30* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.1)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$ — $\mathbf{N_{b,Rd}}$ : *180.00* kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *64.30* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M1}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M1}$ : *1.05*

$\chi$: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

$\chi_y$ : *0.48*

$\chi_z$ : *0.11*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

$\phi_y$ : *1.37*

$\phi_z$ : *5.10*

$\alpha$: Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$ : *0.34*

$\alpha_z$ : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$ : *1.19*

$\bar{\lambda}_z$ : *2.81*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: — $\mathbf{N_{cr}}$ : *223.22* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. — $\mathbf{N_{cr,y}}$ : *1250.83* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. — $\mathbf{N_{cr,z}}$ : *223.22* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. — $\mathbf{N_{cr,T}}$ : ∞

## **Resistencia a flexión eje Y** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.285*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+ 1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{M_{Ed}^+}$ (KN·m): *0.67*

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{M_{Ed}^-}$ (KN·m): *42.39*

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

$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$ — $\mathbf{M_{c,Rd}}$ (KN·m): *148.89*

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

**$W_{pl,y}$**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** ($cm^3$): *568.50*

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** (MPa): *261.90*

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** (MPa): *275.00*

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a pandeo lateral:** (EAE 2011, Artículo 35.2)

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

## Resistencia a flexión eje Z (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

**$\eta$** : ***0.128*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+ 1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$M_{Ed}^+$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^+$** (KN·m): *0.54*

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

**$M_{Ed}^-$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^-$** (KN·m): *9.04*

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

**$M_{c,Rd}$** (KN·m): *70.87*

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

**$W_{pl,z}$**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** ($cm^3$): *270.60*

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** (MPa): *261.90*

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** (MPa): *275.00*

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

## Resistencia a corte Z (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

**$\eta$** : ***0.028*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSueloTecho+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *8.82* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

**$V_{c,Rd}$** : *311.95* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *20.63* cm²

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección. **h** : *210.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *7.00* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (EAE 2011, Artículo 35.5)

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

$$\frac{d}{t_w} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**21.71** < **55.46** ✓

Donde:

**$\lambda_w$**: Esbeltez del alma. **$\lambda_w$** : *21.71*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**$\lambda_{máx}$**: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *55.46*

$$\lambda_{max} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**$\eta$**: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. **$\eta$** : *1.20*

**$\varepsilon$**: Factor de reducción. **$\varepsilon$** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

**$f_{ref}$**: Límite elástico de referencia. **$f_{ref}$** : *235.00* MPa

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

## **Resistencia a corte Y** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

**$\eta$** : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *1.30* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$ : *773.29* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. — $A_v$ : *51.14* cm²

$$A_V = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. — **A** : *64.30* cm²

**d**: Altura del alma. — **d** : *188.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. — $t_w$ : *7.00* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $f_y$ : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**8.82 kN** ≤ **155.97 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $V_{Ed}$ : *8.82* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. — $V_{c,Rd}$ : *311.95* kN

## Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**1.30 kN** ≤ **386.65 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $V_{Ed}$ : *1.30* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. — $V_{c,Rd}$ : *773.29* kN

## Resistencia a flexión y axil combinados (EAE 2011, Artículo 34.7.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd,z}}\right]^{\beta} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.033*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.408** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.929** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N76, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

Donde:

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo. — $N_{c,Ed}$ : *152.76* kN

**$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^-$ : *24.23* kN·m; $M_{z,Ed}^+$ : *0.47* kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

**$M_{N,Rd,y}$, $M_{N,Rd,z}$**: Momentos flectores resistentes plásticos reducidos de cálculo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{N,Rd,y}$ : *148.89* kN·m; $M_{N,Rd,z}$ : *70.87* kN·m

$$M_{N,Rd,y} = M_{pl,Rdy} \cdot (1-n)/(1-0.5 \cdot a) \leq M_{pl,Rd,y}$$

$$n \leq a \rightarrow M_{N,Rd,z} = M_{pl,Rd,z}$$

$\alpha = 2$ ; $\beta = 5 \cdot n \geq 1$ — $\alpha$ : *2.000*; $\beta$ : *1.000*

Siendo:

$$n = N_{c,Ed}/N_{pl,Rd}$$

**n** : *0.091*

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$ : *1684.05* kN

**$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$ : *148.89* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$ : *70.87* kN·m

$$a = (A - 2 \cdot b \cdot t_f)/A \leq 0.5$$

**a** : *0.25*

**A**: Área de la sección bruta. — **A** : *64.30* cm²

**b**: Ancho del ala. — **b** : *22.00* cm

**$t_f$**: Espesor del ala. — $t_f$ : *11.00* mm

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.3)

**A**: Área de la sección bruta. — **A** : *64.30* cm²

**$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra con mayor tensión, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{pl,y}$ : *568.50* cm³; $W_{pl,z}$ : *270.60* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M1}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $f_y$ : *275.00* MPa

**$\gamma_{M1}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M1}$ : *1.05*

**$K_{yy}$, $K_{yz}$, $K_{zy}$, $K_{zz}$**: Coeficientes de interacción.

$$k_{yy} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{yy}}$$

$K_{yy}$ : *1.17*

$$\mathbf{k_{yz}} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{yz}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}}$$

**$K_{yz}$** : *4.50*

$$\mathbf{k_{zy}} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{zy}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}}$$

**$K_{zy}$** : *0.43*

$$\mathbf{k_{zz}} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{zz}}$$

**$K_{zz}$** : *1.64*

Términos auxiliares:

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$$

**$\mu_y$** : *0.93*

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$$

**$\mu_z$** : *0.34*

$$\mathbf{C_{yy}} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[ \left( 2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 \right) \cdot n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

**$C_{yy}$** : *0.91*

$$\mathbf{C_{yz}} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[ \left( 2 - 14 \cdot \frac{C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5} \right) \cdot n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \cdot \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

**$C_{yz}$** : *0.46*

$$\mathbf{C_{zy}} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[ \left( 2 - 14 \cdot \frac{C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5} \right) \cdot n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

**$C_{zy}$** : *0.47*

$$\mathbf{C_{zz}} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[ \left( 2 - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 - e_{LT} \right) \cdot n_{pl} \right] \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

**$C_{zz}$** : *0.66*

$$\mathbf{a_{LT}} = 1 - \frac{I_t}{I_y} \geq 0$$

**$a_{LT}$** : *0.99*

$$\mathbf{b_{LT}} = 0.5 \cdot a_{LT} \cdot \bar{\lambda}_0^2 \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}}$$

**$b_{LT}$** : *0.00*

$$\mathbf{c_{LT}} = 10 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^2}{5 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

**$c_{LT}$** : *0.00*

$$\mathbf{d_{LT}} = 2 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{C_{m,z} \cdot M_{pl,Rd,z}}$$

**$d_{LT}$** : *0.00*

$$\mathbf{e_{LT}} = 1.7 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^4} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

**$e_{LT}$** : *0.00*

$$\mathbf{w_y} = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1.5$$

**$w_y$** : *1.10*

$$\mathbf{w_z} = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1.5$$

**$w_z$** : *1.50*

$$\mathbf{n_{pl}} = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$$

**$n_{pl}$** : *0.09*

Puesto que:

$$\bar{\lambda}_0 \leq 0.2 \cdot \sqrt{C_1} \cdot \sqrt[4]{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)}$$ **0.00** ≤ **0.15**

$$C_{m,y} = C_{m,y,0}$$ $C_{m,y}$ : *1.00*

$$C_{m,z} = C_{m,z,0}$$ $C_{m,z}$ : *1.00*

$$C_{m,LT} = 1.00$$ $C_{m,LT}$ : *1.00*

$C_{m,y,0}$, $C_{m,z,0}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $C_{m,y,0}$ : *1.00*
$C_{m,z,0}$ : *1.00*

$C_1$: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $C_1$ : *1.00*

$\chi_y$, $\chi_z$: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $\chi_y$ : *0.48*
$\chi_z$ : *0.11*

$\chi_{LT}$: Coeficiente de reducción por pandeo lateral. $\chi_{LT}$ : *1.00*

$\bar{\lambda}_{máx}$: Esbeltez máxima entre $\bar{\lambda}_y$ y $\bar{\lambda}_z$. $\bar{\lambda}_{máx}$ : *2.81*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$ : *1.19*
$\bar{\lambda}_z$ : *2.81*

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida. $\bar{\lambda}_{LT}$ : *0.00*

$\bar{\lambda}_0$: Esbeltez reducida, en relación al pandeo lateral, para un momento flector uniforme. $\bar{\lambda}_0$ : *0.00*

$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{el,y}$ : *515.24* cm³
$W_{el,z}$ : *177.73* cm³

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$ : *1250.83* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$ : *223.22* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$ : ∞

$I_y$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y$ : *5410.00* cm4

$I_t$: Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t$ : *28.46* cm4

## **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.3)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $V_{Ed}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **8.82 kN** ≤ **155.97 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$ : *8.82* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$ : *311.95* kN

## **Resistencia a torsión** (EAE 2011, Artículo 34.6)

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

## **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

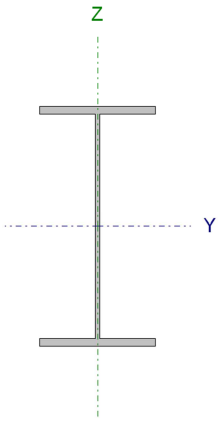
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

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

Cálculos relativos al dintel:

**Perfil: IPE 330**
**Material: Acero (S275 (EAE))**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$ (1) (cm4) | $I_z$ (1) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) |
| N77 | N274 | 1.011 | 62.60 | 11770.00 | 788.00 | 28.20 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 0.100 | 0.100 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

| Barra | COMPROBACIONES (EAE 2011) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{\lambda}$ | $\lambda_w$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_Z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| N77/N274 | $\bar{\lambda}$ < 3.0 Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 1.011 m η = 3.3 | x: 0.107 m η = 2.9 | x: 0.107 m η = 94.0 | x: 0.107 m η = 2.6 | x: 0.107 m η = 14.8 | η = 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0.107 m η = 88.6 | η < 0.1 | η = 4.7 | x: 0.107 m η = 5.6 | η < 0.1 | **CUMPLE η = 94.0** |

*Notación:*
*$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez*
*$\lambda_w$: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
*$N_t$: Resistencia a tracción*
*$N_c$: Resistencia a compresión*
*$M_Y$: Resistencia a flexión eje Y*
*$M_Z$: Resistencia a flexión eje Z*
*$V_Z$: Resistencia a corte Z*
*$V_Y$: Resistencia a corte Y*
*$M_YV_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
*$M_ZV_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
*$NM_YM_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados*
*$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
*$M_t$: Resistencia a torsión*
*$M_tV_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
*$M_tV_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
*x: Distancia al origen de la barra*
*η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*

**Limitación de esbeltez** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Figura 35.1.2 de la norma EAE 2011.)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$ < **0.01** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *62.60* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. $\mathbf{N_{cr}}$ : ∞

## **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (EAE 2011, Artículo 35.8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

**40.93 ≤ 256.27** ✓

Donde:

$\mathbf{h_w}$: Altura del alma. $\mathbf{h_w}$ : *307.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$ : *7.50* mm

$\mathbf{A_w}$: Área del alma. $\mathbf{A_w}$ : *23.03* cm²

$\mathbf{A_{fc,ef}}$: Área reducida del ala comprimida. $\mathbf{A_{fc,ef}}$ : *18.40* cm²

**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*

**E**: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

$\mathbf{f_{yf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. $\mathbf{f_{yf}}$ : *275.00* MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

## **Resistencia a tracción** (EAE 2011, Artículo 34.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.033*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N274, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+ 1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$ : *53.68* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{t,Rd}}$ : *1639.52* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *62.60* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a compresión** (EAE 2011, Artículo 34.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.029*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *47.24* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

**$N_{c,Rd}$** : *1639.52* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *62.60* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.1)

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

**Resistencia a flexión eje Y** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.940*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N77, para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

**$M_{Ed}^+$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^+$** : *136.64* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

**$M_{Ed}^-$**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{Ed}^-$** : *197.91* kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

**$M_{c,Rd}$** : *210.57* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$ : *804.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo lateral:** (EAE 2011, Artículo 35.2)

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

## **Resistencia a flexión eje Z** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.026*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N77, para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$ : *1.06* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N77, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$ : *0.00* kN·m

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{M_{c,Rd}}$ : *40.33* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$ : *154.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## **Resistencia a corte Z** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.148*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *68.76* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

**$V_{c,Rd}$** : *465.77* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *30.80* cm²

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección. **h** : *330.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *7.50* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (EAE 2011, Artículo 35.5)

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

$$\frac{d}{t_w} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**36.13** < **55.46** ✓

Donde:

**$\lambda_w$**: Esbeltez del alma. **$\lambda_w$** : *36.13*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**$\lambda_{máx}$**: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *55.46*

$$\lambda_{max} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**$\eta$**: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. **$\eta$** : *1.20*

**$\varepsilon$**: Factor de reducción. **$\varepsilon$** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

**$f_{ref}$**: Límite elástico de referencia. **$f_{ref}$** : *235.00* MPa

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.67* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

**$V_{c,Rd}$** : *598.42* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *39.58* cm²

$$A_V = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *62.60* cm²

**d**: Altura del alma. **d** : *307.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *7.50* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**68.76 kN** ≤ **232.88 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *68.76* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *465.77* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **0.67 kN ≤ 299.21 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+ 1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.67* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *598.42* kN

## **Resistencia a flexión y axil combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd,z}}\right]^{\beta} \leq 1$$ **η** : ***0.886*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

Donde:

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo. **$N_{c,Ed}$** : *43.00* kN

**$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{-}$** : *197.91* kN·m **$M_{z,Ed}^{+}$** : *0.09* kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

**$M_{N,Rd,y}$, $M_{N,Rd,z}$**: Momentos flectores resistentes plásticos reducidos de cálculo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{N,Rd,y}$** : *210.57* kN·m **$M_{N,Rd,z}$** : *40.33* kN·m

$$M_{N,Rd,y} = M_{pl,Rdy} \cdot (1-n)/(1-0.5 \cdot a) \leq M_{pl,Rd,y}$$

$$n \leq a \rightarrow M_{N,Rd,z} = M_{pl,Rd,z}$$

$$\alpha = 2 \; ; \; \beta = 5 \cdot n \geq 1$$ **α** : *2.000* **β** : *1.000*

Siendo:

$$n = N_{c,Ed}/N_{pl,Rd}$$ **n** : *0.026*

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *1639.52* kN

**$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{pl,Rd,y}$** : *210.57* kN·m **$M_{pl,Rd,z}$** : *40.33* kN·m

$$a = (A - 2 \cdot b \cdot t_f)/A \leq 0.5$$ **a** : *0.41*

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *62.60* cm²

**b**: Ancho del ala. **b** : *16.00* cm

**$t_f$**: Espesor del ala. **$t_f$** : *11.50* mm

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.3)

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

## **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.3)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

**68.76 kN ≤ 230.27 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$ : *68.76* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$ : *460.53* kN

## **Resistencia a torsión** (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.047*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.17* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{T,Rd}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{M_{T,Rd}}$ : *3.71* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$ : *24.52* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.056*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.107 m del nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·SobrecargadeUsoDintelPuertasdeEntrada+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *25.58* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.10* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$ $V_{pl,T,Rd}$ : *460.53* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$ : *465.77* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : *4.23* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$: Módulo de resistencia a torsión. $W_T$ : *24.52* cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$ $\eta$ < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·SobrecargadeUsoDintelPuertasdeEntrada+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : *0.18* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$ : *0.10* kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$ $V_{pl,T,Rd}$ : *591.69* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$ : *598.42* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : *4.23* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$: Módulo de resistencia a torsión. $W_T$ : *24.52* cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

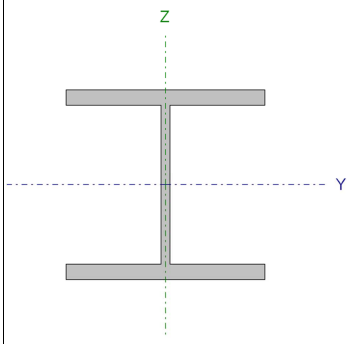
$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

ATADO LONGITUDINAL

Las comprobaciones y cálculos realizados para una de las secciones más solicitadas correspondiente a la **viga HEA-100** de atado longitudinal son:

**Perfil: HE 100 A**
**Material: Acero (S275 (EAE))**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_v$ (1) (cm4) | $I_z$ (1) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) |
| N6 | N17 | 3.080 | 21.20 | 349.20 | 133.80 | 5.24 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 0.100 | 0.100 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

| Barra | COMPROBACIONES (EAE 2011) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{\lambda}$ | $\lambda_w$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| N6/N17 | $\bar{\lambda}$ < 3.0 Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | η = 2.6 | η = 1.9 | x: 0.105 m η = 47.2 | x: 2.975 m η = 1.6 | x: 2.975 m η = 6.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0.105 m η = 22.7 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 47.2** |

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

*Comprobaciones que no proceden (N.P.):*
*(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*
*(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*

**Limitación de esbeltez** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Figura 35.1.2 de la norma EAE 2011.)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} <$ ***0.01*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *21.20* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. — $\mathbf{N_{cr}}$ : ∞

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (EAE 2011, Artículo 35.8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

**16.00 ≤ 161.99** ✓

Donde:

$\mathbf{h_w}$: Altura del alma. — $\mathbf{h_w}$ : *80.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. — $\mathbf{t_w}$ : *5.00* mm

$\mathbf{A_w}$: Área del alma. — $\mathbf{A_w}$ : *4.00* cm²

$\mathbf{A_{fc,ef}}$: Área reducida del ala comprimida. — $\mathbf{A_{fc,ef}}$ : *8.00* cm²

**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. — **k** : *0.30*

**E**: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000* MPa

$\mathbf{f_{yf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. — $\mathbf{f_{yf}}$ : *275.00* MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**Resistencia a tracción** (EAE 2011, Artículo 34.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.026*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{N_{t,Ed}}$ : *14.18* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{t,Rd}}$ : *555.24* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *21.20* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## **Resistencia a compresión** (EAE 2011, Artículo 34.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.019*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$ : *10.38* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{c,Rd}}$ : *555.24* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *21.20* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.1)

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

## **Resistencia a flexión eje Y** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.472*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N6, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$ : *10.26* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

$M_{Ed}^-$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^-$ : 0.66 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$ : 21.74 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$ : 83.01 cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (EAE 2011, Artículo 35.2)

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

## Resistencia a flexión eje Z (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.016** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.975 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve)

$M_{Ed}^+$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+$ : 0.17 kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^-$ : 0.00 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$ : 10.77 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$ : 41.14 cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a corte Z** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.061*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.975 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *6.99* kN

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

**$V_{c,Rd}$** : *113.71* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *7.52* cm²

$$\mathbf{A_v} = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección. **h** : *96.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *5.00* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (EAE 2011, Artículo 35.5)

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

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**11.20** < **55.46** ✓

Donde:

**$\lambda_w$**: Esbeltez del alma. **$\lambda_w$** : *11.20*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**$\lambda_{máx}$**: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *55.46*

$$\lambda_{max} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**$\eta$**: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. **$\eta$** : *1.20*

**$\varepsilon$**: Factor de reducción. **$\varepsilon$** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

**$f_{ref}$**: Límite elástico de referencia. **$f_{ref}$** : *235.00* MPa

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.12* kN

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

**$V_{c,Rd}$** : *260.08* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *17.20* cm²

$$\mathbf{A_V} = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *21.20* cm²

**d**: Altura del alma. **d** : *80.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *5.00* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

**6.42 kN** ≤ **56.86 kN**✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *6.42* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *113.71* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

**0.12 kN** ≤ **130.04 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.12* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *260.08* kN

## **Resistencia a flexión y axil combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd,z}}\right]^{\beta} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.227*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N6, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

Donde:

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo. **$N_{t,Ed}$** : *2.05* kN

**$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *10.26* kN·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *0.04* kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

**$M_{N,Rd,y}$, $M_{N,Rd,z}$**: Momentos flectores resistentes plásticos reducidos de cálculo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{N,Rd,y}$** : *21.74* kN·m; **$M_{N,Rd,z}$** : *10.77* kN·m

$$\mathbf{M_{N,Rd,y}} = M_{pl,Rdy} \cdot (1-n)/(1-0.5 \cdot a) \leq M_{pl,Rd,y}$$

$$n \leq a \rightarrow \mathbf{M_{N,Rd,z}} = M_{pl,Rd,z}$$

$\alpha = 2$ ; $\beta = 5 \cdot n \geq 1$ $\alpha$ : *2.000* $\beta$ : *1.000*

Siendo:

$$\mathbf{n} = N_{t,Ed}/N_{pl,Rd}$$

**n** : *0.004*

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a tracción. **$N_{pl,Rd}$** : *555.24* kN

**$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{pl,Rd,y}$** : *21.74* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *10.77* kN·m

$$\mathbf{a} = (A - 2 \cdot b \cdot t_f)/A \leq 0.5$$

**a** : *0.25*

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *21.20* cm²

**b**: Ancho del ala. **b** : *10.00* cm

**$t_f$**: Espesor del ala. **$t_f$** : *8.00* mm

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.3)

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

## **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.3)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **6.42 kN ≤ 56.86 kN**✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$ : *6.42* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$ : *113.71* kN

**Resistencia a torsión** (EAE 2011, Artículo 34.6)

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

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

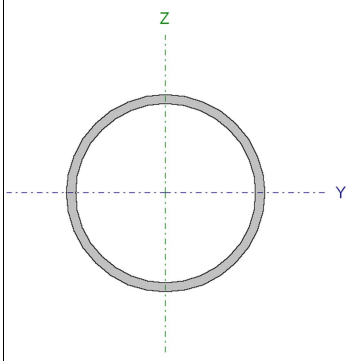
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

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

Las comprobaciones y cálculos realizados para una de las secciones más solicitadas correspondiente a la **viga CHS 80.0 x 4.0** de atado longitudinal son:

**Perfil: CHS 80.0x4.0**
**Material: Acero (S275 (EAE))**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$ (1) (cm4) | $I_z$ (1) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) |
| N93 | N101 | 5.500 | 9.55 | 69.15 | 69.15 | 138.29 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 0.100 | 0.100 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

| Barra | COMPROBACIONES (EAE 2011) | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{\lambda}$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_Z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| N93/N101 | $\bar{\lambda}$ < 3.0 Cumple | η = 10.6 | η = 3.0 | x: 5.395 m η = 27.4 | x: 5.395 m η = 0.5 | x: 5.395 m η = 0.8 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η < 0.1 | x: 3.035 m η = 9.1 | η < 0.1 | η = 0.7 | x: 0 m η = 0.3 | x: 0 m η = 0.3 | **CUMPLE η = 27.4** |

*Notación:*
*$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez*
*$N_t$: Resistencia a tracción*
*$N_c$: Resistencia a compresión*
*$M_Y$: Resistencia a flexión eje Y*
*$M_Z$: Resistencia a flexión eje Z*
*$V_Z$: Resistencia a corte Z*
*$V_Y$: Resistencia a corte Y*
*$M_YV_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
*$M_ZV_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
*$NM_YM_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados*
*$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
*$M_t$: Resistencia a torsión*
*$M_tV_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
*$M_tV_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
*x: Distancia al origen de la barra*
*η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*

**Limitación de esbeltez** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Figura 35.1.2 de la norma EAE 2011.)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *9.55* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. **$N_{cr}$** : ∞

**Resistencia a tracción** (EAE 2011, Artículo 34.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.106*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *26.44* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

**$N_{t,Rd}$** : *250.13* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *9.55* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## **Resistencia a compresión** (EAE 2011, Artículo 34.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.030*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$ : *7.43* kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$ : *250.13* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *9.55* cm²

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.1)

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

## **Resistencia a flexión eje Y** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.274*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.395 m del nudo N93, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+ 1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$M_{Ed}^+$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^+$ : *1.17* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.395 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

$M_{Ed}^-$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^-$ : *1.66* kN·m

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{M_{c,Rd}}$ : *6.06* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$ : *23.13* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## **Resistencia a flexión eje Z** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.005*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.395 m del nudo N93, para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$ : *0.02* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.395 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$ : *0.03* kN·m

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{M_{c,Rd}}$ : *6.06* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$ : *23.13* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a corte Z** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.008** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.395 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : 0.78 kN

**Resistencia a cortante de la sección:**

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$ : 91.94 kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. $A_v$ : 6.08 cm²

$$A_V = 2 \cdot A/\pi$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 9.55 cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : 275.00 MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a corte Y** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ < **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : 0.01 kN

**Resistencia a cortante de la sección:**

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$ : 91.94 kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. $A_v$ : 6.08 cm²

$$A_V = 2 \cdot A/\pi$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *9.55* cm²

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**0.66 kN ≤ 45.97 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : *0.66* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$ : *91.94* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**0.01 kN ≤ 45.97 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N93, para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : *0.01* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$ : *91.94* kN

**Resistencia a flexión y axil combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.091*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.035 m del nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

Donde:

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo. **$N_{t,Ed}$** : *26.39* kN

**$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^+$** : *0.54* kN·m **$M_{z,Ed}^+$** : *0.00* kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

**$M_{N,Rd,y}$**: Momento flector resistente plástico reducido de cálculo, alrededor del eje Y. **$M_{N,Rd,y}$** : *5.92* kN·m

$$\mathbf{M_{N,Rd,y}} = M_{pl,Rd,y} \cdot \left(1 - n^{1,7}\right) \leq M_{pl,Rd,y}$$

Siendo:

$$\mathbf{n} = N_{t,Ed} / N_{pl,Rd}$$

**n** : *0.106*

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a tracción. **$N_{pl,Rd}$** : *250.13* kN

**$M_{pl,Rd,y}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en régimen plástico, respecto al eje Y. **$M_{pl,Rd,y}$** : *6.06* kN·m

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.3)

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

## Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (EAE 2011, Artículo 34.7.3)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

**0.66 kN ≤ 45.97 kN** ✓

Donde:

**$V_{Ed,z}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *0.66* kN

**$V_{c,Rd,z}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *91.94* kN

## Resistencia a torsión (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

**η** : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5.

**$M_{T,Ed}$**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.04* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$\mathbf{M_{T,Rd}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

**$M_{T,Rd}$** : *5.23* kN·m

Donde:

**$W_T$**: Módulo de resistencia a torsión. **$W_T$** : *34.57* cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

## Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.003** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·SobrecargadeUsoDintelPuertasdeEntrada+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : 0.32 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$ : 0.02 kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$ : 91.55 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$ : 91.94 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : 0.63 MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$: Módulo de resistencia a torsión. $W_T$ : 34.57 cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

## Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.003** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N93, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·SobrecargadeUsoDintelPuertasdeEntrada+0.9·V2(VientoLateral)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : 0.32 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$ : 0.02 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ : *91.55* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$ : *91.94* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : *0.63* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$ : *34.57* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

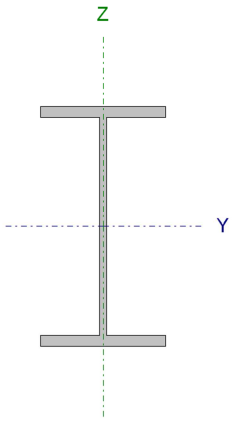
$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

De forma análoga a lo expuesto anteriormente se ha procedido en el cálculo del resto de vigas de atado.

## ZANCAS DE ESCALERA

A continuación, se muestra en detalle los resultados del cálculo y comprobaciones, según se establece en la normativa, para una de las zancas que conforman la escalera:

**Perfil: IPE 140**
**Material: Acero (S275 (EAE))**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$ (1) (cm4) | $I_z$ (1) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) |
| N455 | N458 | 3.432 | 16.40 | 541.00 | 44.90 | 2.45 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 0.100 | 0.100 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

| Barra | COMPROBACIONES (EAE 2011) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{\lambda}$ | $\lambda_w$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_Z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| N455/N458 | $\bar{\lambda} < 3.0$ Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | x: 3.432 m η = 3.0 | x: 0 m η = 3.2 | x: 0 m η = 85.9 | x: 3.432 m η = 5.6 | x: 0 m η = 8.5 | η = 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0 m η = 77.1 | η < 0.1 | η = 1.4 | x: 0 m η = 8.5 | η = 0.1 | **CUMPLE η = 85.9** |

*Notación:*
- *$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez*
- *$\lambda_w$: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- *$N_t$: Resistencia a tracción*
- *$N_c$: Resistencia a compresión*
- *$M_Y$: Resistencia a flexión eje Y*
- *$M_Z$: Resistencia a flexión eje Z*
- *$V_Z$: Resistencia a corte Z*
- *$V_Y$: Resistencia a corte Y*
- *$M_YV_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *$M_ZV_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *$NM_YM_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *$M_t$: Resistencia a torsión*
- *$M_tV_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *$M_tV_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*

**Limitación de esbeltez** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Figura 35.1.2 de la norma EAE 2011.)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} <$ ***0.01*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *16.40* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. — **$N_{cr}$** : ∞

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (EAE 2011, Artículo 35.8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

**26.85 ≤ 248.60** ✓

Donde:

**$h_w$**: Altura del alma. — **$h_w$** : *126.20* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. — **$t_w$** : *4.70* mm

**$A_w$**: Área del alma. — **$A_w$** : *5.93* cm²

**$A_{fc,ef}$**: Área reducida del ala comprimida. — **$A_{fc,ef}$** : *5.04* cm²

**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. — **k** : *0.30*

**E**: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000* MPa

**$f_{yf}$**: Límite elástico del acero del ala comprimida. — **$f_{yf}$** : *275.00* MPa

Siendo:

$f_{yf} = f_y$

**Resistencia a tracción** (EAE 2011, Artículo 34.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : **0.030** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N458, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *13.03* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

**$N_{t,Rd}$** : *429.52* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *16.40* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a compresión** (EAE 2011, Artículo 34.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.032** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N455, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$N_{c,Ed}$**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *13.54* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

**$N_{c,Rd}$** : *429.52* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.1)

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

## Resistencia a flexión eje Y (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.859** ✓

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^+$ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N455, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5.

$M_{Ed}^-$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^-$ : 19.86 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$ : 23.13 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,y}$ : 88.30 cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (EAE 2011, Artículo 35.2)

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

## Resistencia a flexión eje Z (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.056** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N458, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

$M_{Ed}^+$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^+$ : 0.14 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N458, para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

$M_{Ed}^-$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^-$ : 0.28 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$ : 5.05 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$ : 19.30 cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

## Resistencia a corte Z (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : **0.085** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N455, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5.

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : 9.79 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$ : 115.17 kN

Donde:

$A_v$: Área transversal a cortante. $A_v$ : 7.62 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección. **h** : 140.00 mm

$t_w$: Espesor del alma. $t_w$ : 4.70 mm

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (EAE 2011, Artículo 35.5)

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

$$\frac{d}{t_w} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**23.87** < **55.46** ✓

Donde:

$\lambda_w$: Esbeltez del alma. $\lambda_w$ : *23.87*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$ : *55.46*

$$\lambda_{max} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

$\eta$: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. $\eta$ : *1.20*

$\varepsilon$: Factor de reducción. $\varepsilon$ : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$: Límite elástico de referencia. $f_{ref}$ : *235.00* MPa

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : *275.00* MPa

## **Resistencia a corte Y** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : *0.16* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$ : *158.30* kN

Donde:

$A_v$: Área transversal a cortante. $A_v$ : *10.47* cm²

$$A_V = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *16.40* cm²

**d**: Altura del alma. **d** : *126.20* mm

$t_w$: Espesor del alma. $t_w$ : *4.70* mm

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

**9.79 kN ≤ 57.58 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *9.79* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$ : *115.17* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

**0.16 kN ≤ 79.15 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *0.16* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$ : *158.30* kN

**Resistencia a flexión y axil combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd,z}}\right]^{\beta} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.771*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N455, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$ : *2.57* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$ : *19.85* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^{+}}$ : *0.17* kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

**$M_{N,Rd,y}$, $M_{N,Rd,z}$**: Momentos flectores resistentes plásticos reducidos de cálculo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**$M_{N,Rd,y}$** : *23.13* kN·m
**$M_{N,Rd,z}$** : *5.05* kN·m

$$\mathbf{M_{N,Rd,y}} = M_{pl,Rdy} \cdot (1-n)/(1-0.5 \cdot a) \leq M_{pl,Rd,y}$$

$$n \leq a \rightarrow \mathbf{M_{N,Rd,z}} = M_{pl,Rd,z}$$

$$\alpha = 2 \; ; \; \beta = 5 \cdot n \geq 1$$

**α** : *2.000*
**β** : *1.000*

Siendo:

$$\mathbf{n} = N_{c,Ed}/N_{pl,Rd}$$

**n** : *0.006*

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

**$N_{pl,Rd}$** : *429.52* kN

**$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

**$M_{pl,Rd,y}$** : *23.13* kN·m
**$M_{pl,Rd,z}$** : *5.05* kN·m

$$\mathbf{a} = (A - 2 \cdot b \cdot t_f)/A \leq 0.5$$

**a** : *0.39*

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : *16.40* cm²

**b**: Ancho del ala.

**b** : *7.30* cm

**$t_f$**: Espesor del ala.

**$t_f$** : *6.90* mm

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.3)

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

## Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (EAE 2011, Artículo 34.7.3)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **$V_{Ed}$** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

**9.79 kN ≤ 57.27 kN** ✓

Donde:

**$V_{Ed,z}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**$V_{Ed,z}$** : *9.79* kN

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

**$V_{c,Rd,z}$** : *114.54* kN

## Resistencia a torsión (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

**η** : ***0.014*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoEscalera.

**$M_{T,Ed}$**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

**$M_{T,Ed}$** : *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{T,Rd}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{M_{T,Rd}}$ : *0.54* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. — $\mathbf{W_T}$ : *3.55* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.085*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N455, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·SobrecargadeUsoDintelPuertasdeEntrada+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{V_{Ed}}$ : *9.78* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ : *114.54* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. — $\mathbf{V_{pl,Rd}}$ : *115.17* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. — $\tau_{T,Ed}$ : *2.07* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. — $\mathbf{W_T}$ : *3.55* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. — $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·SobrecargadeUsoDintelPuertasdeEntrada+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.10* kN

**$M_{T,Ed}$**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

**$V_{pl,T,Rd}$** : *157.43* kN

Donde:

**$V_{pl,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *158.30* kN

**$\tau_{T,Ed}$**: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *2.07* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

**$W_T$**: Módulo de resistencia a torsión. **$W_T$** : *3.55* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

El resto de zancas y perfiles que componen la escalera han sido calculados y comprobados de forma análoga a lo anteriormente expuesto.

## PLACAS DE ANCLAJE

A continuación, se muestran las comprobaciones y cálculos realizados para las placas de anclaje:

Cordones de soldadura

**Generalidades (EAE 59.1.)**
Las soldaduras amparadas por esta Instrucción deberán efectuarse sobre piezas de al menos 4 mm de espesor.

**Generalidades (EAE 59.3.1.)**
Los cordones en ángulo pueden usarse para unir piezas cuyas caras a fundir formen ángulos comprendidos entre 60° y 120°.

**Espesor de garganta (EAE 59.3.2.)**
Salvo lo dispuesto para uniones entre piezas de sección tubular o secciones en cajón no accesibles interiormente, el espesor de garganta a de un cordón en ángulo no será superior a 0,7 $t_{min}$, siendo $t_{min}$ el espesor de la pieza más delgada a unir.

El espesor de garganta a de un cordón en ángulo, apartado 59.7, no debe ser inferior a 3 mm cuando se deposite en chapas de hasta 10 mm de espesor, ni inferior a 4,5 mm cuando se deposite sobre piezas de hasta 20 mm de espesor, ni inferior a 5,6 mm cuando se deposite sobre piezas de más de 20 mm de espesor, a menos que el procedimiento de soldadura contemple espesores de garganta menores.

**Longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo (EAE 59.8.1)**
No se considerarán efectivos para transmitir esfuerzos aquellos cordones con longitudes inferiores a 30 mm o a 6 veces el espesor de garganta.

**Resistencia (EAE 59.8.2)**
La resistencia del cordón es suficiente si se cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\square}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Donde:

$\sigma_{\perp}$: Tensión normal que actúa sobre el plano de garganta del cordón.

$\tau_{\perp}$: Tensión tangencial que actúa sobre el plano de garganta en dirección perpendicular al plano del cordón.

$\tau_{||}$: Tensión tangencial que actúa sobre el plano de garganta en dirección paralela al plano del cordón.

$f_u$: Resistencia a tracción del acero de las piezas a soldar.

$\beta_w$: factor de correlación, que depende del tipo de acero de las piezas a soldar.

$\gamma_{M2}$: Coeficiente parcial para la resistencia a rotura de las secciones transversales en tracción. $\gamma_{M2}$ : *1.25*

**Resistencia de cordones a tope (EAE 59.9.)**

**59.9.2.** *Resistencia de cordones de penetración parcial*

La resistencia de un cordón de soldadura a tope de penetración parcial, sin defectos, es igual a la de un cordón en ángulo del mismo espesor de garganta y se comprobará por tanto según se indicó en el apartado 59.8 anterior.

| Comprobaciones geométricas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Rigidizador x-x (y = -101): Soldadura a la placa base | En ángulo | 6 | -- | 132 | 8.0 | 90.00 |
| Rigidizador x-x (y = -101): Soldadura al rigidizador en el extremo | En ángulo | 6 | -- | 135 | 8.0 | 90.00 |
| Rigidizador x-x (y = -101): Soldadura a la placa base | En ángulo | 6 | -- | 132 | 8.0 | 90.00 |
| Rigidizador x-x (y = -101): Soldadura al rigidizador en el extremo | En ángulo | 6 | -- | 135 | 8.0 | 90.00 |
| Rigidizador x-x (y = 101): Soldadura a la placa base | En ángulo | 6 | -- | 132 | 8.0 | 90.00 |
| Rigidizador x-x (y = 101): Soldadura al rigidizador en el extremo | En ángulo | 6 | -- | 135 | 8.0 | 90.00 |
| Rigidizador x-x (y = 101): Soldadura a la placa base | En ángulo | 6 | -- | 132 | 8.0 | 90.00 |
| Rigidizador x-x (y = 101): Soldadura al rigidizador en el extremo | En ángulo | 6 | -- | 135 | 8.0 | 90.00 |
| Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base | En ángulo | 6 | -- | 500 | 8.0 | 90.00 |
| Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base | En ángulo | 6 | -- | 500 | 8.0 | 90.00 |

| Comprobaciones geométricas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tipo | a (mm) | Preparación de bordes (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura de los pernos a la placa base | De penetración parcial | -- | 9 | 63 | 18.0 | 90.00 |
| *a: Espesor garganta*<br>*l: Longitud efectiva*<br>*t: Espesor de piezas* | | | | | | |

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ref. | Tensión de Von Mises | | | | | Tensión normal | | $f_u$ (N/mm²) | $\beta_w$ |
| | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | $\tau_\perp$ (N/mm²) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm²) | Valor (N/mm²) | Aprov. (%) | $\sigma_\perp$ (N/mm²) | Aprov. (%) | | |
| Rigidizador x-x (y = -101): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Rigidizador x-x (y = -101): Soldadura al rigidizador en el extremo | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Rigidizador x-x (y = -101): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Rigidizador x-x (y = -101): Soldadura al rigidizador en el extremo | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Rigidizador x-x (y = 101): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Rigidizador x-x (y = 101): Soldadura al rigidizador en el extremo | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Rigidizador x-x (y = 101): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Rigidizador x-x (y = 101): Soldadura al rigidizador en el extremo | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base | La comprobación no procede. | | | | | | | 430.0 | 0.85 |
| Soldadura de los pernos a la placa base | 0.0 | 0.0 | 212.2 | 367.5 | 90.81 | 0.0 | 0.00 | 430.0 | 0.85 |

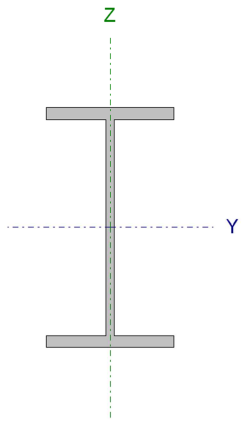
De forma análoga a las comprobaciones realizadas en este ejemplo se ha llevado a cabo el cálculo para el resto de placas de anclaje de la estructura.

FORJADO

Cálculos relativos a viguetas de forjado

En primer lugar, se muestran las comprobaciones y cálculos realizados para una de las viguetas que mayores solicitaciones tiene:

**Perfil: IPE 120**
**Material: Acero (S275 (EAE))**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_v$ (1) (cm4) | $I_z$ (1) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) |
| N120 | N144 | 6.160 | 13.20 | 318.00 | 27.70 | 1.74 |

*Notas:*
*(1) Inercia respecto al eje indicado*
*(2) Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 0.100 | 0.100 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

| Barra | COMPROBACIONES (EAE 2011) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{\lambda}$ | $\lambda_w$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_Z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| N120/N144 | $\bar{\lambda}$ < 3.0 Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | η = 7.2 | η = 4.9 | x: 6.055 m η = 28.6 | x: 6.055 m η = 3.6 | x: 6.055 m η = 1.9 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0.105 m η < 0.1 | x: 6.055 m η = 9.3 | η < 0.1 | $M_{Ed}$ = 0.00 N.P.(1) | N.P.(2) | N.P.(2) | **CUMPLE η = 28.6** |

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

*Comprobaciones que no proceden (N.P.):*
*(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*
*(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*

**<u>Limitación de esbeltez</u>** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Figura 35.1.2 de la norma EAE 2011.)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *13.20* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. $\mathbf{N_{cr}}$ : ∞

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (EAE 2011, Artículo 35.8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

**24.41 ≤ 248.01** ✓

Donde:

$\mathbf{h_w}$: Altura del alma. $\mathbf{h_w}$ : *107.40* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$ : *4.40* mm

$\mathbf{A_w}$: Área del alma. $\mathbf{A_w}$ : *4.73* cm²

$\mathbf{A_{fc,ef}}$: Área reducida del ala comprimida. $\mathbf{A_{fc,ef}}$ : *4.03* cm²

**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*

**E**: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

$\mathbf{f_{yf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. $\mathbf{f_{yf}}$ : *275.00* MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**Resistencia a tracción** (EAE 2011, Artículo 34.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.072*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$ : *24.96* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{t,Rd}}$ : *345.71* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *13.20* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

## **Resistencia a compresión** (EAE 2011, Artículo 34.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.049*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V4(VientoFrontal)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$ : *16.98* kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$ : *345.71* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *13.20* cm²

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.1)

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

## **Resistencia a flexión eje Y** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.286*** ✓

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^+$ : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.055 m del nudo N120, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

$M_{Ed}^-$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^-$ : *4.55* kN·m

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{M_{c,Rd}}$ : *15.90* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$ : *60.70* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo lateral:** (EAE 2011, Artículo 35.2)

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

## Resistencia a flexión eje Z (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.036*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.055 m del nudo N120, para la combinación de acciones PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$ : *0.13* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.055 m del nudo N120, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·N1(SobrecargadeNieve).

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$ : *0.03* kN·m

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{M_{c,Rd}}$ : *3.56* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$ : *13.60* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a corte Z** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.019*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.055 m del nudo N120, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *1.80* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

**$V_{c,Rd}$** : *95.19* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *6.30* cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección. **h** : *120.00* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *4.40* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (EAE 2011, Artículo 35.5)

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

$$\frac{d}{t_w} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**21.23** < **55.46** ✓

Donde:

**$\lambda_w$**: Esbeltez del alma. **$\lambda_w$** : *21.23*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**$\lambda_{máx}$**: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *55.46*

$$\lambda_{max} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**$\eta$**: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. **$\eta$** : *1.20*

**$\varepsilon$**: Factor de reducción. **$\varepsilon$** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

**$f_{ref}$**: Límite elástico de referencia. **$f_{ref}$** : *235.00* MPa

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.04* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

**$V_{c,Rd}$** : *128.14* kN

Donde:

**$A_v$**: Área transversal a cortante. **$A_v$** : *8.47* cm²

$$A_V = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : *13.20* cm²

**d**: Altura del alma. **d** : *107.40* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. **$t_w$** : *4.40* mm

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**1.07 kN** ≤ **47.60 KN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *1.07* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *95.19* kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**0.04 kN ≤ 64.07 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.105 m del nudo N120, para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V1(VientoLateral)+0.7.

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — **$V_{Ed}$** : *0.04* kN

**$V_{c,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. — **$V_{c,Rd}$** : *128.14* kN

## **Resistencia a flexión y axil combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd,z}}\right]^{\beta} \leq 1$$

**η** : ***0.093*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 6.055 m del nudo N120, para la combinación de acciones 1.35·PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

Donde:

**$N_{t,Ed}$**: Axil de tracción solicitante de cálculo. — **$N_{t,Ed}$** : *2.24* kN

**$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{y,Ed}^{-}$** : *4.54* kN·m; **$M_{z,Ed}^{+}$** : *0.04* kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *1*

**$M_{N,Rd,y}$, $M_{N,Rd,z}$**: Momentos flectores resistentes plásticos reducidos de cálculo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{N,Rd,y}$** : *15.90* kN·m; **$M_{N,Rd,z}$** : *3.56* kN·m

$$\mathbf{M_{N,Rd,y}} = M_{pl,Rdy} \cdot (1-n)/(1-0.5 \cdot a) \leq M_{pl,Rd,y}$$

$$n \leq a \rightarrow \mathbf{M_{N,Rd,z}} = M_{pl,Rd,z}$$

$\alpha = 2$ ; $\beta = 5 \cdot n \geq 1$ — **α** : *2.000*; **β** : *1.000*

Siendo:

$$\mathbf{n} = N_{t,Ed}/N_{pl,Rd}$$

**n** : *0.006*

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a tracción. — **$N_{pl,Rd}$** : *345.71* kN

**$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{pl,Rd,y}$** : *15.90* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *3.56* kN·m

$$\mathbf{a} = (A - 2 \cdot b \cdot t_f)/A \leq 0.5$$

**a** : *0.39*

**A**: Área de la sección bruta. — **A** : *13.20* cm²

**b**: Ancho del ala. — **b** : *6.40* cm

**$t_f$**: Espesor del ala. — **$t_f$** : *6.30* mm

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.3)

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

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.3)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **1.07 kN ≤ 47.60 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z\ (KN)}}$ : *1.07*

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z\ (KN)}}$ : *95.19*

**Resistencia a torsión** (EAE 2011, Artículo 34.6)

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

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

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

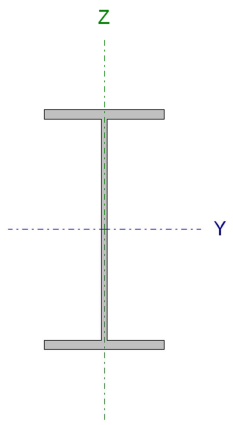
**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

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

Cálculos relativos a vigas de forjado

Por su parte, las comprobaciones y cálculos realizados según la norma en uno de los perfiles más solicitados que conforma el forjado son:

**Perfil: IPE 220**
**Material: Acero (S275 (EAE))**




| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | $I_y$ (1) (cm4) | $I_z$ (1) (cm4) | $I_t$ (2) (cm4) |
| N484 | N486 | 0.700 | 33.40 | 2772.00 | 205.00 | 9.07 |

*Notas:*
(1) *Inercia respecto al eje indicado*
(2) *Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|---|---|---|---|---|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| β | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| $L_K$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| $C_m$ | 0.100 | 0.100 | 1.000 | 1.000 |
| $C_1$ | - | | 1.000 | |

*Notación:*
*β: Coeficiente de pandeo*
*$L_K$: Longitud de pandeo (m)*
*$C_m$: Coeficiente de momentos*
*$C_1$: Factor de modificación para el momento crítico*

| Barra | COMPROBACIONES (EAE 2011) | | | | | | | | | | | | | | | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{\lambda}$ | $\lambda_w$ | $N_t$ | $N_c$ | $M_Y$ | $M_Z$ | $V_Z$ | $V_Y$ | $M_YV_Z$ | $M_ZV_Y$ | $NM_YM_Z$ | $NM_YM_ZV_YV_Z$ | $M_t$ | $M_tV_Z$ | $M_tV_Y$ | |
| N484/N486 | $\bar{\lambda}$ < 3.0 Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple | η = 4.7 | η = 1.5 | x: 0.7 m η = 88.9 | x: 0.7 m η = 4.0 | x: 0.7 m η = 30.3 | η = 0.1 | η < 0.1 | η < 0.1 | x: 0.7 m η = 81.1 | η < 0.1 | η = 0.4 | x: 0.7 m η = 28.9 | η < 0.1 | **CUMPLE η = 88.9** |

*Notación:*
- *$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez*
- *$\lambda_w$: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- *$N_t$: Resistencia a tracción*
- *$N_c$: Resistencia a compresión*
- *$M_Y$: Resistencia a flexión eje Y*
- *$M_Z$: Resistencia a flexión eje Z*
- *$V_Z$: Resistencia a corte Z*
- *$V_Y$: Resistencia a corte Y*
- *$M_YV_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- *$M_ZV_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- *$NM_YM_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados*
- *$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- *$M_t$: Resistencia a torsión*
- *$M_tV_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- *$M_tV_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- *η: Coeficiente de aprovechamiento (%)*

**Limitación de esbeltez** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Figura 35.1.2 de la norma EAE 2011.)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : *33.40* cm²

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — **$f_y$** : *275.00* MPa

**$N_{cr}$**: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. — **$N_{cr}$** : ∞

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (EAE 2011, Artículo 35.8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

**34.17 ≤ 248.36** ✓

Donde:

**$h_w$**: Altura del alma. — **$h_w$** : *201.60* mm

**$t_w$**: Espesor del alma. — **$t_w$** : *5.90* mm

**$A_w$**: Área del alma. — **$A_w$** : *11.89* cm²

**$A_{fc,ef}$**: Área reducida del ala comprimida. — **$A_{fc,ef}$** : *10.12* cm²

**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección. — **k** : *0.30*

**E**: Módulo de elasticidad. — **E** : *210000* MPa

**$f_{yf}$**: Límite elástico del acero del ala comprimida. — **$f_{yf}$** : *275.00* MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**Resistencia a tracción** (EAE 2011, Artículo 34.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.047*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$ : *41.44* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{t,Rd}}$ : *874.76* kN

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *33.40* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a compresión** (EAE 2011, Artículo 34.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.015*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V2(VientoLateral)-0.5.

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$ : *12.86* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{c,Rd}}$ : *874.76* kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *33.40* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.1)

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

**Resistencia a flexión eje Y** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.889*** ✓

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^{+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^{+}$ : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+0.9·V1(VientoLateral)+0.7.

$M_{Ed}^{-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^{-}$ : *66.36* kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$ : *74.64* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,y}$ : *285.00* cm³

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. — $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) — $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. — $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a pandeo lateral:** (EAE 2011, Artículo 35.2)

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

**Resistencia a flexión eje Z** (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.040*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$M_{Ed}^{+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^{+}$ : *0.61* kN·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^{-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — $M_{Ed}^{-}$ : *0.00* kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$ : *15.22* kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$ : *58.10* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a corte Z** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.303*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N486, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+0.9·V1(VientoLateral)+0.7.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *73.00* kN

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$\mathbf{V_{c,Rd}}$ : *240.59* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$ : *15.91* cm²

$$\mathbf{A_V} = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección. **h** : *220.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$ : *5.90* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Abolladura por cortante del alma:** (EAE 2011, Artículo 35.5)

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

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

**30.10** < **55.46** ✓

Donde:

$\lambda_w$: Esbeltez del alma. $\lambda_w$ : *30.10*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$ : *55.46*

$$\lambda_{max} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

$\eta$: Coeficiente que permite considerar la resistencia adicional en régimen plástico debida al endurecimiento por deformación del material. $\eta$ : *1.20*

$\varepsilon$: Factor de reducción. $\varepsilon$ : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$: Límite elástico de referencia. $f_{ref}$ : *235.00* MPa

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : *275.00* MPa

**Resistencia a corte Y** (EAE 2011, Artículo 34.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+ 1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$V_{Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : *0.26* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$ : *325.19* kN

Donde:

$A_v$: Área transversal a cortante. $A_v$ : *21.51* cm²

$$A_V = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$: Área de la sección bruta. $A$ : *33.40* cm²

$d$: Altura del alma. $d$ : *201.60* mm

$t_w$: Espesor del alma. $t_w$ : *5.90* mm

$f_{yd}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$ : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $f_y$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

**54.08 kN ≤ 120.29 Kn** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+0.9·V1(VientoLateral)+0.7.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ (KN): *54.08*

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$ (KN): *240.5*

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.1)

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

**0.26 kN ≤ 162.59 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.05·SobrecargadeUsoOficinas+1.05·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·V1(VientoLateral)+0.7+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *0.26* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$ : *325.19* kN

**Resistencia a flexión y axil combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd,z}}\right]^{\beta} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.811*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N486, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+0.9·V1(VientoLateral)+0.7.

Donde:

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$ : *11.39* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$ : *66.36* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^+}$ : *0.32* kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{M_{N,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{N,Rd,z}}$: Momentos flectores resistentes plásticos reducidos de cálculo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{N,Rd,y}}$ : *74.64* kN·m; $\mathbf{M_{N,Rd,z}}$ : *15.22* kN·m

$$\mathbf{M_{N,Rd,y}} = M_{pl,Rdy} \cdot (1-n)/(1-0.5 \cdot a) \leq M_{pl,Rd,y}$$

$$n \leq a \rightarrow \mathbf{M_{N,Rd,z}} = M_{pl,Rd,z}$$

$\alpha = 2$ ; $\beta = 5 \cdot n \geq 1$ $\alpha$ : *2.000*

$\beta$ : *1.000*

Siendo:

$\mathbf{n} = N_{t,Ed}/N_{pl,Rd}$ — **n** : *0.013*

**$N_{pl,Rd}$**: Resistencia a tracción. — $N_{pl,Rd}$ : *874.76* kN

**$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{pl,Rd,y}$ : *74.64* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$ : *15.22* kN·m

$\mathbf{a} = (A - 2 \cdot b \cdot t_f)/A \leq 0.5$ — **a** : *0.39*

**A**: Área de la sección bruta. — **A** : *33.40* cm²

**b**: Ancho del ala. — **b** : *11.00* cm

**$t_f$**: Espesor del ala. — $t_f$ : *9.20* mm

**Resistencia a pandeo:** (EAE 2011, Artículo 35.3)

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

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (EAE 2011, Artículo 34.7.3)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+0.9·V1(VientoLateral)+0.7.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

**54.08 kN** ≤ **120.19 kN** ✓

Donde:

**$V_{Ed,z}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. — $V_{Ed,z}$ : *54.08* kN

**$V_{c,Rd,z}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. — $V_{c,Rd,z}$ : *240.37* kN

**Resistencia a torsión** (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·V3(VientoFrontal)+0.7.

**$M_{T,Ed}$**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. — $M_{T,Ed}$ : *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{T,Rd}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$ : *1.49* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$ : *9.86* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : ***0.289*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N486, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·SobrecargadeUsoDintelPuertasdeEntrada+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$ : *69.46* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$ : *0.00* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ : *240.37* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$ : *240.59* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : *0.34* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$ : *9.86* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$ : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) $\mathbf{f_y}$ : *275.00* MPa

$\gamma_{M0}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : *1.05*

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (EAE 2011, Artículo 34.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CerramientosPlantayForjadosSuelo-Techo+1.35·SobrecargaPesoPanelSandwich+1.5·SobrecargadeUsoOficinas+1.5·SobrecargadeUsoEscalera+1.5·SobrecargadeUsoDintelPuertasdeEntrada+0.9·V4(VientoFrontal)-0.5+0.75·N1(SobrecargadeNieve).

**$V_{Ed}$**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed}$** : *0.02* kN

**$M_{T,Ed}$**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.00* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

**$V_{pl,T,Rd}$** : *324.89* kN

Donde:

**$V_{pl,Rd}$**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *325.19* kN

**$\tau_{T,Ed}$**: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.34* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

**$W_T$**: Módulo de resistencia a torsión. **$W_T$** : *9.86* cm³

**$f_{yd}$**: Resistencia de cálculo del acero. **$f_{yd}$** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$**: Límite elástico. (EAE 2011, Artículo 27) **$f_y$** : *275.00* MPa

**$\gamma_{M0}$**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M0}$** : *1.05*

## 5.2. Anexo II. Estudio Básico de Seguridad y Salud

Identificación.

Titular: Escuela Politécnica Superior de Jaén

Emplazamiento de la obra: Polígono Industrial SUNP 6, Jaén.

Objetivo, utilidad y riesgos no previstos.

A) El objetivo de este Estudio Básico de Seguridad y Salud es definir los riesgos laborales que pueden surgir en la obra según los parámetros (tecnología, diseño y materiales) empleados en el proyecto. Una vez definidos los riesgos que afectan a la salud y a la integridad física del personal que intervendrá en la construcción, se proponen las medidas de prevención y protección para reducirlos y/o controlarlos.

B) Estos riesgos y sus medidas de prevención y protección tendrán que ser tenidos en consideración por el contratista cuando elabore o actualice el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo de la obra que estará en función del proceso y tecnología que empleará.

C) Todo aquel riesgo no previsto en este Estudio Básico y que surgiese en el desarrollo de la obra, se estudiará con los responsables de seguridad para arbitrar aquellas medidas de protección adicionales que se integrarán en el Plan de Seguridad del Contratista.

Normativa.

A) Real Decreto 1627/1997 del 24 de Octubre que fija las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

B) Ley 31/1995 de 8 de Noviembre sobre Protección de Riesgos Laborales.

C) Todo lo articulado de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo, y su adecuación en la construcción, que este vigente en la fecha de hoy.

Descripción de las obras y características.

A) Descripción de las obras.

Construcción de un edificio industrial. La superficie total ocupada es de 1.760 $m^2$ sobre un solar de 2.769,85 $m^2$. La altura máxima será de 10,21 m.

B) Tecnología empleada.

La estructura se proyecta sobre pilares de acero de perfiles HEA, sobre los que apoyan los dinteles diseñados con vigas de acero de perfiles IPE.

En los dinteles se apoya el entramado de correas, consistentes en perfiles en Z, que sirven para la fijación de los paneles de cubierta y transmitir la carga al dintel.

La cubierta, con pendiente de 8,6º, se resolverá con panel sandwich “Euro 5G-1000” con accesorios traslúcidos que serán placas de policarbonato y poliester en configuración en la línea del techo para obtener una luz natural para la nave. Este panel tendrá un grosor total de 30 mm. La cubierta se define con dos vertientes. La altura en el centro de la nave será de 10,21 m.

Los canales de desagüe se formarán mediante una chapa galvanizada de 30 mm de grosor. Estos canalones conducirán el agua de las lluvias hasta los bajantes de PVC de Ø 250 mm, que desemboca en tubos de PVC de Ø 315 mm. Todas las aguas de la parcela también desembocarán en esta red de alcantarillado.

La fachada está compuesta básicamente de placas alveolares de hormigón armado, sobre las que se instalará una hoja metálica ondulada con acabado en aluminio prelacado fijadas mediante elementos pasantes tales como clavos remachados en la misma hoja. En la fachada principal en lugar de la hoja metálica se instalará un sistema de fachada ventilada que irá instalada mediante un sistema de perfilería sobre las placas alveolares.

El pavimento se proyecta la instalación de losetas vinílicas de 7 mm de espesor compuestas de PVC sobre la solera de de 25 cm de espesor con un armado de redondos de diámetro Φ8 y mallazo en cuadrícula electrosoldado de 150x150 mm colocado en la parte inferior.

Se han proyectado 4 puertas metálicas de entrada a la nave, 2 de ellas son seccionales motorizadas de 6 m de ancho por 5 m de alto situadas en la fachada principal, y otras 2 son basculantes y motorizadas de 3,5 m de ancho por 3 m de altura ubicadas en la fachada trasera.

La parcela está cercada por una valla mixta hecha con tabique perimetral de altura aproximada 80 cm hecho en obra con bloques de hormigón de 39x19x19 cm. Sobre este tabique se va a instalar una verja de 2 m de altura como sistema de protección perimetral.

C) Proceso ordenado.

- Movimiento de tierras: construcción de zanjas y pozos para la cimentación y alcantarillado.

- Construcción, in situ, de las cimentaciones.

- Montaje de la estructura primaria (piezas de acero).

- Montaje de los cierres de fachada

- Montaje de la cubierta y bajantes.
- Pavimentación.
- Instalaciones.

Acceso a la obra – Protecciones.

Se entrará por la Calle Mariana de Carvajal y Saavedra. Todo el ámbito de actuación se cerrará y solamente podrán entrar personas autorizadas con sus elementos de protección (casco en todo el ámbito).

Definición de los riesgos y las medidas de prevención y protección.

En este punto se definen los riesgos que comporta la obra y las protecciones a emplear.

❖ Protecciones

A) Protecciones individuales.

• Cascos: Para todas las personas que participan en la obra incluyendo los visitantes.

• Guantes: De uso general contra cortes de chapa y pinchazos de barandillas y guantes aislantes eléctricamente hasta 430V.

- Botas: Botas de agua y botas contra impactos de caída de objetos.
- Monos de trabajo.
- Protectores auditivos.
- Mascarillas anti-polvo.
- Cinturón de seguridad de sujeción.
- Herramientas manuales con agarraderas aislantes eléctricamente.
- Mosquetones para fijar las herramientas manuales.

- Gafas especiales para soldadura.

- Ropa contra la lluvia.

B) Protecciones colectivas.

Al ser instalaciones y obras con gran probabilidad que las realicen empresas especializadas diferentes, una de las protecciones colectivas más eficaces es señalizar y cerrar el espacio donde trabaje cada empresa.

Plataformas móviles homologadas con barandillas y zócalos, escaleras de mano con capacidad de desplazamiento, plataformas de elevación y presentación a la altura para el montaje.

❖ Riesgos que pueden ser evitados.

A) Peligros de electrocución.

Siempre que se trabaje haciendo conexiones o otras operaciones estarán quitados los fusibles de conexión y la protección diferencial activada. Nunca se harán trabajos con tensión en las líneas.

La instalación eléctrica provisional de obras estará protegida siguiendo las indicaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias. Cada enchufe tendrá su base y todo elemento metálico se conectará eléctricamente a tierra. Cada línea tendrá su propia protección contra sobreintensidades (interruptores magnetotérmicos de corte omnipolar) y contra contactos indirectos (interruptores diferenciales). Las líneas que discurren por el suelo se protegerán con una baldosa o tubo de hierro y tendrán un aislamiento de 1000V.

B) Caídas de altura por los agujeros de la construcción.

Se evitarán con cierres de 1,6 metros de altura con zócalo.

C) Caídas del mismo nivel debido a las runas.

Para evitarlo se mantendrá en buen estado de limpieza. Los residuos y runas se almacenarán en una zona señalada previamente y se evacuarán para su reciclaje.

D) Caídas de objetos o interferencias peligrosas cuando intervengan varios subcontratistas.

La falta de información entre el personal subcontratado que coincida en la obra es la causa de muchos riesgos, sobretodo de caída de objetos. Se resolverá con la coordinación y la información del trabajo y el sitio de cada operación y de las medidas de seguridad individuales y colectivas que tienen que utilizar.

E) Golpes y caídas motivadas por la oscuridad.

Cuando se trabaje en horarios de poca luz, o dentro del edificio ya cubierto y cerrado se dispondrá de un sistema de alumbrado que de 50 lux a todo el ámbito y 250 lux en la zona de trabajo.

- ❖ Riesgos para cada fase y medidas básicas de seguridad a emplear.

La tecnología empleada es la de construcción en piezas prefabricadas de acero. Esta tecnología define claramente 5 fases:

- Cimentaciones
- Montaje de las piezas de acero
- Montaje de la cubierta
- Construcción de los cierres exteriores
- Acabados interiores

Seguidamente se definirán los riesgos de todo el proceso de construcción que se prevé.

Movimiento de tierras (Nivelación, zanjas y zapatas para cimientos y alcantarillado).

A) Riesgos más frecuentes.

- Atropellos y colisiones originados por la maquinaria.
- Caídas dentro de las zanjas o pozos.
- Generación de polvo.

B) Normas básicas de seguridad.

- La maniobra de la maquinaria estará dirigida por una persona diferente al conductor.
- Los pozos y zanjas estarán correctamente señalizados para evitar caídas del personal en su interior.
- Se cumplirá la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Al realizar trabajos en zanjas, la distancia mínima entre trabajadores será de un metro.
- La salida a la calle de camiones será avisada por personal diferente al conductor.
- Correcto mantenimiento de la maquinaria.
- Correcta disposición de la carga de tierras en el camión.

C) Protecciones personales.

- Casco homologado.
- Mono de trabajo y, en su caso, trajes de agua y botas.
- Utilización del cinturón de seguridad por parte del conductor de la máquina. La cabina estará protegida contra vuelco.
- Botas de seguridad para evitar aplastamientos.

D) Protecciones colectivas.

• Correcta conservación de la barandilla al inicio del desnivel, motivada por la cimentación de las zapatas del muro y la zanja del alcantarillado.

• No apilar materiales en la zona de tránsito, retirada de la runa que impida el paso.

• Señalización y ordenación del tránsito de máquinas de forma visible y sencilla.

• Formación y conservación de una banqueta, en el borde de la rampa, para para-choque de vehículos.

- Construcción de cimientos (Montaje de las armaduras y vertido del hormigón en las zanjas y pozos directamente desde el camión).

A) Riesgos más frecuentes.

• Cortes en las manos y pinchazos.

• Pinchazos, frecuentemente en los pies, en las fases de desencofrado.

• Caídas al mismo nivel por falta de orden y limpieza.

B) Normas básicas de seguridad.

• Cuando una grúa eleve material, el personal no estará debajo de las cargas suspendidas.

C) Protecciones personales y colectivas.

• Uso obligatorio del casco homologado.

• Calzado con suela reforzada anticlavos.

• Guantes especiales contra cortes y pinchazos de metales.

• Guantes y botas de goma durante el vertido del hormigón.

• La maniobra del camión hormigonera estará dirigida, tanto en la entrada, en la salida, como en el acercamiento a la obra, por una persona diferente al conductor.

❖ Montaje de la estructura y cierres del edificio.

A) Proceso.

El edificio está proyectado con piezas prefabricadas de acero. El proceso del montaje se puede desglosar en las siguientes fases:

• Llegada del camión con las piezas y descarga.

• Fijación de la pieza con los elementos necesarios a la grúa especial para este uso.

• Elevación de la pieza, acercamiento, presentación y acoplamiento.

• Fijación o anclaje de la pieza una vez acoplada.

B) Riesgos más frecuentes.

• Caída de las piezas durante el vuelo con la grúa.

• Golpes a las personas durante las maniobras de transporte, acercamiento y acoplamiento de las piezas con la grúa.

• Caída del personal en altura.

• Caída de piezas una vez en su sitio por deficiencia o mal anclaje.

C) Normas básicas de seguridad.

• Estos trabajos serán realizados, como mínimo, por un montador y su ayudante, el que lleva la grúa y dos personas que acercan la pieza a su acoplamiento.

• La zona por donde circula en vuelo la pieza se señalizará y ninguna persona estará debajo de ella.

• Ninguna pieza, una vez acoplada, se dejará suelta sin fijación.

D) Protecciones personales y colectivas.

- Uso del casco.
- Uso del cinturón de seguridad.
- Uso de calzado especial para golpes.
- Guantes de cuero.

❖ Montaje de la cubierta.

El problema, a otro nivel, es el mismo que el montaje de la estructura.

A) Proceso.

- Transporte de los paneles de chapa de acero galvanizado nervado a la cubierta.
- Colocación de los paneles.
- Fijación de los paneles a las correas.

B) Riesgos más frecuentes.

- Caída de material de altura.
- Caída de personal en altura
- Hundimiento del panel por el peso de la persona.
- Cortes en la manos.

C) Normas básicas de seguridad.

- Cuando se trabaje en la cubierta se prohibirá el paso por debajo de la zona de trabajo.
- Se trabajará sobre plataformas autoportantes o grúa con cesto para poner el panel nervado.

• Para transitar sobre la cubierta se emplearán tablones que se apoyarán sobre las correas.

• Uso obligatorio del casco dentro de la planta baja.

D) Protecciones personales y colectivas.

• Este trabajo será realizado, como mínimo, por un oficial y su ayudante.

• Uso del cinturón de seguridad.

• Guantes de cuero contra cortes.

• Las herramientas se llevarán sujetas en un mosquetón para evitar la caídas.

❖ Pavimentación.

A) Programa de obras.

• Extendido y compactado de la base de todo-uno.

• Colocación del entramado.

• Extendido del hormigón directamente desde el camión cuba.

• Arremolinado y triturado.

• Cortes de 5cm para formar cuadrados de dilatación de 25 x 25 cm.

B) Riesgos más frecuentes.

• Atropellos y colisiones originados por las máquinas.

• Caídas al mismo nivel.

C) Normas básicas de seguridad.

• La maniobra de los camiones será dirigida por personal diferente al conductor.

- No circular por encima del entramado.

D) Protecciones personales.

- Casco homologado.
- Botas de agua al tirar el hormigón.
- Mono de trabajo.
- Protección de la máquina arremolinadora.

❖ Formación de cierres exteriores e interiores.

A) Riesgos más frecuentes:

- Caídas del personal al mismo nivel.
- Caídas del personal en altura.
- Proyección de partículas al cortar los ladrillos con la paleta.
- Salpicadura de pastas y morteros al trabajar a la altura de los ojos en la colocación de los ladrillos.
- Golpes en las manos en oberturas de regatas.
- Cortes y heridas al manipular los ladrillos y/o bloques de cierre.
- Aspiración de polvo al utilizar máquinas para cortar o limar.
- Sobreesfuerzos.

B) Normas básicas de seguridad:

- Estos trabajos serán realizados, como mínimo, por un operario y un ayudante.
- Uso de plataformas protegidas.

• Estado de orden y limpieza en cada trabajo, las superficies de tránsito estarán libres de obstáculos.

• La evacuación de runas de las plataformas se realizarán mediante conducción tabular.

• El material se colocará sobre las plataformas empleando un equipo elevador adecuado.

• Se señalizará la zona de trabajo.

C) Protecciones personales y colectivas:

• Uso del casco.

• Uso del cinturón de seguridad.

• Guantes de goma o de caucho.

• Gafas de seguridad y protectoras.

• Mascarillas antipolvo.

• Coordinación con el resto de los oficios que intervienen en la obra.

• Guantes de cuero.

❖ Montaje de la instalación eléctrica.

Las operaciones son presentar, fijar y encarar.

A) Riesgos más frecuentes:

• Cortes en las manos y pinchazos.

• Caída de altura del personal.

• Caída de objetos a diferente nivel.

• Electrocuciones por contactos directos o indirectos por el uso de herramientas portátiles accionadas eléctricamente.

B) Normas básicas de seguridad:

• Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón para evitar la caída a otro nivel.

• Las plataformas móviles estarán protegidas con barandillas y tendrán un sistema de bloqueo en las ruedas.

• Las escaleras manuales estarán en buen estado y se apoyarán sobre elementos antiresbaladizos.

• Se señalará con cinta la zona de trabajo si esta es en altura.

• Las conexiones se harán siempre sin tensión. La instalación eléctrica que se construye y los elementos para darle tensión han de permanecer bloqueados mientras dure el trabajo. Se quitarán los fusibles de la caja general de protección.

• Las herramientas manuales se revisarán periódicamente para evitar cortes o golpes en su uso.

C) Instalaciones personales y colectivas:

• Mono de trabajo.

• Casco aislado homologado.

• Herramientas manuales con aislamiento hasta 450V.

• La zona de trabajo estará siempre limpia, ordenada e iluminada.

• Las escaleras estarán provistas de tirantes para delimitar la obertura cuando sean de tijera.

❖ Instalaciones de fontanería.

A) Medidas de seguridad:

• Las máquinas portátiles que se utilicen tendrán doble aislamiento.

• Se revisarán las válvulas, manguitos y sifones para evitar las fugas.

• Se retirarán las botellas de gas de las proximidades de toda fuente de calor, protegiéndolas del sol.

• Se comprobará el estado general de las herramientas manuales para evitar golpes y cortes.

❖ Carpintería y cierres metálicos.

A) Riesgos más frecuentes.

• Golpes en la cabeza.

• Caídas de peso en los pies.

• Golpes en las manos y pinchazos.

B) Protecciones personales:

• Mono de trabajo.

• Casco de seguridad homologado.

• Cinturón de seguridad homologado en los trabajos con riesgo de caídas a diferente nivel.

• Guantes de cuero.

• Botas con puntera reforzada.

C) Protecciones colectivas:

• Uso de los medios auxiliares adecuados para la realización de los trabajos (escaleras y salidas).

• La zona de trabajo estará ordenada.

• Los materiales de carpintería se asegurarán convenientemente en los lugares donde tengan que ir hasta su fijación definitiva.

❖ Pinturas y barnices.

A) Riesgos más frecuentes:

• Salpicar los ojos de disolvente.

• Inhalaciones de disolventes.

• Incendio en caso de fuego.

B) Protecciones personales:

• Se usarán gafas para los trabajos de pintura de techos.

• Uso de mascarilla protectora en los trabajos de pintura de goteleé.

Información.

Todo el personal, desde el principio de la obra o cuando se incorpore, habrá recibido, de su empresa, la información de los riesgos y de las medidas que hará servir en la realización de su trabajo.

Medicina preventiva y primeros auxilios.

Se dispondrá de un botiquín con el material necesario.

El botiquín se revisará mensualmente y se repondrá inmediatamente el material consumido.

Se tendrá que informar con un rótulo visible en la obra de la situación más cercana de los diversos centros médicos (servicios propios, mutuas patronales, mutualidades laborales, ambulatorios, hospitales, etc.) donde avisar o, si es el caso, llevar el posible accidentado para que reciba un tratamiento rápido y efectivo.

Prevención de riesgos de daños a terceros.

Se señalizará, de acuerdo con la normativa vigente, el enlace de la zona de obras con la calle, y se adoptarán las medidas de seguridad que cada caso requiera.

Se señalizarán los accesos naturales a la obra, y se prohibirá el paso a toda persona ajena, colocando un cierre y las indicaciones necesarias.

Se tendrá en cuenta, principalmente:

- La circulación de la maquinaria cerca de la obra.
- La interferencia de trabajos y operaciones.
- La circulación de vehículos cerca de la obra.

Plan de seguridad.

En el cumplimiento del artículo 7 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre de 1997, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud y adaptará este estudio básico de seguridad y salud a sus medios y métodos de ejecución.

Cada plan de seguridad y salud tendrá que ser aprobado, antes del inicio delas obras, por el coordinador en materia de seguridad y salud en ejecución de obra.

Este plan de seguridad y salud se hará llegar a los interesados, según establece el Real Decreto 1627/1997, con la finalidad de que puedan presentar las sugerencias y las alternativas que les parezcan oportunas.

El plan de seguridad y salud, juntamente con la aprobación del coordinador, la enviará el contratista a los Servicios Territoriales de Trabajo de la Generalitat, calle Carrera, 20-24 de Barcelona, con la Comunicación de Obertura de Centro de Trabajo, como es perceptivo.

Cualquier modificación que introduzca el contratista en el plan de seguridad y salud, como resultado de las alteraciones e incidencias que puedan producirse en el transcurso de la ejecución de la obra o bien por variaciones en el proyecto de ejecución que ha servido de base para elaborar este estudio básico de seguridad y salud, requerirá la aprobación del coordinador.

Libro de incidencias.

En la obra habrá un libro de incidencias, bajo el control del coordinador de seguridad en fase de ejecución, y a disposición de la dirección facultativa, la autoridad laboral o el representante de los trabajadores, los cuales pueden hacer las anotaciones que consideren oportunas con la finalidad de control de cumplimiento.

En caso de anotación, el coordinador enviará una copia de la anotación a la Inspección de Trabajo (en Jaén, calle Esteban Ramírez Martín, 2 (Planta 1ª y 2ª)) dentro del termino de 24 horas.

Prescripciones generales de seguridad.

Todo el personal, incluyendo las visitas, la dirección facultativa, etc., usará casco de seguridad para circular por la obra.

En caso de algún accidente en que se necesite asistencia facultativa, aunque sea leve la asistencia médica y se reduzca a una primera cura, el responsable de seguridad del contratista realizará una investigación técnica de las causas de tipo humano y de las condiciones de trabajo que han posibilitado el accidente.

Además de los trámites establecidos oficialmente, la empresa pasará un informe a la dirección facultativa de la obra, donde se especificará:

• Nombre del accidentado; categoría profesional; empresa para la cual trabaja.

• Hora, día y lugar del accidente; descripción del accidente; causas de tipo personal.

• Causas de tipo técnico; medidas preventivas para evitar que se repita.

• Fechas límite de realización de medidas preventivas.

Este informe se pasará a la dirección facultativa y al coordinador de seguridad en fase de ejecución el día siguiente del accidente como muy tarde.

La dirección facultativa y el coordinador de seguridad podrán aprobar el informe o exigir la adopción de medidas complementarias no indicadas en el informe.

Condiciones de los medios de protección.

Todos los equipos de protección individual (EPI) y sistemas de protección colectiva (SPC) tendrán fijado un periodo de vida útil.

Cuando, por circunstancias de trabajo, se produzca un deterioro más rápido de una determinada pieza o equipo, ésta se repondrá, independientemente de la duración prevista o de la fecha de entrega.

Aquellas piezas que por su uso hayan adquirido más juego o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una pieza o de un equipo de protección nunca representará un riesgo por sí mismo.

Equipos de Protección Individual (EPI).

Cada contratista llevará el control de la entrega de los equipos de protección individual (EPI) de la totalidad del personal que interviene en la obra. Todos serán homologados.

Servicios de prevención.

A) Servicio técnico de seguridad y salud.

Todos los contratistas tienen asesoramiento técnico en seguridad y salud, propio o externo, de acuerdo con el Real Decreto 39/1997 sobre servicios de prevención.

B) Servicio médico.

Los contratistas de esta obra disponen de un servicio médico de empresa, propio o mancomunado.

Todo el personal de nuevo ingreso a la contrata, aunque sea eventual o autónomo, tendrá que pasar el reconocimiento médico prelaboral obligado. Son también obligadas las revisiones médicas anuales de los trabajadores ya contratados.

Instalaciones de salubridad y confort.

Las instalaciones provisionales de obra se adaptarán, por lo que se refiere a los elementos, dimensiones y características, a lo que previenen en lo especificado en los artículos 44 de la Ordenanza general de Seguridad e higiene, y 335, 336 y 337 de la Ordenanza laboral de la construcción, vidrio y cerámica.

## C Á L C U L O  L O G Í S T I C O

Introducción y objeto.

Debido a un constante crecimiento de las empresas, éstas se encuentran con el problema de la falta de sitio para almacenar sus productos una vez acabados. Para solucionarlo muchas de ellas optan por la construcción de un almacén logístico, teniendo como función el correcto almacenaje y posterior distribución del material. Otras solucionan el problema contratando servicios logísticos, que almacenan sus productos en naves acondicionadas para ello por alquiler.

De cualquier forma, la nave diseñada tiene como destino el almacenaje, por lo que se procederá a realizar una distribución del espacio disponible, optimizando los recursos.

Descripción general.

La nave se proyecta de una sola planta para almacenaje, de 1.364 m2 de superficie ocupada y una altura hasta inicio de cubierta de 9 metros.

Para que la entrada y salida de vehículos y de material sea correcta, se requieren una serie de normas de utilización de las instalaciones.

Distribución.

Para poder organizar el espacio de la nave, hay que tener en cuenta las siguientes partes:

- Zona de cargador de carretillas elevadoras.
- Caseta de control.
- Zona de almacenaje.

Zona de cargador de carretillas elevadoras.

La maquinaria utilizada para el proceso de almacenaje son carretillas elevadoras, las cuales transportan y colocan los palets de los productos en las estanterías de almacenaje.

Dichos vehículos requieren de una zona de repostaje para recargarse. La zona de cargador de carretillas elevadoras se sitúa junto a la parte delantera de estanterías de almacenaje, tal y como se indica en el plano Nº 4 "Planta de distribución y acotado. Plantas baja y alta" del "Documento Básico Nº 2. Planos".

Caseta de control.

Las caseta de control está situada en planta baja entre las dos puertas principales de entrada para vehículos pesados y siempre estará ocupada por una persona.

Los transportistas deben pasar por un control en dicha caseta, mientras se procede a la carga y/o descarga de su camión. De esta manera, al estar cerca de la zona de carga, su acceso es más rápido, agilizando así el tiempo de tramites.

Zona de almacenaje.

La zona de almacenaje es el área donde se procede a la colocación final de los productos, que consta de una superficie de 1.364 m2.

Esta constituida por estanterías ( plano Nº 4 "Planta de distribución y acotado. Plantas baja y alta" del "Documento Básico Nº 2. Planos"), que forman una serie de pasillos para poder acceder a las mismas.

La distancia entre estanterías esta condicionada por el paso de la maquinaria de almacenaje y su maniobrabilidad entre ellas. Como mínimo, para poder girar entre pasillos, los toros necesitan un radio de 2,80 metros, lo cual supone que se adopte dicha distancia como distancia mínima de pasillo.

Para la distribución del almacén, se ha de optimizar el espacio disponible, para obtener el mayor número posible de productos almacenados.

Acceso a la nave.

- Circulación de vehículos de descarga.

Se han proyectado dos accesos, de entrada y de salida en los límites de la parcela.

Una caseta de control situada a la entrada a la nave entre las dos puertas supervisará el correcto transporte de los camiones, sin dejar entrar a ningún vehículo sin autorización previa para el descargue de la materia transportada.

El sentido de circulación así como toda la señalización necesaria para el buen funcionamiento de esta zona de carga y descarga se deberá respetar por todos los usuarios del mismo, sancionando o llamando la atención en caso de infringir alguna de estas señales, ya que podría dar lugar a un accidente en el interior de la parcela.

- Circulación del personal.

Se han previsto accesos a la parcela tanto para los trabajadores como para personas que deseen una entrevista en las oficinas.

Una puerta situada en la fachada lateral orientada al noreste dará acceso a toda persona que lo desee. Una zona peatonal desde las puertas de entrada al recinto hasta la puerta descrita anteriormente nos dará un trayecto cómodo.

Una zona de aparcamientos situada frente a la fachada principal, servirá para el estacionamiento de vehículos tanto de trabajadores, como de personal de vehículos para tramitar la utilización de carga y descarga.

- Control.

El control de funcionamiento de la zona tiene dos aspectos importantes a destacar. Por una parte el control ha de hacer posible el correcto funcionamiento de la carga y descarga de material logístico. Mediante indicaciones adecuadas, el vehículo de transporte deberá tener conocimiento de la zona de carga y descarga que le corresponde y conocer el camino que ha de seguir para efectuar la maniobra de carga y descarga.

El encargado de la caseta de control dispondrá de una lista de las entradas y salidas del recinto de todos los vehículos que se disponen a efectuar cargas y descargas en el almacén por día. Así evitamos un mal funcionamiento de la zona de descarga.

Un transporte extraviado o un vehículo que proceda a no respetar la fecha de carga y descarga del material, deberá ponerse en contacto con el personal de la oficina para establecer una próxima fecha o para solucionar el problema en caso de urgencia.

La cabina de entrada dispondrá de cuadros de vigilancia de todo el recinto para asegurar una máxima vigilancia. También dispondrá de los indicadores de la instalación de iluminación y electricidad en general y de las diferentes acometidas, en los correspondientes cuadros de protección y maniobra.

El control de carga y descarga por parte de los transportistas será efectuado por una serie pasos, para facilitar un uso de la zona de carga y descarga, y no saturarla. Se actuará de la siguiente manera:

1. Al llegar el conductor con su vehículo de transporte a la entrada de la parcela el encargado de la caseta de control se dispondrá a revisar la autorización de que dispone el

conductor, para establecer la carga y descarga del material. Una vez se haya verificado la autorización del conductor con la que posee el encargado se procederá al paso del vehículo.

2. Una vez pasado el control previo de la autorización deberá conducir el vehículo por el camino asfaltado hasta la zona de descarga. Una vez allí se colocará según marquen los parámetros de la autorización.

3. Cuando ya se haya procedido a la colocación del vehículo en la zona de carga y descarga destinado, se dispondrá a la correcta carga y descarga del material por parte del encargado del almacén. Este mediante la autorización, donde se establece la orden de carga o descarga colocará el material que se ha destinado a esta operación detallado en dicha autorización.

4. Mientras se establece la carga y descarga del material, el conductor del vehículo deberá proceder a fichar la autorización en las oficinas, donde le tramitarán una nueva orden, se establecerá que ha sido correcta la carga o descarga del material, y pondrá los parámetros de salida del almacén: material que deposita en el almacén y material que será transportado, fecha, hora y un albarán sellado por la oficina.

5. El conductor se dispondrá a abandonar la zona de descarga y posteriormente a salir del recinto. Una vez delante de la caseta de control, se le efectuará un nuevo control de la orden y del albarán. Si es correcto podrá abandonar el recinto con la nueva carga. Si no es correcto el conductor deberá ir a la oficina y verificar la orden. De esta manera podrá seguir su trayecto.

Cálculo logístico.

Tras la distribución de forma óptima de los elemento que conforman el almacén, se procede al cálculo de material que se puede almacenar en la nave.

- Estanterías.

Las estanterías elegidas permiten un almacenaje inicial de 9 palets cada una, de 3,876 x 1 metros de base, y una altura máxima de 3 metros.

- Capacidad del almacén.

Se contabilizan las estanterías y la cantidad de palets que, como máximo, se pueden colocar en la nave, obteniendo un total de 594 palets.

## Bibliografía

J. Calavera. Dr Ingeniero de Caminos. *Cálculo de estructuras de cimentación. 4ª edición*

Ramón Argüelles Álvarez, Francisco Arriaga Martiegui, Ramón y José María Argüelles Bustillo, José Ramón Atienza Reales.(2013). *Estructuras de acero. Fundamentos y cálculos según CTE, EAE y EC 3. Tomo 1- 3ª edición*

Ramón Argüelles Álvarez, Francisco Arriaga Martiegui, Ramón y José María Argüelles Bustillo, José Ramón Atienza Reales.(2013). *Estructuras de acero.Uniones y sistemas estructurales. Tomo 2- 2ª edición*