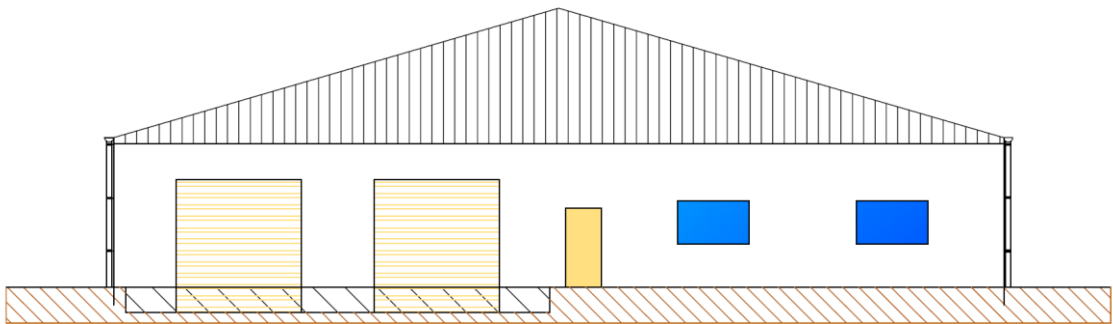


# TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO TÉCNICO DE EDIFICIO INDUSTRIAL DESTINADO  
A SALA DE DESPIECE Y PREPARACIÓN DE PRODUCTOS  
CÁRNICOS APTOS PARA SU VENTA Y DISTRIBUCIÓN  
SITUADO EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR**

## TOMO I



**DANIEL LORA CORREDERA**

**TUTOR: MARIO MATAS HERNÁNDEZ**

**SEPTIEMBRE 2015**

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DE BÉJAR**



**VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA**

## **CONTENIDO TOMO 1:**

- I. MEMORIA
  
- II. ANEXOS
  - ANEXO 1: INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA
  
  - ANEXO 2: INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO
  
  - ANEXO 3: CÁLCULOS ELÉCTRICOS
  
  - ANEXO 4: INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA  
INCENDIOS
  
  - ANEXO 5: INSTALACIÓN DE FRÍO
  
  - ANEXO 6: CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA AUXILIAR
  
  - ANEXO 7: TORSIÓN EN SECCIONES ABIERTAS
  
  - ANEXO 8: CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA
  
- III. PLIEGO DE CONDICIONES
  
- IV. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

# I.MEMORIA

---

## Índice

1. Memoria descriptiva y justificativa .....	6
Identificación y objeto del proyecto .....	6
Agentes .....	6
Información previa .....	6
Antecedentes y condicionantes de partida.....	6
Datos del emplazamiento.....	7
Normativa urbanística y otras normativas .....	7
Descripción del proyecto .....	7
Descripción general del edificio .....	7
Uso característico .....	8
Programa de necesidades.....	13
Justificación del cumplimiento de la normativa urbanística, ordenanzas municipales y otras normativas. ....	14
Descripción de la geometría del edificio, volumen, superficies útiles y construidas, accesos y evacuación. ....	14
Descripción general de los parámetros que determinan las previsiones técnicas a considerar en el proyecto.....	15
Prestaciones del edificio .....	18
Prestaciones producto del cumplimiento de los requisitos básicos del CTE.....	18
Prestaciones en relación a los requisitos funcionales del edificio .....	21
Prestaciones que superan los umbrales establecidos en el CTE.....	22
Limitaciones de uso del edificio .....	22
Memoria constructiva .....	24
Características generales.....	24
Movimiento de tierras.....	25
Sustentación del edificio.....	25
Justificación de las características del suelo.....	25



Cimentación.....	25
Sistema estructural.....	26
Acciones e hipótesis aplicadas .....	26
Estructura.....	27
Solera.....	27
Sistema envolvente.....	29
Subsistema envolvente exterior sobre rasante .....	29
Subsistema envolvente no exterior .....	29
Subsistema envolvente en cubierta.....	29
Sistema de compartimentación.....	29
Subsistema de compartimentación con necesidades térmicas.....	30
Subsistema de compartimentación para las cámaras.....	30
Subsistema de compartimentación sin necesidades térmicas .....	31
Cerrajerías y carpinterías .....	31
Sistemas de acabados.....	32
Sistemas de acondicionamiento e instalaciones .....	32
Sistemas de transporte y ascensores .....	32
Fontanería .....	33
Evacuación de aguas.....	33
Instalación frigorífica y de climatización .....	33
Electricidad.....	34
Instalaciones de iluminación .....	34
Protección contra incendios.....	35
Instalaciones de protección y seguridad (anti-intrusión).....	35
Equipamiento.....	35
Cumplimiento del CTE.....	39
Seguridad estructural .....	39

Seguridad en caso de incendio.....	39
Seguridad de utilización .....	39
DB SUA 1 Seguridad frente al riesgo de caídas.....	40
DB SUA 2 Seguridad frente al riesgo de impacto o atrapamiento .....	40
DB SUA 3 Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento .....	40
DB SUA 4 Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada .....	40
DB SUA 5 Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación .....	41
DB SUA 6 Seguridad frente al riesgo de ahogamiento .....	41
DB SUA 7 Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento.....	41
DB SUA 8 Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo .....	41
DB SUA 9 Accesibilidad.....	41
Salubridad.....	41
DB HS 1 Protección frente a la humedad.....	41
DB HS 2 Recogida y evacuación de residuos .....	41
DB HS Calidad del aire interior .....	42
DB HS Suministro de agua.....	42
DB HS Evacuación de aguas .....	42
Protección contra el ruido.....	42
Ahorro de energía .....	43
DB HE 0 Limitación del consumo energético.....	43
DB HE 1 Limitación de la demanda energética .....	43
DB HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas .....	43
DB HE 3 Eficacia energética de las instalaciones de iluminación .....	43
DB HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.....	43
DB HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.....	43



## **1. Memoria descriptiva y justificativa**

### **Identificación y objeto del proyecto**

**PROYECTO: PROYECTO TÉCNICO DE EDIFICIO INDUSTRIAL DESTINADO A SALA DE DESPIECE Y PREPARACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS APTOS PARA SU VENTA Y DISTRIBUCIÓN.**

**EMPLAZAMIENTO: POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR. CALLE ALCALDE ÁNGEL IZARD Nº 8. BÉJAR. (SALAMANCA).**

**PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR (USAL) AVDA/ FERNANDO BALLESTEROS Nº2, 37700 BÉJAR. (SALAMANCA).**

### **1.1. Agentes**

El presente proyecto se desarrolla por encargo de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar, situada en la avda. Fernando Ballesteros, 2, 37700 Béjar, Salamanca, con motivo del "Proyecto Fin de grado" de la titulación de "Grado en Ingeniería Mecánica".

El autor del proyecto es Don Daniel Lora Corredera, estudiante de Grado de Ingeniería Mecánica en dicha escuela.

La guía y supervisión corresponden a Don Mario Matas Hernández, del departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras.

### **1.2. Información previa**

#### **1.2.1 Antecedentes y condicionantes de partida**

El presente proyecto tiene como fin definir el diseño y desarrollo de un edificio industrial y todas las instalaciones necesarias para el desarrollo de la actividad de despiece y preparación de productos cárnicos aptos para su venta y distribución, ubicado en el Polígono Industrial de Béjar, provincia de Salamanca.

Ante el fuerte mercado de productos cárnicos, tanto de carne fresca, como de embutidos o jamón, en la zona de Salamanca, se opta por la construcción de una sala de despiece y obrador con capacidad de distribución de dichos productos por la zona de Salamanca y el norte de Extremadura, donde también existe un gran mercado. La

proximidad a la localidad de Guijuelo, pueblo que ostenta la denominación de origen para el jamón ibérico, favorecerá la posibilidad de obtención y distribución de jamón ibérico.

Por tanto, las actividades asignadas a la nave son:

- Sala de despiece de carnes frescas
- Obrador de embutidos
- Producción de jamones ibéricos

Se pretende la construcción de dicho edificio en una parcela vacía del Polígono Industrial de Béjar, por tanto, el proyecto requerirá todos los aspectos constructivos necesarios para la edificación de la nave.

### **1.2.2. Datos del emplazamiento**

El edificio se situará en la parcela Nº 8 de la Calle Ángel Izard, de la fase II del Polígono Industrial de Béjar, situado al noroeste de Béjar, provincia de Salamanca.

La parcela (Nº8) se sitúa en la fase II del Polígono Industrial de Béjar, en la calle Ángel Izard. Se trata de una parcela rectangular de 1736 m<sup>2</sup>, prácticamente nivelada y cuenta con toda la infraestructura necesaria para el funcionamiento de una actividad industrial: Suministro de energía eléctrica, abastecimiento de agua, red de alcantarillado y demás servicios. Se encuentra enmarcada entre dos parcelas, una a cada lado, pero con acceso libre por la parte frontal.

### **1.2.3. Normativa urbanística y otras normativas**

Deben cumplirse las prescripciones indicadas en el Plan General de Organización Urbanística del municipio (Béjar), obtenido en el ayuntamiento, además de las prescripciones incluidas en el Real Decreto 147/1993 de 29 de enero por el que se establecen las condiciones sanitarias de producción y comercialización de carnes frescas.

## **1.3. Descripción del proyecto**

### **1.3.1. Descripción general del edificio**

Se decide llevar a cabo la edificación de una nave industrial formada por cerchas a dos aguas mediante estructura de acero, la cercha será de tipo americano y la cubierta que estará formada por un panel de tipo sándwich descansará sobre las correas a dos

vanos. El cerramiento exterior estará formado por losas de hormigón alveolares, además de un cerramiento interior formado por panel sándwich para permitir el ahorro de energía al climatizar las zonas que lo requieran.

El edificio se edificará en su totalidad sobre rasante de manera que no existirán plantas de sótano, se edificará a una altura únicamente, de 4 metros, a dicha altura se instalará un falso techo, también de panel sándwich, para favorecer la climatización y permitir el paso de instalaciones a través de dicho falso techo, tales como eléctrica, de suministro de agua y frigorífica.

Se dispondrá una rampa desde el borde de la parcela hasta el inicio de la edificación en la zona de entrada de vehículos para permitir que la rasante del edificio esté elevada (70 cm) para facilitar la descarga de productos, además se dispondrán dos plataformas elevadoras.

Los materiales de recubrimiento tanto de paredes como de suelo serán lisos, resistentes, impermeables y, en el caso de los suelos, antideslizantes. Por otro lado, todos los materiales de maquinaria o instrumentos, en contacto con los productos cárnicos deberá ser de acero inoxidable.

### **1.3.2. Uso característico**

El uso característico del edificio será el de despiece y preparado de productos cárnicos, donde se incluyen también procesos de embutido y curado, recepción almacenamiento y expedición. Además de este uso, aparece otro uso, que es el uso de oficinas, para la gestión de la compra-venta de productos. A continuación se detalla el proceso industrial.

#### -Recepción

El primer paso en la actividad industrial es la recepción de materias primas, entre las que se distinguen: Canal de cerdo, de cordero o de ternera, bien la canal completa o las partes que requiramos ya despiezadas en el matadero; tripas, sal, especias y demás productos necesarios para el embutido y los jamones.

La recepción se realiza en el muelle de carga, donde se introduce el vehículo de transporte, éste tiene las medidas suficientes para el transporte de los productos de

manera cómoda con transpaletas, perchas, cajones y demás elementos. Además de estos métodos se pueden transportar las canales mediante la vía aérea.

En este proceso se realiza el pesaje y el control de calidad de las materias primas recibidas, el pesaje se realiza mediante una báscula aérea o una báscula de plataforma.

Posteriormente estos productos se conducen a la cámara de canales o emplazamiento correspondiente, en el caso de las canales, a la cámara de canales, donde esperarán a ser despiezadas.

#### -Productos frescos

A partir del despiece de las canales completas o a partir de los productos específicos recepcionados se obtienen piezas frescas tales como lomos, costillas, solomillos, tocino blanco, paletilla, panceta. Este proceso se lleva a cabo en la sala de despiece.

Se lleva a cabo una preparación de estos productos para su posterior venta (fileteado, adobado...), posteriormente se realiza el pesaje y la facturación de estos productos y su envasado, la maquinaria de envasado (en la que se incluyen todo tipo de balanzas o básculas, además de la propia envasadora al vacío).

Del despiece de las canales se obtiene, además de los productos frescos para su expedición, los jamones y carne magra empleada para los embutidos.

#### -Embutido

A partir de la carne magra obtenida del despiece de las canales se obtienen las piezas embutidas como chorizo o salchichón. Este proceso se lleva a cabo casi en su totalidad en el obrador.

Los pasos son los siguientes:

-El primer paso es el **picado**, llevado a cabo en una picadora de carne.

-El segundo paso es el **amasado** de esta carne con diferentes especias, por lo que debemos disponer de un almacén de especias y de una cámara de masas, para almacenar los productos amasados hasta su embutición.

-El tercer paso es el **embutido**, llevado a cabo en el obrador utilizando la embutidora, el obrador debe estar provisto de una sala de tripas, para almacenar la materia prima para realizar la operación indicada, que se obtendrá bajo pedido.

-**Envasado**: El envasado puede ser natural, mediante el empleo de tripas y, posteriormente puede llevar un envasado al vacío, a decisión del dueño de la empresa.

-Por último se procede al **secado**, dividido en dos partes, natural y artificial. Será necesario el cálculo de la capacidad de la bodega en función de la necesidad productiva.

### -Jamón

A partir de la materia prima obtenida del despiece de las canales que se reciban, se producirá el jamón, con el siguiente procedimiento:

-**Salazón**, para lo que será necesario disponer de una cámara de salazón, donde se introducirán los jamones en cajones donde se procederá al salazón, la duración será de un día por kg de peso de las piezas, con una temperatura de entre 0 °C y 5 °C y humedades relativas en torno al 75-95%; se dispondrá de un almacén para almacenar la sal, que se obtendrá en cubas bajo pedido.

-Posteriormente se lleva a cabo el **lavado** en una estancia dotada de sumideros y de red de evacuación preparada para evacuar toda el agua que se necesite (lavadero, 6 m<sup>2</sup>).

-El siguiente paso es el **postsalado**, donde se trata de conseguir una distribución homogénea de la sal por el interior de la pieza. Se produce una eliminación lenta del agua superficial. En esta fase, los jamones permanecerán a temperaturas entre 0 °C y 6 °C, con una humedad relativa (Hr) entre 70 y 95%. Tiempo: entre 30 y 60 días.

-**Secado**: Se cuelgan en recintos denominados secaderos, durante 4 meses como mínimo, a una temperatura que se va elevando desde los 6°C hasta los 10 °C como máximo, con una humedad entre el 60 y 80%.



**-Maduración en bodega:** Durante 6 meses, a una temperatura entre 10 y 20 ° en función de la época del año, con una humedad relativa de 60-80 %

En la figura I se muestra un esquema de las diferentes actividades que se realizarán en la industria proyectada, además, en el anexo de planos se podrá consultar el diagrama de flujo de la actividad industrial.

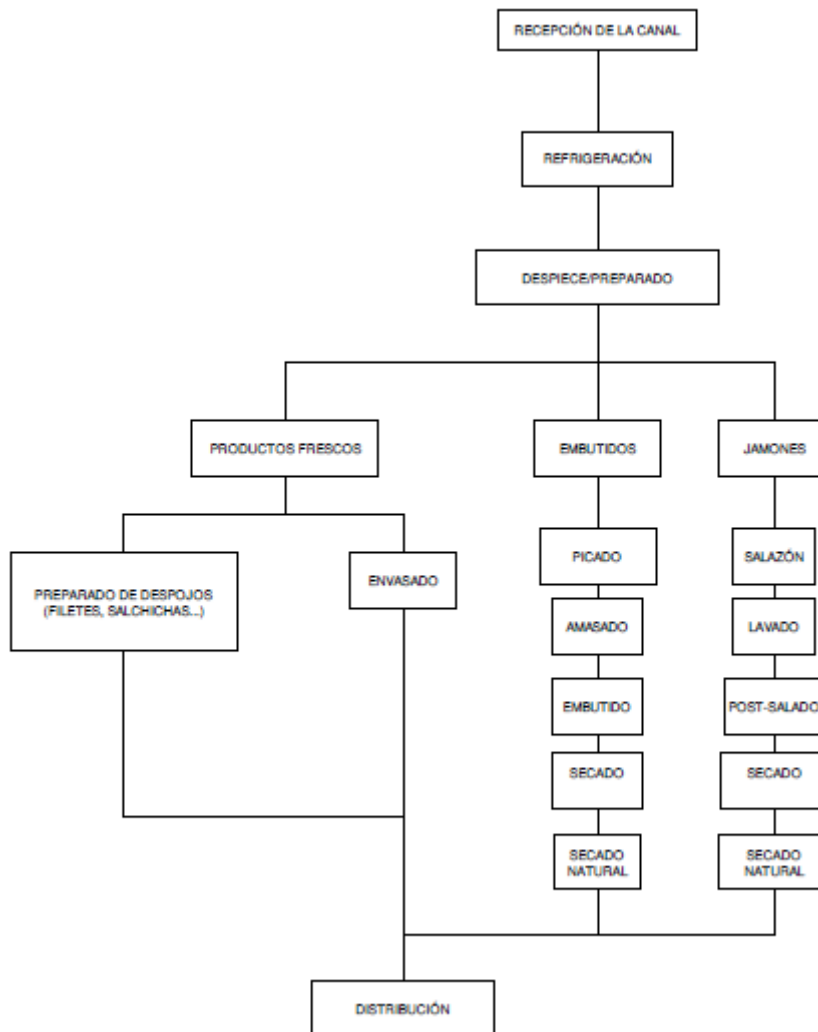


Figura I: Proceso industrial

Las producciones anuales esperadas son las descritas en la tabla I, tradicionalmente se recibían canales y se realizaba el despiece completo en la sala, en la actualidad, además de las canales, se pueden recibir partes más concretas solicitadas al matadero correspondiente.

TIPO DE GANADO	PESO CANAL	CANALES SEMANA	KG/SEMANA	SEMANAS/AÑO	KG/AÑO
----------------	------------	----------------	-----------	-------------	--------

	(KG)				
PORCINO	80	15	1200	45	54000
VACUNO	250	6	1500	45	67500

Tabla 1: Producción anual

Despiezado de la canal		
Despiece	% peso	Kg/ud
Cintas de lomo	2.44	1.952
Costillas	3.24	2.592
Espinazo	2.38	1.904
Cabeza	4.48	3.584
Solomillos	0.53	0.424
Grasas	9.19	7.352
Tocino grueso	19.88	15.904
Tocino delgado	10.97	8.776
Jamones	15.3	12.24
Paletas	10.06	8.480
Carne	21.53	17.224
TOTAL	100	80

Tabla 2: Despiezado de la canal porcino.

Destino semanal del despiezado		
Salazones (jamones)	280.69	kg
Embutidos	308.35	kg
Venta en fresco	586.85	kg
TOTAL	1200	kg

Tabla 3: Destino semanal del despiezado de porcino.

A partir del proceso productivo se obtiene la cantidad de empleados y su cometido dentro del mismo.

Empleados		
Actividad	Cometido	Número
Oficina	Telefonista	1
	Administrativo	1
Sala de despiece	Encargado despiece	1

	Encargado despiece	1
Obrador	Encargado obrador	1
	Encargado obrador	1
Varios	Apoyo/limpieza/mantenimiento	4
Total		10

Tabla 4: Organización y distribución de los empleados

### 1.3.3. Programa de necesidades

Recepción	S.U. (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)
Muelle de carga	115	4
Pasillo principal	43,875	4
Cámara de canales	29	3,5
<b>Total</b>	<b>187,875</b>	
Despiece de productos frescos	S.U. (m <sup>2</sup> )	
Sala de despiece	75,5	4
Cámara de productos preparados	28,81	3,5
Cámara de productos congelados	24	3,5
<b>Total</b>	<b>128,31</b>	
Producción de embutido	S.U. (m <sup>2</sup> )	
Obrador	78,2	4
Cámara de masas	7,5	3,5
Almacén de especias	4,125	4
Sala de tripas	4,125	4
Cámara de secado artificial de embutido	24,45	4
<b>Total</b>	<b>118,4</b>	
Producción de jamón ibérico	S.U. (m <sup>2</sup> )	
Cámara de salazón	17	3,5
Cámara de postsalado	34	3,5
Cámara de secado artificial de jamón	30	4
Bodega	140,4	4
<b>Total</b>	<b>221,4</b>	
Varios	S.U. (m <sup>2</sup> )	
Almacenes de varios	137,5	4
Almacén de paquetería, útiles de trabajo y productos de limpieza	20,7	4
Cuarto eléctrico	7	4
Oficinas	13,75	3
Vestuarios	41,52	3

Pasillo público	9,24	3
Pasillos posteriores	88	4
<b>Total</b>	<b>317,71</b>	

<b>Total superficie útil (m<sup>2</sup>)</b>	<b>973,695</b>
--	----------------

<b>Total superficie construida (m<sup>2</sup>)</b>	<b>1057,25</b>
--	----------------

Tabla 5: Programa de necesidades.

#### 1.3.4. Justificación del cumplimiento de la normativa urbanística, ordenanzas municipales y otras normativas.

<b>Categorización, clasificación y régimen del suelo</b>			
Clasificación del suelo	Industrial		
Planeamiento de aplicación	PGOU Polígono industrial Béjar		
<b>Normativa Básica y Sectorial de aplicación</b>			
Otros planes de aplicación	No es de aplicación		
<b>Parámetros volumétricos (condiciones de ocupación y edificabilidad)</b>			
Parámetro	Referencia a:	Planeamiento	Proyecto
Ocupación	PGOU	70%	59%
Coefficiente de edificabilidad	PGOU	1.5	1
Condiciones de altura	PGOU	11m	7.5m
Retranqueos vías/linderos	PGOU	10m	10m
Fondo máximo	PGOU	43m	42

Tabla 6: Justificación de la normativa urbanística.

#### 1.3.5. Descripción de la geometría del edificio, volumen, superficies útiles y construidas, accesos y evacuación.

La geometría del edificio, que se deduce de los requerimientos del proceso productivo, anteriormente explicado en el apartado "Uso característico", y de la aplicación sobre el solar de la ordenanza urbanística, es la que se recoge en el conjunto de planos que describen el proyecto.

El volumen del edificio es el resultante de la aplicación de las ordenanzas urbanísticas y los parámetros relativos a la funcionalidad del edificio para la actividad a realizar.

Las diferentes superficies se definen previamente en el programa de necesidades, en la tabla 5.

El acceso principal se produce desde la fachada principal del solar, desde la carretera del polígono, el acceso es de vehículos por el muelle de carga, el cual es limitado a personal de la empresa o relacionado con el proceso de distribución (proveedores o clientes), o de personal por la puerta principal, acceso que sí es público tanto para trabajadores como para clientes al estar separado de la zona de trabajo.

Además el edificio cuenta con dos accesos empleados fundamentalmente para la expedición de residuos, materiales de trabajo y, eventualmente, ciertas recepciones; dichos accesos se sitúan en la parte izquierda y en la parte posterior de la nave.

La nave cuenta con tantas salidas como accesos se han indicado previamente. Los recorridos de evacuación y, por tanto, las salidas de evacuación vienen recogidos en la instalación contra incendios y en su correspondiente plano.

### **1.3.6. Descripción general de los parámetros que determinan las previsiones técnicas a considerar en el proyecto**

#### **1.3.6.1. Sistema estructural**

Se trata de una estructura metálica formada por una cercha americana que trabajará de forma isostática sobre dos pilares. Se montarán 11 cerchas con una separación entre las mismas de 4.2 metros.

La cimentación se realizará mediante zapatas aisladas unidas longitudinalmente mediante vigas de atado.

Las bases de cálculo adoptadas y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a los documentos básicos del CTE.

#### **1.3.6.2. Sistema envolvente**

La envolvente varía según la zona, pudiéndose diferenciar las zonas que requieren bien un aislamiento térmico o que van a estar en contacto con productos

cárnicos y las que no. El cerramiento exterior de toda la nave será una losa alveolar de hormigón prefabricado, embebida en los pilares, en la zona interior, en la zona de vestuarios y oficinas se empleará un tabique y un recubrimiento de yeso, en la zona de recepción, además de dicho tabique se empleará un recubrimiento de acero inoxidable, por otro lado las zonas que requieran climatización se empleará un panel sándwich prefabricado formado por dos chapas de acero inoxidable y una capa de poliuretano en el interior.

La cubierta está formada por un panel sándwich prefabricado de 80 mm de espesor apoyada sobre correas de perfil IPE, que a su vez apoyan sobre los nudos de la cercha, permitiendo el comportamiento como elemento isostático.

Sobre esta estructura se realizarán las perforaciones necesarias para el alojamiento de la carpintería exterior y la salida de conductos de evacuación de humos o ventilación.

#### **1.3.6.3. Sistema de compartimentación**

Las particiones interiores de los locales de trabajo se realizarán con panel de tipo sándwich, en caso que se trate de particiones dentro de la zona de trabajo y de tabique con recubrimiento de yeso en caso de que separe otras estancias. Dichos parámetros se adoptan buscando la limitación de la demanda energética, ya que el uso del local estará previsto tanto para verano como para invierno.

#### **1.3.6.4. Sistema de acabados**

Los sistemas de acabados empleados en cada zona del edificio vienen detallados en la memoria constructiva no requiriéndose en principio ningún tipo de acabado sobre los elementos formados por panel sándwich, ya que lleva un acabado propio de acero inoxidable.

#### **1.3.6.5. Sistema de acondicionamiento ambiental**

Para asegurar el acondicionamiento ambiental del edificio se han seleccionado materiales y sistemas que garanticen las condiciones de higiene, salud y protección del medioambiente, de tal forma que se alcancen condiciones aceptables de salubridad y estanqueidad en el ambiente interior del edificio asegurando las debidas condiciones técnico sanitarias exigidas para la calidad de la producción que se ha previsto sin que

ello deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una adecuada gestión de toda clase de residuos.

- Recogida y evacuación de los residuos: El edificio dispondrá de espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados en ellos de forma acorde con el sistema público de recogida de tal forma que se facilite la adecuada separación en origen de dichos residuos, la recogida selectiva de los mismos y su posterior gestión.
- Calidad del aire interior: Todos los recintos del edificio se podrán ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal del mismo, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

#### **1.3.6.6. Servicios**

Se entiende por sistema de servicios el conjunto de servicios externos al edificio necesarios para el correcto funcionamiento de éste.

Todas las instalaciones y aparatos de equipamiento se ajustarán a sus reglamentos específicos de instalación y uso. A continuación se indican las instalaciones que serán dispuestas en el presente proyecto.

- Abastecimiento de agua: Se instalará una red de distribución de agua potable, que partiendo de la red pública alcance todos los puntos de consumo previstos en el edificio, en condiciones adecuadas de caudal y presión.
- Evacuación de agua: Se realizará una red de saneamiento que evacuará las aguas por separado según se traten de aguas residuales urbanas o industriales, hasta la acometida, en caso de tratarse de aguas residuales industriales, pasando antes por un separador de grasas.
- Suministro eléctrico: Se realizara una acometida eléctrica desde la hornacina de contadores hasta el cuadro general del edificio a través de la canalización subterránea.
- Instalaciones frigoríficas: La instalación se ajustará a lo dispuesto en el R.D. 3099/1977 de 8 de Septiembre, por el que se aprueba el "Reglamento de

seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas" y sus Instrucciones Técnicas Complementarias denominadas "MI-IF.

## **1.4. Prestaciones del edificio**

### **1.4.1. Prestaciones producto del cumplimiento de los requisitos básicos del CTE**

Prestaciones derivadas de los requisitos básicos relativos a la seguridad:

#### **- Seguridad estructural (DB SE)**

- Resistir todas las acciones e influencias que puedan tener lugar durante la ejecución y uso, con una durabilidad apropiada en relación con los costos de mantenimiento, para un grado de seguridad adecuado.
- Evitar deformaciones inadmisibles, limitando a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico y degradaciones o anomalías inadmisibles.
- Conservar en buenas condiciones para el uso al que se destina, teniendo en cuenta su vida en servicio y su coste, para una probabilidad aceptable.

#### **- Seguridad en caso de incendio (DB SI)**

- Se han dispuesto los medios de evacuación y los equipos e instalaciones adecuados para hacer posible el control y la extinción del incendio, así como la transmisión de la alarma a los ocupantes, para que puedan abandonar o alcanzar un lugar seguro dentro del edificio en condiciones de seguridad.
- El edificio tiene fácil acceso a los servicios de los bomberos. El espacio exterior inmediatamente próximo al edificio cumple las condiciones suficientes para la intervención de los servicios de extinción.
- El acceso desde el exterior está garantizado, y los huecos cumplen las condiciones de separación para impedir la propagación del fuego entre sectores.
- No se produce incompatibilidad de usos.
- La estructura portante del edificio se ha dimensionado para que pueda mantener su resistencia al fuego durante el tiempo necesario, con el objeto de que se puedan cumplir las anteriores prestaciones. Todos los elementos estructurales son resistentes al fuego durante un tiempo igual o superior al del sector de incendio de mayor resistencia.



- No se ha proyectado 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 y accesibilidad (DB SUA)**

- Los suelos proyectados son adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad, limitando el riesgo de que los usuarios sufran caídas.
- Los huecos, cambios de nivel y núcleos de comunicación se han diseñado con las características y dimensiones que limitan el riesgo de caídas, al mismo tiempo que se facilita la limpieza de los acristalamientos exteriores en condiciones de seguridad.
- Los elementos fijos o practicables del edificio se han diseñado para limitar el riesgo de que los usuarios puedan sufrir impacto o atrapamiento.
- Los recintos con riesgo de aprisionamiento se han proyectado de manera que se reduzca la probabilidad de accidente de los usuarios.
- El diseño del edificio facilita la circulación de las personas y la sectorización con elementos de protección y contención en previsión del riesgo de aplastamiento, para limitar el riesgo causado por situaciones con alta ocupación.
- En las zonas de aparcamiento o de tránsito de vehículos, se ha realizado un diseño adecuado para limitar el riesgo causado por vehículos en movimiento.
- El dimensionamiento de las instalaciones de protección contra el rayo se ha realizado de acuerdo al Documento Básico SUA 8 Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo.
- El acceso al edificio y a sus dependencias se ha diseñado de manera que se permite a las personas con movilidad y comunicación reducidas la circulación por el edificio en los términos previstos en el Documento Básico SUA 9 Accesibilidad y en la normativa específica.

Prestaciones derivadas de los requisitos básicos relativos a la habitabilidad:

**- Salubridad (DB HS)**

- En el presente proyecto se han dispuesto los medios que impiden la penetración de agua o, en su caso, permiten su evacuación sin producción de daños, con el fin de limitar el riesgo de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior

de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones.

- El edificio dispone de espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados en ellos de forma acorde con el sistema público de recogida de tal forma que se facilite la adecuada separación en origen de dichos residuos, la recogida selectiva de los mismos y su posterior gestión.
- Se han previsto los medios para que los recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante su uso normal, con un caudal suficiente de aire exterior y con una extracción y expulsión suficiente del aire viciado por los contaminantes.
- Se ha dispuesto de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, con caudales suficientes para su funcionamiento, sin la alteración de las propiedades de aptitud para el consumo, que impiden los posibles retornos que puedan contaminar la red, disponiendo además de medios que permiten el ahorro y el control del consumo de agua.
- Los equipos de producción de agua caliente dotados de sistemas de acumulación y los puntos terminales de utilización disponen de unas características tales que evitan el desarrollo de gérmenes patógenos.
- El edificio proyectado dispone de los medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas en ellos de forma independiente o conjunta con las precipitaciones atmosféricas y con las escorrentías.

**- Protección frente al ruido (DB HR)**

- Los elementos constructivos que conforman los recintos en el presente proyecto, tienen unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, así como para limitar el ruido reverberante.

**- Ahorro de energía y aislamiento térmico (DB HE)**

- El edificio dispone de una envolvente de características tales que limita adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano-invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia,

permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduce el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

- El edificio dispone de las instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos.
- El edificio dispone de unas instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente con un sistema de control que permite ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimiza el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnen unas determinadas condiciones.
- Se ha previsto para la demanda de agua caliente sanitaria la incorporación de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio.

#### **1.4.2. Prestaciones en relación a los requisitos funcionales del edificio**

##### **-Utilización**

- Los núcleos de comunicación (escaleras y ascensores, en su caso), se han dispuesto de forma que se reduzcan los recorridos de circulación y de acceso a las viviendas.
- En las viviendas se ha primado también la reducción de recorridos de circulación, evitando los espacios residuales como pasillos, con el fin de que la superficie sea la necesaria y adecuada al programa requerido.
- Las superficies y las dimensiones de las dependencias se ajustan a los requisitos del mercado, cumpliendo los mínimos establecidos por las normas de habitabilidad vigentes.

##### **- Acceso a los servicios**

- Se ha proyectado el edificio de modo que se garantizan los servicios de telecomunicación (conforme al Real Decreto-ley 1/1998, de 27 de Febrero, sobre Infraestructuras Comunes de Telecomunicación), así como de telefonía y audiovisuales.

- Se han previsto, en la zona de acceso al edificio, los casilleros postales adecuados al uso previsto en el proyecto.

#### **1.4.3. Prestaciones que superan los umbrales establecidos en el CTE**

Por expresa voluntad del Promotor, no se han incluido en el presente proyecto prestaciones que superen los umbrales establecidos en el CTE, en relación a los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

#### **1.4.4. Limitaciones de uso del edificio**

##### **- Limitaciones de uso del edificio en su conjunto**

- El edificio sólo podrá destinarse a los usos previstos en el proyecto.
- La dedicación de alguna de sus dependencias a un uso distinto del proyectado requerirá de un proyecto de reforma y cambio de uso que será objeto de nueva licencia.
- Este cambio de uso será posible siempre y cuando el nuevo destino no altere las condiciones del resto del edificio ni menoscabe las prestaciones iniciales del mismo en cuanto a estructura, instalaciones, etc.

##### **- Limitaciones de uso de las dependencias**

- Aquellas que incumplan las precauciones, prescripciones y prohibiciones de uso referidas a las dependencias del inmueble, contenidas en el Manual de Uso y Mantenimiento del edificio.

##### **- Limitaciones de uso de las instalaciones**

- Aquellas que incumplan las precauciones, prescripciones y prohibiciones de uso de sus instalaciones, contenidas en el Manual de Uso y Mantenimiento del edificio.

En Béjar, a 04 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

## **2. Memoria constructiva**

### **2.1. Características generales**

El edificio será de forma rectangular en una sola planta sobre rasante, con cubierta a dos aguas simétricas, con dimensiones exteriores de 24.7x42 metros, con una superficie de 1057,25 m<sup>2</sup>.

Las dimensiones, ajustadas a la normativa urbanística, tal y como se muestra en la tabla 6, son las siguientes:

- Longitud: 42 m.
- Anchura: 24.7 m.
- Altura al alero: 4 m.
- altura al cumbrero: 7.5 m.
- Superficie total construida: 1057.25 m<sup>2</sup>.

El edificio tiene las siguientes características generales:

- Cimentación de hormigón armado y solera según se indica en la NTE (Norma Técnica de la Edificación).
- Estructura formada por cerchas metálicas y pilares de 4 metros de altura.
- Cubierta formada por paneles tipo sándwich.
- Cerramiento lateral exterior formado por placas de hormigón alveolar e interior en función de las necesidades.

El edificio dispondrá de las siguientes instalaciones:

- Red de saneamiento vertical y horizontal, para la recogida de aguas pluviales y residuales, separando las últimas en residuales urbanas e industriales.
- Instalación de fontanería para el suministro de agua fría y caliente.
- Instalación eléctrica.
- Instalación de protección contra incendios
- Instalación frigorífica y de climatización de las zonas de trabajo.

## **2.2. Movimiento de tierras**

Dado que se trata de una parcela que no presenta desniveles, se procederá al desbroce del terreno y la retirada de la tierra vegetal en la superficie de la nave proyectada.

Se realizará una excavación con medios mecánicos para realizar la cimentación. Antes de proceder a la ejecución de la misma, se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas necesarias, que el terreno de apoyo se corresponde con las previsiones del estudio geotécnico.

## **2.3. Sustentación del edificio**

### **2.3.1. Justificación de las características del suelo**

Para determinar la capacidad portante del suelo donde se va a situar el edificio se toma el estudio geotécnico realizado para la construcción de los viales para el polígono.

En dicho Estudio se analizan y describen las características del terreno y se determina su capacidad portante en función de los ensayos realizados. Los cálculos de cimentación y medidas constructivas adoptadas en este Proyecto se basan en los datos y valores obtenidos de este Estudio Geotécnico.

El resultado del estudio geotécnico son dos niveles de unidades geotécnicas:

El nivel 1, tierra vegetal, constituido por arenas arcillosas y arcillas arenosas, de color marrón parduzco y oscuro, que engloban gravas graníticas y restos de vegetales

El nivel 2, jabre, compuesto por arenas ligeramente arcillosas y limosas, de nula o baja plasticidad y de colores marrón grisáceo y rojizo que en profundidad toman tonalidades blanquecinas y más oscuras. Presentan gravas y bolos graníticos, algunos deleznales, de tamaño centimétrico y decimétrico. En la base de este nivel se localiza roca granítica sana, a una profundidad que oscila entre 1.60 y 2.80 metros.

Por tanto, los ensayos realizados, clasifican al suelo de ADECUADO.

### **2.3.2. Cimentación**

La cimentación se realiza mediante zapatas aisladas unidas con vigas de atado, las características de la obra serán las siguientes:

- Acero B-400 S para armaduras pasivas, con límite elástico de 410 Mpa

- Hormigón HA-25/B/30/IIa
- Resistencia característica del terreno
  - $\sigma = 300 \text{ kN/m}^2$ , para situaciones persistentes
  - $\sigma = 450 \text{ kN/m}^2$ , para situaciones accidentales
- Ángulo de rozamiento interno del terreno:  $\varphi = 48^\circ$
- La zapata está situada sobre una capa de 10 cm de hormigón de limpieza.
- Soporte para pilar HEB-180 con placa de anclaje de  $350 \times 350 \text{ mm}^2$

## 2.4. Sistema estructural

### 2.4.1. Acciones e hipótesis aplicadas

En este apartado se resumen las acciones consideradas sobre la estructura, para consultar los cálculos más detalladamente, se puede acceder al anexo de cálculos estructurales.

- Correas: Se ha realizado el cálculo de las acciones sobre las correas, se ha elegido la hipótesis más desfavorable independientemente de que sea succión o presión para el cálculo de la correa, dicha hipótesis deja el siguiente resultado:  $Q = -2.43 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ , para el cual se ha dimensionado la correa.
- Pilares, los cuales se dividen en pilares laterales y pilares hastiales, en ambos casos se calcula la hipótesis más desfavorable de viento y se combina con la reacción de la cercha para esa misma hipótesis la cual, en ambos casos es de succión, como toda succión sobre la cercha va a considerarse una acción favorable, se tendrá en cuenta el peso propio de la cercha a la hora de la reacción sobre los pilares.
  - Pilares laterales:

$$Q = 3.53 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; P = 10 \text{ kN}$$

- Pilares hastiales:

$$Q = 13.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; P = 10 \text{ kN}$$



### 2.4.2. Estructura

La estructura estará formada por elementos resistentes a base de cerchas y pilares metálicos.

La estructura metálica de acero se ha proyectado mediante 11 cerchas formadas por perfiles rectangulares de acero conformado S275, separados 4.2 metros de distancia, con pilares HEB, de acero laminado S275.

- Los pilares hastiales, de 4 metros de altura, que arrancan desde la zapata de cimentación, serán HEB-180, se dispondrán cruces de San Andrés, para arriostrar dichos pilares frente al viento. Las cruces de San Andrés se realizan con tirantes de 12 mm de radio, los cuales trabajan únicamente a tracción.
- Los pilares laterales, de 4 metros de altura, que arrancan desde la zapata de cimentación serán HEB-140.
- La estructura de los dinteles estará formada por una cercha de tipo Americano de 16 tramos, 24.7 metros de longitud y 3.5 metros de altura formada por perfiles rectangulares de acero conformado S275:
  - Cordón superior: El perfil empleado en el cordón superior es un perfil rectangular 150x120x5.
  - Cordón inferior: El perfil empleado en el cordón inferior es un perfil rectangular 100x60x6.
  - Montantes y diagonales: El perfil empleado en los montantes y diagonales es un perfil rectangular 80x60x4.
- La estructura de cubierta se compone, para cada faldón, de 9 correas de acero laminado de perfiles IPE-100, separadas 1,60 metros, se utilizarán perfiles de 8.4 metros de longitud de forma que se cubran dos vanos.

El anexo de cálculos estructurales recoge los cálculos de la estructura. Los detalles están recogidos en los distintos planos que se adjuntan en el capítulo de planos.

### 2.5. Solera

Se van a ejecutar diferentes soleras en función de la zona de la nave y del trabajo que se realice en ella, según se indica en la Norma Técnica de la Edificación:

- Solera para instalaciones: Se ejecutará en las zonas del edificio donde no se lleve a cabo el proceso industrial, tales como oficinas, vestuarios y aseos. Estará formada por:
  - o Hormigón HA-25/B/20/IV.
  - o Malla de acero electrosoldado de 8 mm de diámetro en cuadrícula de 15x15 cm.
  - o Pavimento de azulejo 49.1x98.2 cm, rectangular.
- Solera semipesada: Se ejecutará en todas las zonas de la nave salvo aquellas que requieran instalación de frío, está formada por:
  - o Una capa de arena de río, con tamaño máximo de grano de 0.5 cm, formando una capa de unos 15 cm de espesor, compactada mecánicamente hasta obtener un valor del 85 % del Próctor Normal.
  - o Una lámina aislante de polietileno.
  - o -Hormigón HA-25/B/20/IV.
  - o Malla de acero electrosoldado de 8 mm de diámetro en cuadrícula de 15x15 cm.
  - o Llevará un acabado mediante pintura antideslizante.
- Solera para cámaras frigoríficas: Se ejecutará en todas las zonas de la nave que requieran instalación de frío, además de la bodega, tales como las propias cámaras, la sala de despiece y el obrador. Estará formada por:
  - o Tubos de drenaje y de ventilación de 10 cm de diámetro colocados a una distancia de 150 cm.
  - o Grava, con un tamaño máximo de árido de 2 cm, formando una capa de unos 30 cm de espesor, extendida sobre el terreno limpio y compactado a mano; se compactará en tres capas.
  - o Arena de río con tamaño máximo de grano de 0.5 cm formando una capa de nivelación de 2 cm de espesor, extendida sobre la capa de grava
  - o Lámina bituminosa con juntas soldadas en caliente.
  - o Hormigón HA-25/B/20/IV.
  - o Malla electrosoldada de 8 mm de diámetro en cuadrícula de 15x15 cm.
  - o Llevará un acabado mediante pintura antideslizante.

Todos los detalles constructivos se podrán consultar en los distintos planos que se adjuntan en el capítulo de planos.

## **2.6. Sistema envolvente**

### **2.6.1. Subsistema envolvente exterior sobre rasante**

Este subsistema está constituido por todos los cerramientos del edificio, sobre rasante, que queden al exterior por ser recayentes a viales, a espacio libre particular y a patios, según se especifica en los planos de alzados. Este subsistema está compuesto por cerramientos exteriores del edificio resueltos por un cerramiento de fachada formado por placas de hormigón alveolar prefabricado de 140 mm de espesor, y 4.2 metros de longitud, situados entre las alas de los perfiles HEB que formarán la estructura.

### **2.6.2. Subsistema envolvente no exterior**

Se considera en este apartado el aislamiento interno de la nave, formado por diferentes materiales, en función de los requerimientos térmicos de cada zona.

Para las zonas que requieran aislamiento, tales como la sala de despiece, el obrador y la bodega, se empleará un panel tipo sándwich de 100 mm de espesor, cubriendo los 4 metros de altura de la nave, hasta el falso techo.

Para las zonas que no requieran aislamiento, pero formen parte del proceso productivo, tales como recepción y almacén de varios, y siguiendo las prescripciones del RD 147/1993 de 29 de enero, por el que se establece las condiciones sanitarias de producción y comercialización de carnes frescas; se emplea chapa de acero inoxidable para cubrir los cerramientos internos.

Para las zonas que no requieran aislamiento ni formen parte del proceso productivo, tales como oficinas y vestuarios, la configuración del sistema envolvente no exterior será la misma que la del subsistema de compartimentación sin necesidades térmicas, indicado más adelante.

### **2.6.3 Subsistema envolvente en cubierta**

La cubierta de la nave la constituye un panel tipo sándwich de 80 mm de espesor, formado por dos chapas de acero y un alma de aislante formada por poliuretano de 40 kg/cm<sup>3</sup>.

## **2.7. Sistema de compartimentación**

El sistema de compartimentación se divide en dos partes, según el papel de cada una dentro del proceso industrial.

### **2.7.1. Subsistema de compartimentación con necesidades térmicas**

Se considera que forma parte de este subsistema todas las particiones que separan estancias climatizadas de no climatizadas, como los que separan la sala de despiece y el muelle de carga, el obrador del almacén de varios y la bodega del almacén de varios, así como las particiones que separan las cámaras del resto de la nave.

Para estas particiones se va a emplear panel tipo sándwich de 100 mm de espesor y 4 metros de altura, alcanzando el falso techo.

Para el cerramiento superior se empleará un falso techo formado por un panel tipo sándwich de 50 mm de espesor, dicho falso techo irá anclado a los nudos de la cercha de la estructura portante.

Las puertas de acceso a la sala de despiece, obrador y bodega serán batientes rígidas con mirilla, de doble hoja, de 40 mm de espesor con un aislamiento interior de poliuretano inyectado. Una de las puertas de acceso irá preparada para el paso de la vía aérea, llamada "puerta de capilla", con lamas de PVC flexible para evitar el paso del aire.

### **2.7.2. Subsistema de compartimentación para las cámaras**

Para la compartimentación de las cámaras se emplea panel sándwich , de 100 mm de espesor para las cámaras de conservación y de 200 mm para la cámara de congelación. La altura de las cámaras es de 3.5 metros salvo para las cámaras de secado, tanto de jamones como de embutidos, que alcanza los 4 metros. El cerramiento superior se realiza con el mismo panel sándwich.

Las cámaras 1, 2, 4, 6, 7 y 8 llevan una puerta corredera frigorífica IF de 2.5x1.6 metros, con un espesor de hoja de 100 mm para las cámaras de conservación (1, 2, 4, 6, 7) y de 120 mm de espesor para la de congelación (8), con un aislante de poliuretano inyectado, con acabados en acero inoxidable. La puerta corre sobre el marco que va anclado a la pared.

Las cámaras 3 y 5 llevan una puerta pivotante industrial de 2.5x1.5 (5) y de 2.2x1.2 (3), con un espesor de hoja de 10 mm con un aislamiento de poliuretano inyectado, con acabados en acero inoxidable.

### **2.7.3. Subsistema de compartimentación sin necesidades térmicas**

Dentro de este subsistema se incluyen las particiones en la oficina, los vestuarios, pasillo de entrada al público, así como el muro medianero entre este y la recepción. Todas estas zonas carecen de climatización y de contacto con los productos cárnicos, por lo que no tendrán limitaciones de tipo aislante.

Se empleará un tabicón de LH doble (60 mm) y una capa de poliestireno expandido (50 mm), además de mortero de yeso para cubrir por ambas partes de las particiones (20 mm).

El cerramiento superior se realizará mediante un falso techo prefabricado de escayola fijado también a la estructura metálica.

## **2.8. Cerrajerías y carpinterías**

Para el acceso al edificio se dispone de 5 puertas, dos de ellas, situadas en la fachada frontal, se encuentran a una profundidad de 70 cm en el terreno, para su uso como muelle de carga, para conseguir dicha profundidad sin que se impida la carga y descarga se realiza una rampa desde el lindero de la parcela con una pendiente del 5%, lo cual no genera dificultad para la realización de dicho proceso. Se trata de dos puertas seccionales industriales, de accionamiento manual de 3.7x3.5 metros, para permitir la carga y descarga de los vehículos pesados, siguiendo las recomendaciones dimensionales de la NTP 985: "Muelles de carga y descarga: seguridad"; construidas en paneles de 45 mm, de doble chapa de acero laminado.

En la misma fachada frontal, se encuentra la entrada principal destinada, además de trabajadores y proveedores, al público general, dicha entrada se encuentra sobre rasante, se trata de una puerta a una hoja abatible de 2.2x1 metros.

En la fachada lateral izquierda y posterior de la nave se encuentran dos salidas empleadas para la expedición de materiales, deshechos; y en alguna ocasión recepción de materiales de transporte. Dichas puertas son abatibles a una hoja y de 2.5x1.7 metros.

Para el acceso a las zonas de trabajo se emplean puertas especiales suministrada por la empresa INFRACA, se dispondrán 4 puertas pivotantes rígidas de doble hoja 2.5x1.5 metros en los accesos a la sala de despiece y obrador, además de una puerta pivotante rígida de una hoja de 2.2x1 metros en el acceso a la sala de despiece desde la zona de oficinas y vestuarios.

El resto de las puertas de paso, que no llevan ninguna necesidad térmica serán de acero galvanizado con rejillas de ventilación 2.2x0.75 m.

Las ventanas de las zonas climatizadas se instalarán sobre el panel sándwich para favorecer el aislamiento y serán de dimensiones 2x1.2 metros, el resto de ventanas tienen las mismas dimensiones y su distribución es la siguiente:

- Dos en la fachada frontal.
- Dos en la fachada trasera.
- Cinco en la fachada izquierda.
- Cuatro en la fachada derecha.

Las dimensiones y situación de las ventanas y puertas se pueden consultar en los planos adjuntos en el capítulo planos.

## **2.9. Sistemas de acabados**

No se proyectan acabados sobre los cerramientos, divisiones interiores ni techos, ya que la panelería de acero adoptada dispone de acabado lacado sanitario, por sus caras vistas. El acabado del pavimento será de tipo pavimento multicapa epoxi en continuo.

## **2.10. Sistemas de acondicionamiento e instalaciones**

### **2.10.1. Sistemas de transporte y ascensores**

Se instalará una red viaria aérea para el transporte de las diferentes canales a lo largo del proceso productivo, dicha red viaria constará de tres partes:

- Estructura portante: La estructura portante estará formada por una serie de dinteles situados sobre pilares que se ejecutarán de forma independiente al resto de la estructura.
- Carrilería: Esta se forma mediante dos perfiles de aluminio extruido de aleación 6063 con tratamiento de temple T5, cuyas características se muestran en el correspondiente anexo. Dicha vía irá anclada a la estructura portante mediante silletas de fundición de aluminio. Existen dos tipos de desvíos, simples, a 90° y triples, en dos direcciones, ambos con un radio de 350 mm. La altura de rodadura dependerá de los perfiles elegidos y rondará los 2.7 o 3 metros.

- Elemento de aprehensión. Carro birraíl, desde donde el que se pueden cargar las diferentes piezas a transportar con la ayuda de perchas de polipropileno, mediante las que se pueden colgar las piezas con mayor facilidad.

Además se emplearán carros, cubas y perchas para diferentes transportes que se requieran en la nave.

No es necesaria la instalación de ningún sistema de elevación, ya que todo el proceso se lleva a cabo en una misma planta.

### **2.10.2. Fontanería**

Se dimensionará una red de suministro de agua que garantice el abastecimiento de agua fría y agua caliente sanitaria a todos los puntos de consumo.

La descripción y justificación de la instalación interior de suministro de agua de consumo humano para el establecimiento definido en el proyecto, tanto agua fría como agua caliente sanitaria, se realizan en el correspondiente anexo a la memoria.

### **2.10.3. Evacuación de aguas**

Se dimensionará una red de saneamiento que garantice la correcta evacuación y separación entre aguas residuales urbanas e industriales, y un correcto tratamiento de las segundas, como se indica en el CTE DB HS-HS4.

La descripción y justificación de la instalación de saneamiento para el establecimiento definido en el proyecto se realiza en el correspondiente anexo a la memoria.

### **2.10.4. Instalación frigorífica y de climatización**

La instalación frigorífica y de climatización incluida en el presente proyecto está formada por:

- Necesidades de frío dentro de las cámaras para llevar a cabo los diferentes procedimientos como conservación, congelación o secado artificial.
- Necesidades de frío en los locales de trabajo, obrador y sala de despiece, donde la temperatura no puede superar el valor especificado por la normativa.

Todos los valores elegidos en los cálculos se deben al RD 147/1993 de 29 de enero, por el que se establece las condiciones sanitarias de producción y comercialización de carnes frescas.

En la tabla se muestran los equipos frigoríficos empleados para cada cámara en función de su volumen, temperatura interna y necesidades.

Cámara/Estancia	Equipo utilizado	Potencia absorbida (W)
Cámara de canales. (1)	SPM110Z012	4473,00
Cámara de productos preparados. (2)	SPM110Z012	4473,00
Cámara de masas. (3)	SPM054Z012	2523,00
Cámara de secado de embutidos. (4)	SPM110Z012	4473,00
Cámara de salazón. (5)	SPM068Z012	3388,00
Cámara de postsalado. (6)	SPM110Z012	4473,00
Cámara de secado artificial. (7)	SPM110Z012	4473,00
Cámara de productos congelados. (8)	SPL130Z012	4790,00
Obrador.	STM300Z012	7980,00
Sala de despiece.	STM300Z012	7980,00
Total		49026,00

Tabla 7: Resumen de equipos elegidos.

### 2.10.5. Electricidad

La instalación eléctrica se ha proyectado atendiendo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.E.B.T.) aprobado por el RD 842/2002, de 2 de agosto.

Parte de los locales proyectados se clasifican como húmedos o mojados según el R.E.B.T., por otro lado la potencia prevista es superior a 100 kW, por tanto, se deja una sala en la nave industrial destinada a un centro de transformación.

Los documentos del proyecto eléctrico se incorporan en el presente proyecto. La descripción y su dimensionado figuran en el anexo de cálculos eléctricos. Los planos del proyecto contienen las plantas de distribución de fuerza y alumbrado del proyecto eléctrico, así como el diagrama unifilar.

### 2.10.6. Instalaciones de iluminación

El cálculo de las necesidades de iluminación ha sido realizado mediante prontuarios, a partir de los cuales se ha obtenido el valor de iluminación recomendable para actividades industriales (750 lux).



Se realiza la instalación de iluminación utilizando Regleta TL 2x36 con protección contra proyecciones de agua en cámaras y zonas de trabajo, según se indica en ITC-BT-30.

### 2.10.7. Protección contra incendios

Toda edificación destinada al ejercicio de actividades industriales, ha de poseer una serie de equipos e instalaciones contra incendios que, en caso de producirse alguna situación de peligro para los trabajadores, ésta sea eliminada en el menor tiempo posible y si que se produzcan daños personales.

En ese sentido, es de aplicación al presente proyecto, el Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales (R.S.C.I.E.I.).

La justificación de la instalación contra incendios adoptada figura en el anexo correspondiente a la memoria. Los planos del proyecto contienen la planta de la instalación contra incendios que representa todos los equipos adoptados así como los recorridos de evacuación.

### 2.10.8. Instalaciones de protección y seguridad (anti-intrusión)

No se ha previsto un sistema de protección anti-intrusión, por lo que no se detallan las características del mismo.

## 2.11. Equipamiento

OFICINAS	
EQUIPO	CANTIDAD
ORDENADOR PERSONAL	2
IMPRESORA	2
IMPRESORA DE ETIQUETAS	1
ARMARIOS	3

VESTUARIOS	
EQUIPO	CANTIDAD
MASCULINO	
INODORO	1
URINARIO	1
LAVABO	2

DUCHA	1
TAQUILLAS	8
FEMENINO	
INODORO	1
LAVABO	2
DUCHA	1
TAQUILLAS	8

RECEPCIÓN	
EQUIPO	CANTIDAD
PLATAFORMA ELEVADORA	2
POLIPASTO ELEVACIÓN CANALES	1
BÁSCULA AÉREA	1
BÁSCULA DE PLATAFORMA	1

SALA DE DESPIECE	
EQUIPO	CANTIDAD
LAVAMANOS	1
ENVASADORA AL VACÍO	1
SIERRA DE CINTA	1
CORTADORA DE FIAMBRES	1
ETIQUETADORA	1
BÁSCULA INDUSTRIAL	1
MESA DE TRABAJO	3
MESA DE DESPIECE	2
TAJO DE CORTE	1
EQUIPO FRIGORÍFICO	1
ENVOLVEDORA DE FILM	1

OBRADOR	
EQUIPO	CANTIDAD
PICADORA	1
AMASADORA	1
LAVAMANOS	1
EMBUTIDORA	1
MESA DE TRABAJO	1
MESA DE EMBUTIR	1
BÁSCULA INDUSTRIAL	1

ETIQUETADORA	1
EQUIPO FRIGORÍFICO	1

VARIOS	
EQUIPO	CANTIDAD
PERCHAS ACERO INOX	10
BOX PARA SALAZÓN	10
DESINFECTADOR DE CUCHILLOS POR AGUA	2
LAVADORA DE JAMONES	1
LAVADERO	1

CÁMARAS	
EQUIPO	CANTIDAD
EQUIPO FRIGORÍFICO	8
VÍA AÉREA	1

Tabla 8: Resumen equipamiento.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

### **3. Cumplimiento del CTE**

#### **3.1. Seguridad estructural**

Se cumplirán las prescripciones indicadas en el Código Técnico de la edificación, en los siguientes documentos básicos:

- DB-SE 1 Resistencia y estabilidad
- DB-SE 2 Aptitud de servicio
- DB-SE-AE Acciones en la edificación
- DB-SE-C Cimientos
- DB-SE-A Acero

Además, se deben tener en cuenta las especificaciones de la normativa siguientes:

- EHE Instrucción de Hormigón Estructural

#### **3.2. Seguridad en caso de incendio**

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio, las secciones correspondientes a este documento son las siguientes:

- DB SI 1 Propagación interior
- DB SI 2 Propagación exterior
- DB SI 3 Evacuación de ocupantes
- DB SI 4 Instalaciones de protección contra incendios
- DB SI 5 Intervención de los bomberos
- DB SI 6 Resistencia al fuego de la estructura

El presente proyecto no se considera del ámbito de aplicación de este reglamento al verse afectado por el "Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales" (RD 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales).

#### **3.3. Seguridad de utilización**

Se cumplirán las prescripciones indicadas en el Código Técnico de la edificación, en los siguientes documentos básicos:

- DB SUA 1 Seguridad frente al riesgo de caídas
- DB SUA 2 Seguridad frente al riesgo de impacto o atrapamiento
- DB SUA 3 Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento
- DB SUA 4 Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada
- DB SUA 5 Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación
- DB SUA 6 Seguridad frente al riesgo de ahogamiento
- DB SUA 7 Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento
- DB SUA 8 Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo
- DB SUA 9 Accesibilidad

### **3.3.1. DB SUA 1 Seguridad frente al riesgo de caídas**

Se limitará el riesgo de que los usuarios sufran caídas, para lo cual los suelos serán adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad. Asimismo se limitará el riesgo de caídas en huecos, en cambios de nivel y en escaleras y rampas.

El acabado del pavimento será de tipo pavimento multicapa epoxi en continuo y se reducirán al máximo los obstáculos así como se señalizarán los existentes.

### **3.3.2. DB SUA 2 Seguridad frente al riesgo de impacto o atrapamiento**

Se emplearán elementos de aviso tanto visuales como acústicos para evitar atrapamientos en puertas correderas, muelle de carga y demás elementos fijos.

### **3.3.3. DB SUA 3 Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento**

No es de aplicación este apartado, ya que el edificio cuneta con varias puertas de acceso que pueden ser accionadas por ambos lados.

### **3.3.4. DB SUA 4 Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada**

Se cumple lo indicado en este DB, al dotarse al edificio de una instalación de iluminación de emergencia que cumple los requisitos mínimos que establece la exigencia básica SUA 4.

### **3.3.5. DB SUA 5 Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación**

El presente proyecto está exento del cumplimiento de las condiciones establecidas en la sección SUA 5, al no estar incluido en los usos que ella especifica.

### **3.3.6. DB SUA 6 Seguridad frente al riesgo de ahogamiento**

No es de aplicación

### **3.3.7. DB SUA 7 Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento**

No es de aplicación al no considerar el uso de aparcamiento.

### **3.3.8. DB SUA 8 Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo**

No es de aplicación ya que no entra en los edificios considerados de necesidad de esta instalación por la sección SUA 8.

### **3.3.9. DB SUA 9 Accesibilidad**

El presente proyecto está exento del cumplimiento de las condiciones establecidas en la sección SUA 9 al estar ubicado en una sola planta sobre rasante.

## **3.4. Salubridad**

Se cumplirán las prescripciones indicadas en el Código Técnico de la edificación, en los siguientes documentos básicos:

- DB HS 1 Protección frente a la humedad
- DB HS 2 Recogida y evacuación de residuos
- DB HS Calidad del aire interior
- DB HS Suministro de agua
- DB HS Evacuación de aguas

### **3.4.1. DB HS 1 Protección frente a la humedad**

Se deben cumplir las indicaciones de la sección HS 1 para garantizar una impermeabilidad de la envolvente del edificio.

### **3.4.2. DB HS 2 Recogida y evacuación de residuos**

La evacuación de residuos en el presente proyecto se rige mediante el RD 147/2003, de 29 de enero, por el que se establecen las condiciones sanitarias de

producción y comercialización de carnes frescas; el cual indica que los residuos resultantes de la actividad industrial deberán ser recogidos por empresas especializadas.

#### **3.4.3. DB HS 3 Calidad del aire interior**

Se cumple este apartado ya que la ventilación es ejercida por los equipos frigoríficos en las zonas climatizadas y mediante ventilación natural en las que no lo sean.

#### **3.4.4. DB HS 4 Suministro de agua**

El presente proyecto justifica su cumplimiento en el anexo de suministro de agua.

#### **3.4.5. DB HS 5 Evacuación de aguas**

El presente proyecto justifica su cumplimiento en el anexo de suministro de saneamiento.

### **3.5. Protección contra el ruido**

El objetivo del requisito básico “Protección frente el ruido” consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

El Documento Básico “DB HR Protección frente al ruido” especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido.

De acuerdo con el ámbito de aplicación, se entiende que este proyecto queda exento de la justificación de su cumplimiento, al tratarse de una nave en la que la actividad que se realiza no está regulada por este DB.



### **3.6. Ahorro de energía**

Se cumplirán las prescripciones indicadas en el Código Técnico de la edificación, en los siguientes documentos básicos:

- DB HE 0 Limitación del consumo energético
- DB HE 1 Limitación de la demanda energética
- DB HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas
- DB HE 3 Eficacia energética de las instalaciones de iluminación
- DB HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
- DB HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

#### **3.6.1. DB HE 0 Limitación del consumo energético**

No es de aplicación este DB en edificios industriales.

#### **3.6.2. DB HE 1 Limitación de la demanda energética**

No es de aplicación este DB en edificios industriales.

#### **3.6.3. DB HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas**

No es de aplicación este DB en edificios industriales.

#### **3.6.4. DB HE 3 Eficacia energética de las instalaciones de iluminación**

No es de aplicación este DB en edificios industriales.

#### **3.6.5 DB HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria**

No se alcanza el consumo de ACS de 50 l/d, por tanto, esta sección no es aplicable al presente proyecto.

#### **3.6.6. DB HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica**

La superficie del edificio, con uso de almacenamiento y distribución, no supera los 5000 m<sup>2</sup>, por tanto, esta sección no es aplicable al presente proyecto.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

## II. ANEXOS A LA MEMORIA

---

ANEXO 1: INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA

ANEXO 2: INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

ANEXO 3: CÁLCULOS ELÉCTRICOS

ANEXO 4: INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

ANEXO 5: INSTALACIÓN DE FRÍO

ANEXO 6: CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA AUXILIAR

ANEXO 7: TORSIÓN EN SECCIONES ABIERTAS

ANEXO 8: CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

# ANEXO 1: SUMINISTRO DE AGUA

---

**Índice**

1. Antecedentes.....	3
2. Caracterización y cuantificación de las exigencias .....	3
3. Dimensionado de la red de suministro de agua .....	6
4. Suministro de ACS .....	9

## **1. Antecedentes**

En este anexo se va a realizar el dimensionamiento de la instalación de suministro de agua para la nave industrial, dicha edificación está situada en el polígono industrial de Béjar, con una presión inicial de 100 mca, a partir de la cual se realizará el dimensionado de la red, en función de la velocidad y el caudal del agua por la misma.

Se deberá realizar una instalación capaz de realizar un suministro a los siguientes elementos existentes en el edificio industrial:

Elemento	Número
Toma de agua	5
Lavamanos	2
Lavabos	4
Duchas	2
Inodoros	2
Urinarios	1
Lavadero	2
Lavadora de jamones	1
Total	19

Tabla 1: Aparatos de suministro de agua.

La obtención de los caudales, diámetros y presiones en las diferentes tuberías se realiza utilizando el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HS salubridad, artículo HS4.

La instalación de suministro se realizará por encima de un falso techo, a una altura aproximada de 4 metros. El tubo de alimentación que va desde la acometida hasta la arqueta del contador general irá enterrado bajo el pavimento a una profundidad de 0.8 metros. El resto de la instalación discurrirá por encima del falso techo.

## **2. Caracterización y cuantificación de las exigencias**

Se divide la instalación del suministro de agua para la nave industrial proyectada de la siguiente manera: el suministro se realiza mediante dos ramas que parten de la acometida principal, situada en la derecha de la parcela, una de las ramas irá por el ala derecha y otra por el ala izquierda de la nave. A su vez, cada rama se divide en tramos, siendo los tramos del ala derecha numerados del 1' al 5', y los del ala izquierda del 1 al 3, siendo 3 el punto donde confluyen las dos ramas y 4 el punto de la acometida.

A continuación se realiza una descripción de los diferentes elementos de consumo de agua y en la tabla 1 se muestran los cálculos realizados. El coeficiente de simultaneidad utilizado sirve para calcular el caudal punta de cada tramo a partir del caudal máximo obtenido en tablas del CTE.

$$Q_p = K_p \cdot Q_{max} \text{ (ecuación 1)}$$

$$K_p = \frac{1.2}{\sqrt{n-1}} \text{ (Ecuación 2)}$$

**Tramo 1-2:** Se encuentra un grifo que servirá para la conexión de una manguera para la facilitar la limpieza de la bodega. A efectos de normativa, se asigna la terminación de "grifo garaje" con un caudal de 0.2 dm<sup>3</sup>/s, además de otro grifo similar situado en el almacén de varios con el mismo fin. Para este tramo se establece un coeficiente de simultaneidad de 1, permitiendo realizar la limpieza de ambos espacios de forma simultánea.

TRAMO 1-2		
Elemento	Número	Caudal que precisa (dm <sup>3</sup> /s)
Toma de agua	2	0,4

Tabla 2: Elementos y caudal para el tramo 1-2.

**Tramo 2-3:** Se encuentra el caudal anterior al que se añade el caudal de dos lavamanos y de tres grifos similares al anterior, para el lavamanos, al ser industrial se le asignará el mismo caudal que a un lavabo: 0.1 dm<sup>3</sup>/s. En este tramo, se establece un coeficiente de simultaneidad de 0.6, que permitirá el uso de más de la mitad de elementos de manera simultánea, entendiendo que no van a funcionar a la vez en ningún caso.

TRAMO 2-3		
Elemento	Número	Caudal que precisa (dm <sup>3</sup> /s)
Toma de agua	3	0,6
Lavamanos	2	0,2

Tabla 3: Elementos y caudal para el tramo 2-3.

Se obtiene un coeficiente de simultaneidad de 0.6 mediante la ecuación 2, pero se considera escaso debido al uso al que se le van a dar a los elementos, por tanto se emplea un coeficiente de 0.8.



**Tramo 1'-2':** Se encuentra una máquina lavadora de jamones que requiere un caudal de  $0.28 \text{ dm}^3/\text{s}$  (caudal obtenido a partir de las especificaciones técnicas en el catálogo del fabricante).

TRAMO 1'-2'		
Elemento	Número	Caudal que precisa (dm <sup>3</sup> /s)
Lavadora de jamones	1	0,28
Lavadero	2	0,4

Tabla 4: Elementos y caudal para el tramo 1'-2'.

**Tramo 2'-3':** Se encuentra, además del caudal anterior, el caudal necesario para abastecer el vestuario masculino que consta de ducha, inodoro con cisterna, urinario con grifo temporizado y dos lavabos. El coeficiente de simultaneidad para el caso de los vestuarios se calcula mediante la ecuación 2.

TRAMO 2'-3'		
Elemento	Número	Caudal que precisa (dm <sup>3</sup> /s)
Ducha	1	0,2
Inodoro con cisterna	1	0,2
Urinario	1	0,15
Lavabo	2	0,2

Tabla 5: Elementos y caudal para el tramo 2'-3'.

**Tramo 3'-4':** Se encuentra el acumulador encargado de calentar el agua suficiente para abastecer los siguientes elementos, cuyo caudal de ACS viene dado por la misma tabla 2.1, y siendo el 60% del caudal total necesario. Se calcula el coeficiente de simultaneidad mediante la ecuación 2.

TRAMO 3'-4'		
Elemento	Número	Caudal que precisa (dm <sup>3</sup> /s)
Duchas	2	0,2
Lavabo	4	0,26

Tabla 6: Elementos y caudal necesario para el tramo 3'-4'.

**Tramo 4'-3:** Se encuentra el vestuario femenino, que consta con ducha, inodoro con cisterna y dos lavabos, para calcular el coeficiente de simultaneidad, se emplea la ecuación 2. El punto 3 corresponde a la confluencia de las dos ramas de la nave.

TRAMO 4'-3		
Elemento	Número	Caudal que precisa (dm <sup>3</sup> /s)
Ducha	1	0,2
Inodoro con cisterna	1	0,2
Lavabo	2	0,2

Tabla 7: Elementos y caudal necesario para el tramo 4'-3.

**Tramo 3-4:** Tramo donde se incluye el caudal mencionado previamente más el caudal procedente de la rama derecha.

En el punto 3 se encuentran las dos ramas que van conectadas con la acometida principal.

TRAMO	Q(dm <sup>3</sup> /s)	Coeficiente simultaneidad	Qp(dm <sup>3</sup> /s)
1-2	0,4	1	0,4
2-3	1,2	0,8	0,96
1'-2'	0,68	1	0,68
2'-3'	0,75	0,6	1,13
3'-4'	0,46	0,53	1,3738
4'-3	0,6	0,7	1,7938
3-4	2,7538	1	2,7538

Tabla 8: Caudal punta necesario

Además del caudal mencionado, en las tomas de agua destinadas a limpieza, tales como en bodega, sala de despiece, obrador, etc. se requiere una presión en torno a los 10 bares, para facilitar la limpieza.

### **3. Dimensionado de la red de suministro de agua**

El dimensionamiento de la red consiste en obtener el diámetro, la velocidad y las pérdidas en función del caudal que discurre por cada tramo. Para el dimensionamiento, se establece una velocidad al azar y se obtienen datos de diámetro y pérdidas de carga.

El material de las tuberías será el cobre, e irán ancladas a la pared mediante abrazaderas por encima del falso techo, a una altura de 4 metros sobre el suelo.

Mediante los cálculos mostrados en la tabla 2 se obtienen los valores de los diámetros, velocidades y presión final para todos los tramos. Las presiones de uso recomendadas en el CTE son de 10 mca como mínima y 50 mca como máxima, por lo que se instalarán válvulas limitadoras de presión en las tomas de agua.

Para la realización del dimensionado se establece un punto como más desfavorable para comprobar que la presión máxima se encuentra entre los valores indicados por la normativa.

TRAMO	Q	D	VELOCIDAD	j	L	Le	Lt(L+Le)	J(Lt·j)	Pi	Pi-J	H	Pf
nº	l/s	mm	m/s	mca/m	m	m	m	mca	mca	mca	mca	mca
4-3	2,75	40,00	2,00	0,10	18,55	8,02	26,57	2,66	100,00	97,34	-4,80	92,54
3-4'	1,79	40,00	1,50	0,10	4,15	1,50	5,65	0,57	92,54	91,98	0,00	91,98
4'-3'	1,37	40,00	1,50	0,10	1,67	0,50	2,17	0,22	91,98	91,76	0,00	91,76
3'-2'	1,13	32,00	1,50	0,09	17,67	1,60	19,27	1,73	91,76	90,03	0,00	90,03
2'-1'	0,68	25,00	1,50	0,10	12,20	2,08	14,28	1,43	92,54	91,12	4,00	95,12

Tabla 9: Predimensionado de la red de tuberías.

#### **4. Suministro de ACS**

Se requerirá suministro de agua caliente sanitaria en lavabos y duchas de los vestuarios masculinos y femenino, cuyo caudal de ACS máximo es de  $0.46 \text{ dm}^3/\text{s}$ , además se instalará un sistema de calentamiento instantáneo, ya que los periodos de uso serán alternos y reducidos.

Aplicando la ecuación 2, se obtiene un caudal punta de  $0.25 \text{ dm}^3/\text{s}$ .

Se elige un calentador instantáneo eléctrico JUNKERS ED24-2S, cuyas características son las siguientes:

MODELO	ED 24-2S
DIMENSIONES	472x236x139
POTENCIA ÚTIL	-
MODO 1	8-16
MODO 2	12-24
PRESIÓN DE ENCENDIDO (bar)	1
CAUDAL CARACTERÍSTICO ( $\Delta T=25^\circ\text{C}$ )[l/min]	13.8
TENSIÓN DE SUMINISTRO	400 V TRIFÁSICA

En Béjar, a 04 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# ANEXO 2: INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

---

## **Índice**

1. Antecedentes.....	3
2. Evacuación de aguas residuales urbanas .....	3
2.1. Evacuación de aguas fecales .....	3
2.1.1. Redes de pequeña evacuación .....	3
2.1.2. Colectores y arquetas.....	5
2.1.3. Evacuación de aguas pluviales. ....	5
3. Evacuación de aguas residuales industriales .....	7



## **1. Antecedentes**

En la realización del proceso industrial indicado en la memoria se producen dos tipos de aguas residuales bien diferenciadas:

-Aguas residuales urbanas: son las generadas en los aseos y vestuarios y las pluviales, se procesan en la planta depuradora municipal sin ningún tratamiento extra.

-Aguas residuales industriales: producen en todos aquellos procesos de elaboración, manipulación, limpieza, etc. en los que se utilice agua; tales como lavado de jamones, limpieza de útiles o de estancias; las cuales se deben tratar en un separador de grasas antes de dirigirse a la planta depuradora.

Se pretende realizar dos instalaciones de evacuación diferenciadas, una para las aguas residuales urbanas y otra para las aguas residuales industriales. Para el dimensionado de dicha red se recurre al Código Técnico de la Edificación Documento Básico HS Salubridad, sección 5.

La evacuación de aguas pluviales se va a realizar en función de la localización de los canalones (uno a cada lado de la nave) por tanto, cada canalón desembocará en una red de colectores de tipo mixto que, en función si se trata de aguas urbanas o industriales pasará o no por un separador de grasas.

## **2. Evacuación de aguas residuales urbanas**

Como se ha explicado previamente, en este apartado se dimensionará la instalación de evacuación de aguas residuales urbanas (fecales y pluviales). Se realizará un sistema de evacuación mixto para las aguas fecales y pluviales, el material de las tuberías empleadas en la red de evacuación de aguas residuales urbanas será PVC.

### **2.1. Evacuación de aguas fecales**

#### **2.1.1. Redes de pequeña evacuación**

La nave dispone de dos vestuarios provistos ambos de ducha, dos lavabos, y inodoro con cisterna, además el vestuario masculino cuenta con un urinario con fluxómetro.

Para las redes de pequeña evacuación, como la que se trata en este momento, para una nave industrial de una sola planta, se realizarán derivaciones particulares con bote sifónico, cuyas pendientes estarán comprendidas entre el 2 y el 4%, el inodoro, sin embargo, lleva sifón propio y va conectado a una arqueta directamente mediante el manguetón. La derivación del bote sifónico acomete a una arqueta registrable y debe tener una longitud menor a dos metros y una pendiente entre el 2 y el 4 %.

En la tabla 1 se muestran los diferentes aparatos sanitarios junto con las unidades de desagüe correspondientes y el diámetro que hay que establecer. Se tiene en cuenta el aumento de diámetro de las derivaciones y conducciones a medida que se avanza. Se van a tomar como baños de uso privado, ya que son para uso único del personal de trabajo en la empresa, salvo para el caso del urinario, ya que la norma solo contempla un uso público del mismo.

La máxima distancia permitida entre el bote sifónico y la bajante es de 2 metros, se tiene en cuenta el aumento de diámetro conforme se va descendiendo.

DERIVACIONES PARTICULARES				
Vestuario masculino				
Aparato	U.D.	Diámetro [mm]	Longitud [m]	Pendiente
Ducha	2	40	2,25	
Inodoro	4	100	0,83	
Urinario suspendido	2	40	0,94	
Lavabo 1	1	32	2,35	
Lavabo 2	1	32	1,63	
TOTAL	10			
RAMAL COLECTOR	10	63	2,00	4,00%
Vestuario femenino				
Aparato	U.D.	Diámetro [mm]	Longitud [m]	Pendiente
Ducha	2	40	1,45	
Inodoro	4	100	0,83	
Lavabo 1	1	32	2,35	
Lavabo 2	1	32	1,63	
TOTAL	8			
RAMAL COLECTOR	8	63	2,00	4,00%

Tabla 1: Red de pequeña evacuación

Solo se especifica la pendiente donde se haya empleado como dato para el cálculo del diámetro.

### 2.1.2. Colectores y arquetas

En este apartado se va a realizar el dimensionamiento de los colectores horizontales y las arquetas, tanto de paso y limpieza como sifónicas. Se van a disponer dos arquetas de paso y registrables en sendas recepciones de la derivación de cada vestuario.

El dimensionado de las arquetas se realiza según la tabla 4.13 del DB HS 4 donde, en función del diámetro del colector de salida, se establece un tamaño de arqueta.

### 2.1.3. Evacuación de aguas pluviales.

Como se ha indicado previamente se realizará un sistema mixto para la evacuación de las aguas fecales y pluviales, con la particularidad de que las aguas recogidas por el canalón del ala izquierda serán recogidas por la red de evacuación de aguas urbanas y las del ala derecha por la red de evacuación de aguas industriales, para facilitar la instalación.

La cubierta tiene una superficie en proyección horizontal de 1057.25 m<sup>2</sup>, para calcular el diámetro del canalón necesario, primero hay que calcular el régimen pluviométrico para, posteriormente, calcular el factor de correlación y obtener la superficie equivalente para el régimen pluviométrico del caso que se trata, según se indica en el CTE DB HS (HS5). Se divide la superficie entre dos, porque se van a instalar canalones a ambos lados de la cubierta ya que ejecutará una cubierta a dos aguas.

$$f = \frac{i}{100} \rightarrow \text{Factor de correlación}$$

Donde:

- i: Intensidad pluviométrica que se quiere considerar.

El municipio donde se va a ejecutar el proyecto (Béjar) se sitúa en la zona A, sobre la isoyeta 40, por tanto se obtiene el siguiente coeficiente de intensidad pluviométrica según la tabla B.1:

$$i = 125 \frac{mm}{h}$$

Por tanto, la superficie de cálculo del canalón será la siguiente:

$$A = \frac{1057.25}{2} \cdot \frac{125}{100} = 660.78 \rightarrow 661 \text{ m}^2$$

A partir de lo obtenido, en la tabla 4.7 se elige un canalón con un 2% de pendiente y 250 mm de diámetro.

Lo siguiente a determinar es el número y diámetro de bajantes, que se obtiene de la misma forma en la tabla 4.8. Se dispondrán 5 bajantes por cada fachada, por tanto la superficie en proyección horizontal de cubierta que sirve cada una es de 132.2 m<sup>2</sup>. Por tanto, el diámetro de cada bajante será de 75 mm.

Para los colectores de aguas pluviales enterrados se utiliza el área a la que sirven, siendo de 661 m<sup>2</sup>, por tanto, se dispone un colector de 160 mm de diámetro y de 2% de pendiente. Este colector, en su último tramo se une a la arqueta de registro 2 y el colector que queda por delante se dimensiona como un colector de tipo mixto.

Como las unidades de desagüe son inferiores a 250, se establece un área equivalente de 90 m<sup>2</sup>, para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h, por tanto, para la intensidad de 125, el área será de 112.5 m<sup>2</sup>, siendo un total, junto con el valor anterior de 773.5 m<sup>2</sup>, por tanto, se elige un colector de 160 mm de diámetro y con un 2% de pendiente, por tanto quedan los siguientes colectores y arquetas instalados:

TRAMO	U.D.	DIÁMETRO [mm]	LONGITUD [m]
1	10	125	4,8
2	18*	160	12

Tabla 2: Dimensiones de los colectores enterrados.

El tramo 2 viene definido por la superficie en proyección horizontal equivalente mediante el método de dimensionado de colectores de tipo mixto, con una superficie total de 773.5 m<sup>2</sup>.

Arqueta	Diámetro de salida	Dimensiones
1	125	50x50
2	160	60x60

Tabla 3: Dimensiones de las arquetas.

### **3. Evacuación de aguas residuales industriales**

Como se ha explicado previamente, en este apartado se dimensionará la instalación de evacuación de aguas residuales industriales. Se realizará un sistema de evacuación mixto para las aguas industriales y pluviales de la zona izquierda, el material de las tuberías empleadas en la red de evacuación de aguas residuales industriales será PVC.

El dimensionado de esta parte de la instalación tiene la peculiaridad de que se dimensionan fundamentalmente sumideros, añadiendo algún aparato en algún punto (lavaderos, lavadora de jamones, lavamanos). Se dimensionará la red de colectores enterrados por tramos y se dispondrán arquetas de registro donde acometan más de un colector.

Se dimensiona la red de colectores acorde con lo indicado en el párrafo anterior hasta el tramo 5, donde se debe dimensionar un sistema de colectores de tipo mixto, teniendo en cuenta el agua evacuada por los canalones, el procedimiento de obtención del diámetro es igual que para el caso de la evacuación de aguas urbanas.

TRAMO	U.D.	DIÁMETRO [mm]	LONGITUD [m]	Pendiente	Arqueta de registro
1	3	50	9,36	2%	NO
2	13	50	6,65	2%	SI
3	22	63	7,75	2%	SI
4	25	75	7	2%	NO
5	37 (*)	160	3,65	2%	SI
6	37(*)	160	12	2%	NO
Lavadora	1	50	18,56		NO
Lavamanos 1	6	50	7,29		NO
Lavamanos 2	6	50	10,86		NO
Lavadero	3	40	5,46		NO
Colector A	7	50	12,4	2%	SI

Tabla 4: Red de colectores aguas industriales.

\*Se tiene en cuenta la superficie equivalente para el dimensionado de colectores de tipo mixto (773.5 m<sup>2</sup>).

El tramo común hasta la acometida tiene una pendiente superior al 2% y un diámetro de 200 mm. Longitud de 5 metros.

A continuación, en la tabla 5 se indica la situación de los separadores de grasas<sup>1</sup> dispuestos para eliminar las grasas líquidas, de eliminar las sólidas se encargarán los operarios en las correspondientes arquetas de registro. El separador de grasas tendrá como objetivo eliminar las grasas que la depuradora de la localidad sería incapaz de eliminar.

DEPENDENCIA	DIÁMETRO COLECTOR	MODELO
ALMACÉN DE VARIOS	50	ACO Oleopator-P NS3
SALA DESPIECE	75	ACO Oleopator-P NS3
MUELLE DE CARGA	160	ACO Oleopator-P NS6

Tabla 5: Disposición de los separadores de grasas.

<sup>1</sup> Catálogo ACO: <http://www.aco.es/es/producto/industria/separadores-de-grasas/>

En Béjar, a 04 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# ANEXO 3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

---



## **Índice**

1. Resumen de potencias eléctricas. Fuerza y alumbrado. ....	3
2. Instalación eléctrica .....	7
2.1. Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares .....	7
2.2. Clasificación y características de las instalaciones.....	8
2.3. Prescripciones generales.....	8
2.3.1. Centro de transformación .....	8
2.3.2. Canalizaciones fijas .....	8
2.3.3. Máquinas rotativas.....	9
2.3.4. Luminarias .....	10
2.3.5. Aparatos de medida, instrumentos y relés .....	10
2.3.6. Puesta a tierra.....	10
2.3.7. Protecciones.....	10
2.3.8. Identificación de los conductores .....	13
2.3.9. Aparamenta.....	13
2.4. Cálculos justificativos .....	13
2.4.1. Fórmulas empleadas .....	13
2.4.2. Fórmulas Sobrecargas.....	15
2.4.3. Fórmulas Compensación Energía Reactiva.....	16
2.4.4. Demanda de potencias .....	16
2.4.5. Cálculo de la acometida.....	17
2.4.6. Cálculo de la línea general de alimentación .....	17
2.4.7. Cálculo de la derivación individual .....	18
2.4.8. Cálculo de las líneas .....	19
2.4.9. Cálculo de las necesidades de iluminación.....	22

**1. Resumen de potencias eléctricas. Fuerza y alumbrado.**

## RELACIÓN DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN INSTALADOS

OFICINA Y VESTUARIOS			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
REGLETA TL-2x58	12	72	864
LÁMPARA DE EMERGENCIA	1	8	8
			872

MUELLE DE CARGA			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
REGLETA TL-2x58	20	72	1440
LÁMPARA DE EMERGENCIA	2	8	16
			1456

SALA DE DESPIECE			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
REGLETA TL-2x58	16	72	1152
LÁMPARA DE EMERGENCIA	1	8	8
			1160

CÁMARAS 1 2 5 6			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
REGLETA TL-2x58	14	72	1008
LÁMPARA DE EMERGENCIA	4	8	32
			1040

ZONA OBRADOR			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
REGLETA TL-2x58	16	72	1152
LÁMPARA DE EMERGENCIA	1	8	8
			1160

VARIOS Y CONGELADO			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
REGLETA TL-2x58	18	72	1296
LÁMPARA DE EMERGENCIA	2	8	16
			1312

BODEGA			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
REGLETA TL-2x58	15	72	1080
LÁMPARA DE EMERGENCIA	1	8	8
			1088

CÁMARAS NORTE			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
REGLETA TL-2x58	12	72	864
LÁMPARA DE EMERGENCIA	2	8	16
			880

ESTE			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
REGLETA TL-2x58	24	72	1728
LÁMPARA DE EMERGENCIA	4	8	32
			1760

POTENCIA TOTAL INSTALADA EN ILUMINACIÓN (W)			10728
---	--	--	-------

Tabla 1: Potencia instalada en iluminación.

## RELACIÓN DE EQUIPOS DE FUERZA ELÉCTRICA INSTALADOS

## OFICINAS Y VESTUARIOS

EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
TOMA MONOFÁSICA	6	3000	18000

**18000**

## MUELLE DE CARGA

EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
TOMA TRIFÁSICA	1	3000	3000
TOMA MONOFÁSICA	2	3000	6000
PLATAFORMA ELEVADORA	2	1500	3000
POLIPASTO ELEV. CANAL	1	750	750

**12750**

## OFICINAS Y VESTUARIOS

EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
TOMA TRIFÁSICA	2	3000	6000
TOMA MONOFÁSICA	5	3000	15000
ENVASADORA AL VACÍO	1	2200	2200
CLIMA SALA DESPIECE	1	6610	6610

**29810**

## CÁMARAS 1 2 5 6

EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
CÁMARA DE CANALES (1)	1	3680	3680
CÁMARA DE PRODUCTOS PREPARADOS (2)	1	3680	3680
CÁMARA DE SALAZÓN (5)	1	2200	2200
CÁMARA DE POSTSALADO (6)	1	3680	3680

**13240**

## ZONA OBRADOR

EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
TOMA TRIFÁSICA	2	3000	6000
TOMA MONOFÁSICA	6	3000	18000
ENVASADORA VACÍO	1	2200	2200
PICADORA	1	3750	3750

AMASADORA	1	5000	5000
EMBUTIDORA	1	3750	3750
CLIMA OBRADOR	1	6610	6610
CÁMARA DE MASAS (3)	1	1840	1840
			47150

VARIOS Y CONGELADOS			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
TOMA MONOFÁSICA	2	3000	6000
LAVADORA DE JAMONES	1	5800	5800
CÁMARA DE CONGELADOS (8)	1	4040	4040
			15840

CÁMARAS NORTE (4 7)			
EQUIPO	UD.	P/UD. (W)	PTOTAL(W)
CÁMARA DE SEC. ART. JAMÓN (7)	1	3680	3680
CÁMARA DE SEC. ART. EMBUTIDO (4)	1	3640	3640
			7320

POTENCIA TOTAL INSTALADA, SIN TENER EN CUENTA C. SIMULTANEIDAD (W)	136790
--	--------

Tabla 2: Potencia instalada en fuerzas.

## **2. Instalación eléctrica**

### **2.1. Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares**

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Código Técnico de la Edificación, DB SI sobre Seguridad en caso de incendio.
- Código Técnico de la Edificación, DB HE sobre Ahorro de energía.
- Código Técnico de la Edificación, DB SU sobre Seguridad de utilización.
- Código Técnico de la Edificación, DB-HR sobre Protección frente al ruido.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre)
- Normas Técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

## **2.2. Clasificación y características de las instalaciones**

La instalación eléctrica se considera de características especiales al estar ubicada en un local mojado ya que los suelos, techos y paredes están o pueden estar impregnados de humedad y puede aparecer, aunque sólo sea temporalmente, gotas gruesas de agua debido a la condensación.

Al estar ubicada en un local mojado, la instalación eléctrica de BT cumplirá todos los condicionantes exigidos en la ITC-BT 30 del REBT en lo referente a: canalizaciones eléctricas, aparataje, dispositivos de protección, aparatos móviles o portátiles y receptores de alumbrado.

## **2.3. Prescripciones generales**

### **2.3.1. Centro de transformación**

Según el artículo 47.5 del Real Decreto 1995/2000, de 1 de diciembre, cuando la potencia suministrada en el local sea superior a 100 kW, el solicitante deberá reservar un local, para su posterior uso por la empresa distribuidora, de acuerdo con las condiciones técnicas reglamentarias y con las normas técnicas establecidas por la empresa distribuidora y aprobadas por la Administración competente, cerrado y adaptado, con fácil acceso desde la vía pública, para la ubicación de un centro de transformación cuya situación corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea y destinado exclusivamente a la finalidad prevista. El propietario del local quedará obligado a registrar esta cesión de uso, corriendo los gastos correspondientes a cargo de la empresa distribuidora.

### **2.3.2. Canalizaciones fijas**

Las instalaciones se efectuarán utilizando conductor de cobre de aislamiento plástico de una marca de garantía en el mercado con aislamiento tipo XLPE (0,6-1KV), para la derivación individual RZ1-K(AS) según UNE 21.123-4 (ya que en este caso deben ser no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida), alimentación de cuadros secundarios y máquinas.

Para las instalaciones de alumbrado y tomas de corriente (instalación interior) se utilizarán conductores de cobre unipolares flexibles con aislamiento XLPE.

La instalación se realizará en bandeja perforada y tubo rígido de acero inoxidable, en montaje superficial sobre las paredes y techos, así como aprovechando el recorrido de las cerchas que forman la estructura (UNE-EN 50086-2- 2); en base a ITC-BT 30 las canalizaciones dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 4; las cajas de derivación serán de tipo estanco (al reglamentarios, respetándose la estanqueidad en las conexiones, mediante prensaestopas que aseguren una protección IP 54. Para el dimensionado de tubos protectores y cajas se tendrán en cuenta el número de conductores a albergar, así como la sección de los mismos, según indica la ITC-BT -21.

### **2.3.3.Máquinas rotativas**

Los motores, tanto por su construcción como por su instalación, cumplirán lo preceptuado en la Instrucción ITC-BT-47, los conductores que lo alimentarán estarán dimensionados por una intensidad no inferior a 125% de la que corresponda a plena carga.

Serán del tipo totalmente cerrados y autoventilados.

Todos los electromotores y máquinas estarán instalados en puntos fácilmente accesibles para su mantenimiento y limpieza.

Los motores de una potencia superior a 0,75 KW, estarán provistos de reostatos de arranque o dispositivos equivalentes (guardamotores) que no permitan que la corriente entre el período de arranque y el de marcha normal, que corresponda a plena carga, según las características el motor, sea superior a la señalada en el Tabla 1 de la Instrucción ITC-BT-47, Apartado 6.

Los motores estarán protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de naturaleza tal, que cubra las faltas de tensión en una de sus fases. Los motores deberán estar protegidos frente a la falta de tensión cuando el arranque espontáneo de los mismos pueda dar lugar a accidentes.

En el caso de los motores con arranque estrella triángulo, la protección se asegurará a los circuitos, tanto para la conexión de estrella como para la de triángulo y en general se cumplirá lo prescrito en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en sus Instrucciones ITC-BT-47, Apartado 4.



### **2.3.4. Luminarias**

Las luminarias, por su construcción reunirán las condiciones que se indican en la Instrucción ITC-BT-44, Apartado 2.1.

Tanto estos mecanismos, como los que se instalen para conectar los motores y luminarias, cumplirán por su fabricación, con las condiciones que señala la Instrucción ITC-BT-43.

En base a la ITC-BT-30 los receptores de alumbrado estarán protegidos contra proyecciones de agua, IPX4. No serán de clase 0.

### **2.3.5. Aparatos de medida, instrumentos y relés**

Los aparatos de medida se instalarán de acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-16, Apartado 2.1.

### **2.3.6. Puesta a tierra**

La toma a tierra general para toda la instalación estará constituida por picas de cobre de 1 m de longitud, de forma que dada la resistividad del terreno, la intensidad de defecto a tierra sea tal, que la resistencia de paso de cualquier intensidad de defecto no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 50 V.

La sección del conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra, será de 35 mm<sup>2</sup> de cobre y la conexión con la pica se efectuará con una pieza de empalme adecuada o con soldadura de alto poder de fusión.

Esa piqueta estará situada bajo el cuadro de mando y protección y hasta él llegará la línea de tierra, para que pueda discurrir a los receptores por el mismo tubo que aloja la línea de alimentación, con igual sección que ésta.

### **2.3.7. Protecciones**

#### **2.3.7.1. Sistema de protección frente a contactos indirectos**

El sistema de protección elegido frente a los contactos indirectos es el de puesta a tierra de las masas y empleo de interruptores diferenciales, teniendo en cuenta que la alimentación de corriente se hace desde redes en las que el punto neutro está directamente unido a tierra (Sistema de distribución TT).

Los interruptores diferenciales provocan la desconexión automática de la alimentación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanzan un valor al menos igual a la sensibilidad del aparato.

El valor mínimo de la intensidad de defecto a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente en un tiempo convencional (inferior a 5 segundos) la instalación a proteger, determina el valor máximo que tendrá la sensibilidad del aparato de forma que la máxima tensión de contacto sea inferior a 50 V en locales secos y 24 V en locales húmedos.

Se tendrá en cuenta lo preceptuado en la Instrucción ITC-BT-24, sobre tipo de protección y sobre las características que deben reunir los dispositivos de protección.

#### **2.3.7.2. Protección frente a sobrecargas y cortocircuitos**

Se tendrá en cuenta lo preceptuado en las Instrucciones ITC-BT-22 y 24, sobre tipo de protección y sobre las características que debe reunir los dispositivos de protección.

-Protección frente a sobreintensidades.

Todo circuito estará protegido frente a las sobre intensidades que puedan presentarse, para lo cual se producirá la interrupción del circuito en un tiempo conveniente. Excepto el conductor de protección, todos los conductores (incluido el neutro) estarán protegidos frente a los efectos de las sobre intensidades.

Las sobreintensidades pueden ser de dos tipos:

Sobrecarga: Sobreintensidad “pequeña” debida a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.

Cortocircuito: Sobreintensidad “grande” debida a un defecto de aislamiento franco (unión directa de dos elementos a diferentes potenciales).

-Protección frente a sobrecargas.

“El límite de intensidad admisible por el conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado”.

Cuando la sección del neutro sea inferior a la sección de fases y puedan preverse en él sobrecargas se deberá disponer un elemento que controle la intensidad por el neutro y haga actuar el dispositivo que protege las fases (Nunca hay que cortar el neutro sin cortar antes las fases).

En los demás casos (sección del neutro igual a la sección de fases o sobrecargas no previsibles para el neutro) el conductor neutro estará convenientemente protegido por el dispositivo que protege a las fases.

Los dispositivos de protección podrán ser fusibles calibrados e interruptores automáticos con curva térmica de corte.

-Protección frente a cortocircuitos.

En el origen de todo circuito se establecerá una protección frente a cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de instalación.

Los dispositivos de protección podrán ser fusibles calibrados e interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

-Situación de los dispositivos de protección

En general se instalarán en el origen de los circuitos a proteger, así como en cualquier punto donde se produzca una disminución de la intensidad admisible y el cable derivado quede sin adecuada protección.

-Características de los dispositivos de protección.

a) Deberán soportar la influencia de agentes externos.

b) Los fusibles irán colocados sobre materia aislante. Permitirán su recambio bajo tensión. Llevarán marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

c) Los interruptores automáticos tendrán una curva intensidad-tiempo adecuada al circuito a proteger. Tendrán el poder de corte adecuado para el lugar de instalación, en caso contrario se asociarán a fusibles apropiados. Llevarán marcada su intensidad y tensión nominal. El símbolo de la naturaleza de la corriente y el símbolo de la característica de desconexión (curva).

### 2.3.8. Identificación de los conductores

Los conductores eléctricos irán perfectamente identificados, de acuerdo con lo establecido por la ITC-BT-20. Apartado 2.1.3, como sigue:

- Conductor de protección: Amarillo-verde.
- Conductores de fase: Marrón, negro y gris.
- Conductor neutro: Azul Claro.

### 2.3.9. Aparamenta

Los aparatos de mando y protección, en base a la ITC-BT 30, serán del tipo protegido contra las proyecciones de agua, IPX4, o bien se instalarán en el interior de cajas que les proporcionen un grado de protección equivalente.

## 2.4. Cálculos justificativos

En este apartado se muestra un resumen de las fórmulas empleadas, así como ejemplos de cálculo de algunas de las líneas y un cuadro resumen con todos los resultados, todo ello facilitado por el programa empleado para la obtención de la instalación eléctrica, CIEBT DMELECT.

### 2.4.1. Fórmulas empleadas

- Sistema Trifásico:

$$I = \frac{Pc}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot R} (A)$$

$$e = \frac{L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \sen\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos\varphi} (V)$$

- Sistema Monofásico:

$$I = \frac{Pc}{U \cdot \cos\varphi \cdot R} (A)$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \sen\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos\varphi} (V)$$

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

Cos  $\varphi$  = Coseno de  $\varphi$ . Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N° de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en m $\Omega$ /m.

- Fórmula Conductividad Eléctrica

K = 1/ $\rho$

$$K = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha(T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{max} - T_0) \left( \frac{I}{I_{max}} \right)^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura T.

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T<sub>0</sub> = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I<sub>max</sub> = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

#### 2.4.2. Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 I_z$$

Donde:

I<sub>b</sub>: intensidad utilizada en el circuito.

I<sub>z</sub>: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I<sub>n</sub>: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I<sub>n</sub> es la intensidad de regulación escogida.

I<sub>2</sub>: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I<sub>2</sub> se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I<sub>n</sub> como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I<sub>n</sub>).

### 2.4.3. Fórmulas Compensación Energía Reactiva

$$\cos\varnothing = P/\sqrt{(P^2+ Q^2)}.$$

$$\cos\varnothing = P \cdot \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\operatorname{tg}\varnothing = Q/P.$$

$$\tan\varnothing = \frac{Q}{P}$$

$$Q_c = P_x(\operatorname{tg}\varnothing_1 - \operatorname{tg}\varnothing_2).$$

$$Q_c = P \cdot (\tan\varnothing_1 - \tan\varnothing_2)$$

$$C = \frac{Q_c \cdot 1000}{U^2 \cdot \omega}; (\text{Monofásico} - \text{Trifásico conexión estrella})$$

$$C = \frac{Q_c \cdot 1000}{3 \cdot U^2 \cdot \omega} (\text{Trifásico conexión triángulo})$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Q<sub>c</sub> = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

∅<sub>1</sub> = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

∅<sub>2</sub> = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

ω = 2xPixf ; f = 50 Hz.

C = Capacidad condensadores (F); cx1000000(μF).

### 2.4.4. Demanda de potencias

La potencia total instalada así como la demanda de potencia de cada elemento puede consultarse en el apartado "Resumen de potencias eléctricas. Fuerza y alumbrado".

### 2.4.5. Cálculo de la acometida

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8; Xu(m $\Omega$ /m): 0;
- Potencia a instalar: 155526 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):

$$P = 6610 \cdot 1.25 + 158048.8 = 166311.3 \text{ W}; (\text{Coeficiente de simultaneidad: } 1)$$

$$I = \frac{166311.3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 300.7 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 3x185/95mm<sup>2</sup>Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-Al I.ad. a 25°C  
(Fc=0.8) 344 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 225 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 74.46

$$e(\text{parcial})=0.3 \times 166311.3 / 28.28 \times 400 \times 240 = 0.02 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total})=0\% \text{ ADMIS (2\% MAX.)}$$

### 2.4.6. Cálculo de la línea general de alimentación

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)
- Longitud: 38 m; Cos  $\varphi$ : 0.8; Xu(m $\Omega$ /m): 0;
- Potencia a instalar: 155526 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):



$$P = 6610 \cdot 1.25 + 158048.8 = 166311.3 \text{ W}; (\text{Coeficiente de simultaneidad: } 1)$$

$$I = \frac{166311.3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 300.7 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x185+TTx95mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig.

UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 384 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 180 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 64.69

$$e(\text{parcial})=38 \times 166311.3 / 47.27 \times 400 \times 185 = 1.81 \text{ V} = 0.45 \%$$

$$e(\text{total})=0.45\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

Fusibles Int. 315 A.

#### 2.4.7. Cálculo de la derivación individual

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: G-Unip.Separados >= D

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 155526 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):

$$\begin{aligned} P &= 6610 \cdot 1.25 + 108651.16 \\ &= 116913.66 \text{ W}; (\text{Coeficiente de simultaneidad: } 0.7) \end{aligned}$$

$$I = \frac{116913.66}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 210.94 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x50+TTx25mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig.

UNE: RZ1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 224 A. según ITC-BT-19

Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm<sup>2</sup>.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 84.34

$e(\text{parcial})=0.3 \times 116913.66 / 44.37 \times 400 \times 50 = 0.04 \text{ V.} = 0.01 \%$

$e(\text{total})=0.46\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 217 A.

#### **2.4.8. Cálculo de las líneas**

Se va a distribuir la instalación eléctrica en tres cuadros independientes, que cubrirán las siguientes estancias

- Subcuadro oficina y vestuarios: cubrirá la zona de las oficinas y los vestuarios, tanto para iluminación como para fuerzas, y se situará en el pasillo público.
- Subcuadro recepción y sala de despiece: cubrirá la zona de recepción y la sala de despiece, se podrán controlar todos los aparatos de fuerza y la iluminación, y se situará en la zona de recepción.
- Subcuadro obrador y varios: cubrirá la zona del obrador y la zona norte donde se incluye el almacén de varios y la bodega.
- Las cámaras, y la zona este, incluyendo iluminación y fuerzas, van conectadas directamente al cuadro general.

En este apartado se calculan todas las líneas, tanto de iluminación como de tomas de corriente y motores. Las tomas de corriente, ya sean trifásicas o monofásicas

se identificarán con Fi, y los puntos de iluminación, con el nombre de donde estén situados.

A continuación se muestran dos ejemplos de cálculo de líneas, la consulta de los resultados se puede realizar en los planos adjuntos en el capítulo planos.

### **Cálculo de la Línea: OFI. Y VEST.**

Se trata de la línea de alimentación del subcuadro destinado a la oficina y los vestuarios:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: E-Mult.Aire Dist.Pared  $\geq 0,3D$
- Longitud: 27 m; Cos  $\varphi$ : 0.8; Xu(m $\Omega$ /m): 0;
- Potencia a instalar: 18872 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$P = 19569.6 \text{ W}; (\text{Coeficiente de simultaneidad: } 1)$$

$$I = \frac{19569.6}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 35.31 \text{ A}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 4x25+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 110 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 45.15

e(parcial)= $27 \times 19569.6 / 50.57 \times 400 \times 25 = 1.04 \text{ V.} = 0.26 \%$

e(total)=0.72% ADMIS (4.5% MAX.)

Protección Termica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 38 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 38 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

A continuación se calculan todas las líneas de cada subcuadro, siguiendo el siguiente ejemplo:

### **Cálculo de la Línea:F1**

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: E-Mult.Aire Dist.Pared  $\geq 0,3D$
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0.8} = 16.3 \text{ A}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 33 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 52.21

$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 3000 / 49.33 \times 230 \times 2.5 = 0.06 \text{ V.} = 0.03 \%$

$e(\text{total})=0.82\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

### **Cálculo de la Línea: PLAT. ELEV. 1**

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: E-Mult.Aire Dist.Pared  $\geq 0,3D$
- Longitud: 6 m; Cos  $\varphi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$P = 1500 \cdot 1.25 = 1875 \text{ W}; (\text{Coeficiente de simultaneidad: } 1)$$

$$I = \frac{1875}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8 \cdot 1} = 3.38 \text{ A}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 4x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE. Desig. UNE: RV-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 26.5 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.81

$e(\text{parcial})=6 \times 1875 / 51.36 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 0.22 \text{ V.} = 0.05 \%$

$e(\text{total})=0.95\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA.

#### **2.4.9. Cálculo de las necesidades de iluminación**

Para el cálculo de la iluminación se ha consultado una tabla que regula la intensidad lumínica necesaria para según qué actividades (figura 1), y posteriormente, conocida la fuente de luz, fluorescente, en el presente caso, se obtiene la potencia asociada a dicha intensidad lumínica.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Figura 1: Iluminancias recomendadas según la actividad y el tipo de local.

En Béjar, a 04 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# ANEXO 4: INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

---



## **Índice**

1. Definición del establecimiento industrial en relación al cálculo de la instalación contra incendios.....	4
2. Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios.....	6
3. Requisitos constructivos de los establecimientos según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco (Anexo II).....	12
3.1. Fachada, condiciones de entorno y de aproximación.....	12
3.2. Ubicaciones no permitidas de sectores de incendio con actividad industrial.....	13
3.3. Sectorización.....	13
3.4. Materiales.....	13
3.4.1. Productos de revestimientos.....	14
3.4.2. Productos incluidos en paredes y cerramientos.....	14
3.4.3. Otros productos.....	15
3.5. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes.....	15
3.6. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento.....	16
3.7. Evacuación de los establecimientos industriales.....	17
3.7.1. Ocupación.....	17
3.7.2. Elementos de evacuación.....	17
3.8. Número y disposición de las salidas.....	18
3.9. Características de las puertas, pasillos y rampas.....	18
3.10. Señalización e iluminación.....	18
3.10.1. Dotación.....	18
3.10.2. Posición y características de las luminarias.....	19
3.10.3. Características de la instalación.....	19
3.10.4. Iluminación de las señales de seguridad.....	20
3.11. Ventilación y eliminación de humos y gases en los edificios industriales.....	21
3.12. Almacenamientos.....	21

3.13. Instalaciones técnicas de servicios de los establecimientos industriales.....	22
4. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales.....	23
4.1.Sistemas automáticos de detección de incendio .....	23
4.2. Sistemas manuales de alarma de incendio.....	23
4.3. Sistemas de comunicación de alarma .....	24
4.4. Sistemas de hidrantes exteriores.....	24
4.5. Extintores de incendio .....	24
4.6. Sistemas de bocas de incendio equipadas.....	25
4.7. Sistemas de columna seca.....	25
4.8. Sistemas de rociadores automáticos de agua.....	26
4.9. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.....	26
4.10. Sistemas de alumbrado de emergencia.....	26
4.11. Señalización.....	27

## **1. Definición del establecimiento industrial en relación al cálculo de la instalación contra incendios**

Se trata de un edificio industrial destinado a despiece y preparación de productos cárnicos, incluyendo productos frescos, embutidos y curados, se compone de una única nave. Se diferencian, además del almacenamiento, tanto de materias primas, como de productos preparados, las siguientes actividades:

- ▶ Recepción y expedición de productos alimenticios.
- ▶ Preparación y embalaje de productos alimenticios.
- ▶ Oficina comercial.
- ▶ Centro de transformación
- ▶ Vestuarios

Por otro lado, se distinguen los siguientes productos diferenciados al almacenar.

- ▶ Almacenamiento de varios, donde se incluyen cajas, transpaletas y demás útiles para la manipulación y transporte de las materias primas.
- ▶ Almacenamiento especias y tripas.
- ▶ Almacén de paquetería, útiles de trabajo y productos de limpieza.

El edificio, cuya altura útil es de 4 metros, consta de las siguientes dependencias:

- ▶ Muelle de carga, donde se procede a la recepción, expedición y pesado de la mercancía, con una superficie de 117.85 m<sup>2</sup>.
- ▶ Sala de despiece, donde se procede a la preparación de los diferentes productos cárnicos, con una superficie de 75.04 m<sup>2</sup>.
- ▶ Almacén de paquetería, útiles de trabajo y productos de limpieza, con una superficie total de 19.29 m<sup>2</sup>.
- ▶ Almacén de varios, donde se almacenarán palés, cajas y demás, dividido en dos partes, con superficies de 82.70 m<sup>2</sup> y de 78.49 m<sup>2</sup>.
- ▶ Obrador, donde se preparan los embutidos, con una superficie de 78.20 m<sup>2</sup>.

- ▶ Almacén de especias, con una superficie de 4.125 m<sup>2</sup>.
- ▶ Sala de tripas, superficie de 4.125 m<sup>2</sup>.
- ▶ Bodega, con una superficie de 142.74 m<sup>2</sup>.
- ▶ Cámaras, con una superficie total de 186.28 m<sup>2</sup>.
- ▶ Oficina, con una superficie de 13,75 m<sup>2</sup>.
- ▶ Vestuarios y aseos, con una superficie de 41.52 m<sup>2</sup>.
- ▶ Centro de transformación, con una superficie de 23 m<sup>2</sup>

La superficie total del edificio industrial es de 1030 m<sup>2</sup> aproximadamente, teniendo en cuenta pasillos.

El artículo 3 del RD 2267/2004 indica que cuando en un mismo edificio coexistan una determinada actividad industrial con otras de diferentes usos, se debe aplicar una normativa específica. En el presente caso, se dispone de una zona de oficinas, que no supera los 250 m<sup>2</sup> (13,75 m<sup>2</sup>), por tanto, para toda la nave la normativa de aplicación será el RD 2267/2004.

## **2. Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios**

### **1.- Los establecimientos industriales se caracterizan por:**

- Su configuración y ubicación con relación a su entorno.
- Su nivel de riesgo intrínseco

### **2.- Características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación.**

El edificio del presente proyecto va a ser clasificado de la siguiente manera: **TIPO C:** El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. En el caso que se describe, el edificio está situado en una parcela con un retranqueo lateral y posterior de, al menos, 3 metros y un retranqueo frontal de 10, luego se establece el tipo C.

### **3.- Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.**

La industria ha sido descrita como tipo C, por tanto se va a considerar un único sector de incendios y se va a evaluar el riesgo de dicho sector para comprobar si cumple con las limitaciones de la normativa.

El nivel de riesgo intrínseco de la industria se obtiene en la tabla 1.3 del Anexo I de este RD, a partir de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida, que se obtiene a partir de la fórmula siguiente:

- Para actividades de producción, transformación reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2\text{) o (Mcal / m}^2\text{)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- Qs: Densidad de carga del fuego, ponderada y corregida del sector o área de incendio.
- qsi: Densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendios (el valor se obtiene en la tabla 1.2 del Anexo I).
- Si: Superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, qsi diferente.
- Ci: Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles que existen en el sector de incendio (se obtiene en la tabla 1.1).
- A: Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio.

-Ra: Coeficiente que corrige el grado de peligrosidad (se obtiene en la tala 1.2).

Se realizarán las siguientes actividades en el edificio industrial:

- Centro de transformación. El edificio dispondrá de un centro de transformación donde también se situará el cuadro eléctrico.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				
Parametros		ACTIVIDAD	VALORES	UNIDADES
Qsi	Poder colorifico	Transformadores	300	MJ/m <sup>2</sup>
Si	Superficie que ocupa		23	m <sup>2</sup>
Ci	Coef. de grado de peligrosidad		1,3	ADIM.
Ra	Coef. De actividad industrial		1,5	ADIM.
A	Área total del sector		1030	m <sup>2</sup>
$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2\text{) o (Mcal / m}^2\text{)}$		Qs=	13,06	

- Muelle de carga. Espacio utilizado para la recepción de canales y expedición de los productos preparados.

MUELLE DE CARGA				
Parametros		ACTIVIDAD	VALORES	UNIDADES
Qsi	Poder colorifico	Alimentación, expedición	1000	MJ/m <sup>2</sup>
Si	Superficie que ocupa		117,85	m <sup>2</sup>
Ci	Coef. de grado de peligrosidad		1	ADIM.
Ra	Coef. De actividad industrial		2	ADIM.
A	Área total del sector		1030	m <sup>2</sup>
$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$		<b>qs=</b>	<b>228,83</b>	

- Obrador y sala de despiece. En estas dependencias se realizará el principal proceso industrial, despiece y preparación de la materia prima para la obtención de diferentes productos en función del proceso productivo a realizar. Para la obtención de la carga de fuego, se emplea la actividad "embalaje de productos alimentarios" en favor de la actividad "productos de carnicería" porque lleva un poder calorífico mayor.

OBRADOR Y SALA DE DESPIECE				
Parametros		ACTIVIDAD	VALORES	UNIDADES
Qsi	Poder colorifico	Embalaje de productos alimenticios	800	MJ/m <sup>2</sup>
Si	Superficie que ocupa		296	m <sup>2</sup>
Ci	Coef. de grado de peligrosidad		1	ADIM.
Ra	Coef. De actividad industrial		1,5	ADIM.
A	Área total del sector		1030	m <sup>2</sup>
$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$		<b>qs=</b>	<b>344,85</b>	

- Zona de oficinas. Se elige la actividad "oficina comercial"

OFICINA				
Parametros		ACTIVIDAD	VALORES	UNIDADES
Qsi	Poder colorifico	Oficina comercial	800	MJ/m <sup>2</sup>
Si	Superficie que ocupa		13,75	m <sup>2</sup>
Ci	Coef. de grado de peligrosidad		1,3	ADIM.
Ra	Coef. De actividad industrial		1,5	ADIM.
A	Área total del sector		1030	m <sup>2</sup>
$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$		<b>qs=</b>	<b>20,83</b>	

- Zona de vestuarios.

ZONA DE VESTUARIOS				
Parametros		ACTIVIDAD	VALORES	UNIDADES
Qsi	Poder colorifico	Prendas de vestir	500	MJ/m <sup>2</sup>
Si	Superficie que ocupa		41,52	m <sup>2</sup>
Ci	Coef. de grado de peligrosidad		1	ADIM.
Ra	Coef. De actividad industrial		1,5	ADIM.
A	Área total del sector		1030	m <sup>2</sup>
$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i R_a}{A} (MJ / m^2) \text{ o } (Mcal / m^2)$			Qs=	<b>30,23</b>

- Cámaras frigoríficas. Ya que a lo largo de la actividad industrial existe constante trabajo en estas dependencias, se decide considerarlas como actividad y no como almacenamiento.

CÁMARAS FRIGORÍFICAS				
Parametros		ACTIVIDAD	VALORES	UNIDADES
Qsi	Poder colorifico	Edificios frigoríficos	2000	MJ/m <sup>2</sup>
Si	Superficie que ocupa		186,28	m <sup>2</sup>
Ci	Coef. de grado de peligrosidad		1	ADIM.
Ra	Coef. De actividad industrial		2	ADIM.
A	Área total del sector		1030	m <sup>2</sup>
$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i R_a}{A} (MJ / m^2) \text{ o } (Mcal / m^2)$			Qs=	<b>723,42</b>

Siendo la carga total para las actividades diferentes al almacenamiento igual a  $Q_s = 1361.22 \text{ MJ/m}^2$ .

► Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a (MJ / m^2 \text{ o } Mcal / m^2) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- $q_{vi}$ : Carga de fuego, aportada por cada m<sup>3</sup> de cada zona con diferente tipo de almacenamiento existente en el sector de incendio.
- $h_i$ : Altura de almacenamiento.
- $s_i$ : Superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento existente en el sector de incendio.



Para el almacenamiento se establece que la altura máxima de almacenaje es de 2,5 metros y que se ocupará un 70 % del área total de almacenaje en el caso más desfavorable.

- Almacén de paquetería, útiles de trabajo y productos de limpieza. Se van a almacenar todos los productos y materiales necesarios para el embalaje de los productos que se preparen, los útiles y productos necesarios para la limpieza de las herramientas de manipulación de carne y se almacenarán también todos los productos de limpieza empleados.

<b>ALMACÉN DE PAQUETERÍA, ÚTILES DE TRABAJO Y PRODUCTOS DE LIMPIEZA</b>				
Parametros		ACTIVIDAD	VALORES	UNIDADES
<b>qv</b>	Poder colorifico	Productos de lavado	200	MJ/m <sup>2</sup>
<b>Si</b>	Superficie que ocupa		8,75	m <sup>2</sup>
<b>Ci</b>	Coef. de grado de peligrosidad		1	ADIM.
<b>hi</b>	Altura de almacenamiento		2,5	m
<b>Ra</b>	Coef. De actividad industrial		1	ADIM.
<b>A</b>	Área total de almacenamiento		12,5	m <sup>2</sup>
$Q_s = \frac{\sum q_w C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2 \text{ o Mcal / m}^2\text{)}$			<b>qv=</b>	<b>350</b>

- Almacén de varios. Se almacenarán todos los elementos o herramientas empleados para el transporte y manipulación empleados a diario en la actividad industrial, tales como cajas, bandejas, transpaletas y demás elementos.

<b>ALMACÉN DE VARIOS</b>				
Parametros		ACTIVIDAD	VALORES	UNIDADES
<b>qv</b>	Poder colorifico	Aparatos eléctricos	400	MJ/m <sup>2</sup>
<b>Si</b>	Superficie que ocupa		53,375	m <sup>2</sup>
<b>Ci</b>	Coef. de grado de peligrosidad		1	ADIM.
<b>hi</b>	Altura de almacenamiento		2,5	m
<b>Ra</b>	Coef. De actividad industrial		1	ADIM.
<b>A</b>	Área total de almacenamiento		76,25	m <sup>2</sup>
$Q_s = \frac{\sum q_w C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2 \text{ o Mcal / m}^2\text{)}$			<b>qv=</b>	<b>700</b>

- Almacén de especias y sala de tripas. Se juntan ya que almacenan productos de índole parecida y están situados uno al lado del otro. Se almacenan materias primas para la elaboración de embutido.

ALMACÉN DE ESPECIAS Y SALA DE TRIPAS				
Parametros		ACTIVIDAD	VALORES	UNIDADES
<b>qv</b>	Poder colorifico	Especias	200	MJ/m <sup>2</sup>
<b>Si</b>	Superficie que ocupa		2,975	m <sup>2</sup>
<b>Ci</b>	Coef. de grado de peligrosidad		1	ADIM.
<b>hi</b>	Altura de almacenamiento		2,5	m
<b>Ra</b>	Coef. De actividad industrial		1,5	ADIM.
<b>A</b>	Área total de almacenamiento		4,25	m <sup>2</sup>
$Q_s = \frac{\sum q_w C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2 \text{ o Mcal / m}^2 \text{)}$		<b>QV=</b>	<b>525</b>	

Siendo la carga total para las actividades de almacenamiento :

$$Q_s = 1575 \text{ MJ/m}^2.$$

Se realiza el sumatorio de la densidad de carga de fuego:

$$Q = 2936.22 \text{ MJ/m}^2$$

Con dicho valor, en la tabla 1.3 obtenemos el nivel de riesgo intrínseco, que para nuestro caso es de MEDIO 5.

### **3. Requisitos constructivos de los establecimientos según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco (Anexo II)**

#### **3.1. Fachada, condiciones de entorno y de aproximación**

Tanto el planteamiento urbanístico como el diseño y construcción del edificio deben posibilitar y facilitar la intervención de los servicios de extinción de incendios.

Los huecos de la fachada deberán cumplir las condiciones siguientes:

- ▶ Facilitar el acceso a cada una de las plantas del edificio, de forma que la altura del alféizar respecto del nivel de la planta a la que accede no sea mayor que 1,20 m.
- ▶ Sus dimensiones horizontal y vertical deben ser al menos 0,80 m y 1,20 m, respectivamente. La distancia máxima entre los ejes verticales de dos huecos consecutivos no debe exceder de 25 m, medida sobre la fachada.
- ▶ No se deben instalar en fachada elementos que impidan o dificulten la accesibilidad al interior del edificio a través de dichos huecos, a excepción de los elementos de seguridad situados en los huecos de las plantas cuya altura de evacuación no exceda de nueve m.

Los viales de aproximación hasta las fachadas accesibles de los establecimientos industriales, así como los espacios de maniobra a los que se refiere el apartado anterior, deben cumplir las condiciones siguientes:

- 1.ª Anchura mínima libre: cinco m.
- 2.ª Altura mínima libre o gálibo: 4,50 m.
- 3.ª Capacidad portante del vial: 2000 kp/m<sup>2</sup>.

En los tramos curvos, el carril de rodadura debe quedar delimitado por la traza de una corona circular cuyos radios mínimos deben ser 5,30 m y 12,50 m, con una anchura libre para circulación de 7,20 m.

### **3.2. Ubicaciones no permitidas de sectores de incendio con actividad industrial**

Al tratarse de un edificio industrial catalogado TIPO C y de riesgo intrínseco medio no existen limitaciones en cuanto a la ubicación del edificio industrial.

### **3.3. Sectorización**

Todo establecimiento industrial constituirá, al menos, un sector de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo A, tipo B o tipo C, o constituirá un área de incendio cuando adopte las configuraciones de tipo D o tipo E, según el anexo I. La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio será la que se indica en la tabla 2.1 del anexo II del DB.

El presente edificio constituye un único sector de incendios, con una superficie construida de 1075 m<sup>2</sup>.

Según dicha tabla, la máxima superficie admisible de cada sector de incendios para un nivel de riesgo intrínseco MEDIO 5 en una edificación tipo C es de 3500 m<sup>2</sup>. La industria tratada es de 1075 m<sup>2</sup> luego cumple, es decir, puede realizarse la edificación como un único sector de incendios.

### **3.4. Materiales**

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado “CE”.

Las condiciones de reacción al fuego aplicable a los elementos constructivos se justificarán:

- a) Mediante la clase que figura en cada caso, en primer lugar, conforme a la nueva clasificación europea.
- b) Mediante la clase que figura en segundo lugar entre paréntesis, conforme a la clasificación que establece la norma UNE-23727.

Los productos de construcción cuya clasificación conforme a la norma UNE 23727:1990 sea válida para estas aplicaciones podrán seguir siendo utilizados después

de que finalice su período de coexistencia, hasta que se establezca una nueva regulación de la reacción al fuego para dichas aplicaciones basada en sus escenarios de riesgo específicos. Para poder acogerse a esta posibilidad, los productos deberán acreditar su clase de reacción al fuego conforme a la normativa 23727:1990 mediante un sistema de evaluación de la conformidad equivalente al correspondiente al del mercado “CE” que les sea aplicable.

### 3.4.1. Productos de revestimientos

Los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial deben ser:

- ▶ En suelos: C<sub>FL-S1</sub> (M2) o más favorable.
- ▶ En paredes y techos: C-s3 d0(M2), o más favorable.
- ▶ Los lucernarios que no sean continuos o instalaciones para eliminación de humo que se instalen en las cubiertas serán al menos de clase D-s2d0 (M3) o más favorable.
- ▶ Los materiales de los lucernarios continuos en cubierta serán B-s1d0 (M1) o más favorable.
- ▶ Los materiales de revestimiento exterior de fachadas serán C-s3d0 (M2) o más favorables.

### 3.4.2. Productos incluidos en paredes y cerramientos

Cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, según el apartado 3.1, la capa y su revestimiento, en su conjunto, serán, como mínimo, EI 30 (RF-30).

Este requisito no será exigible cuando se trate de productos utilizados en sectores industriales clasificados según el

anexo I como de riesgo intrínseco bajo, ubicados en edificios de tipo B o de tipo C para los que será suficiente la clasificación Ds3 d0 (M3) o más favorable, para los elementos constitutivos de los productos utilizados para paredes o cerramientos.

### **3.4.3. Otros productos**

Productos utilizados como aislamiento acústico o térmico (en falsos techos o suelos elevados), o utilizados como revestimiento en conductos de calefacción o de aire acondicionado deben ser de la clase C-s3 d0 (M1).

Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos, serán de clase A 1 (M0)

La justificación de que un producto de construcción alcanza la clase de reacción al fuego exigida se acreditará mediante ensayo de tipo o certificado de conformidad a normas UNE, emitidos por un organismo de control que cumpla los requisitos establecidos en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

Conforme los distintos productos deban contener con carácter obligatorio el marcado “CE”, los métodos de ensayo aplicables en cada caso serán los definidos en las normas UNE –EN y UNE-EN ISO. La clasificación será conforme con la norma UNE-EN 13501-1.

### **3.5. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes**

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante se definen por tiempo en minutos, durante el que dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica (o capacidad portante).

La estabilidad al fuego es exigible a los elementos constructivos portantes en los sectores de incendio de un establecimiento industrial, en el caso actual, se aplica a la estructura metálica. El valor de tiempo se obtiene en la tabla 2.2 del anexo 2 del RD.

Para un edificio tipo C, con riesgo intrínseco medio, situados en planta sobre rasante, la estabilidad al fuego de los elementos portantes es R60 (EF-60).

Para la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes en plantas sobre rasante, no previstas para ser utilizadas para la evacuación de los ocupantes, si se trata de una nave industrial en planta baja (entre otros casos) se podrá aplicar lo indicado en la tabla 2.3 de este anexo.

Por tanto, la estabilidad al fuego de la cubierta y sus soportes es R15 (EF-15).

La justificación de que un elemento constructivo portante alcanza el valor de resistencia al fuego exigido se acreditará mediante la marca de conformidad, con las normas UNE o con el certificado de conformidad, los cuales serán emitidos por un órgano de control que cumpla las exigencias del RD 2200/1995 del 28 de diciembre.

### **3.6. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento**

La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla 2.2, para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio.

Las puertas de paso entre dos sectores de incendio tendrán una resistencia al fuego, al menos, igual a la mitad de la exigida al elemento que separe ambos sectores de incendio, en el presente caso, aplicable a las puertas que comunican la nave con el exterior.

Todos los huecos, horizontales o verticales, que comuniquen un sector de incendio con un espacio exterior deben ser sellados de modo que mantengan una resistencia al fuego no menor de:

- a) La resistencia al fuego del sector de incendio, si se trata de compuertas de canalizaciones de aire, ventilación, calefacción, acondicionamiento del aire, sellados de orificios de mazos o bandejas de cables eléctricos.
- b) La mitad de la resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos no inflamables ni combustibles.
- c) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de sellados de orificios de paso de canalizaciones de líquidos inflamables o combustibles.
- d) La mitad de la resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de tapas de registro de patinillos de instalaciones.
- e) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de cierres practicables de galerías de servicios comunicadas con el sector de incendios.
- f) La resistencia al fuego del sector de incendio, cuando se trate de compuertas o pantallas de cierre automático de huecos verticales de manutención, descarga de tolvas o comunicación vertical de otro uso.

- g) Cuando las tuberías que atraviesan un sector de incendios estén hechas de un material combustible o fusible, el sistema de sellado debe asegurar que el espacio que deja la tubería al fundirse o arder queda sellado.

No será necesario el cumplimiento de estos requisitos si la comunicación a través del hueco es al espacio exterior del edificio, ni en caso de tuberías de agua a presión, siempre que el hueco de paso esté ajustado a ellas.

La justificación de que un elemento de cerramiento alcanza el valor de resistencia al fuego exigido se acreditará mediante la marca de conformidad con las normas UNE, o certificado de conformidad o ensayo de tipo con las normas y especificaciones indicadas en el anexo IV de este RD.

### **3.7. Evacuación de los establecimientos industriales**

#### **3.7.1. Ocupación**

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará su ocupación, P, deducida de la siguiente expresión:

$$P=1.10 \cdot p, \text{ cuando } p < 100$$

El número de trabajadores del edificio industrial será de 10 empleados, en los casos extremos se podrá llegar a 15 trabajadores, en ningún caso se superará dicha cifra.

Por tanto, la ocupación será:  $P=16.5$ , es decir,  $P=17$  personas.

#### **3.7.2. Elementos de evacuación**

Los elementos de la evacuación tales como: origen de evacuación, recorridos de evacuación, rampas, ascensores, escaleras mecánicas, rampas y pasillos móviles y salidas se definen en el CTE DB SI.

Los orígenes de evacuación se situarán en el punto más desfavorable de cada uno de los lugares de trabajo donde pueda existir presencia de algún trabajador en algún punto del proceso productivo.

La distancia máxima del recorrido de evacuación se establece en el siguiente apartado, en función del nivel de riesgo intrínseco y el número de salidas alternativas. El recorrido de evacuación se detalla en el plano correspondiente.



### **3.8. Número y disposición de las salidas**

Las distancias máximas de los recorridos de evacuación de los sectores de incendio de los establecimientos industriales no superarán el siguiente valor. Para un local con riesgo intrínseco medio y más de dos salidas alternativas, longitud máxima del recorrido de evacuación será de 50 metros.

### **3.9. Características de las puertas, pasillos y rampas**

Para el dimensionado de las puertas situadas en recorridos de evacuación, el RD indica que se debe acudir al DB SI, donde se indica que la anchura de las puertas se calcula en función de la ocupación, nunca siendo menor a 0.8 metros, al tener una pequeña ocupación en la nave, las puertas deberán tener una anchura mayor a 0.8 metros.

El caso de pasillos y rampas es similar al anterior y éstos deberán tener mínimamente un ancho de 1 metro.

Escaleras y demás accesorios no entran en este anexo debido a que el edificio se construye en una sola planta sobre rasante.

### **3.10. Señalización e iluminación**

Para la iluminación de emergencia se acude al CTE DB SUA, de seguridad en la utilización, concretamente a la sección 4 (SUA 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada) donde se indicarán las disposiciones mínimas para realizar el alumbrado de emergencia.

#### **3.10.1. Dotación**

En el apartado de "Alumbrado de emergencia" se incluyen una serie de casos o edificios que deberán ir dotados de alumbrado de emergencia, en el edificio industrial objeto se deberá utilizar la iluminación de emergencia en los siguientes casos:

- Todos los recorridos desde todo origen de evacuación hasta el espacio exterior seguro y hasta las zonas de refugio, incluidas las propias zonas de refugio, según definiciones en el Anejo A de DB SI;
- Los aseos generales de planta en edificios de uso público. En este caso se entiende que los aseos de los vestuarios tienen uso público.

- Los lugares donde se ubican los cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.
- Las señales de seguridad.
- Los itinerarios accesibles.

### **3.10.2. Posición y características de las luminarias**

Con el fin de proporcionar una iluminación adecuada las luminarias cumplirán las siguientes condiciones:

- a) Se situarán al menos a 2 m por encima del nivel del suelo;
- b) Se dispondrá una en cada puerta de salida y en posiciones en las que sea necesario destacar un peligro potencial o el emplazamiento de un equipo de seguridad. Como mínimo se dispondrán en los siguientes puntos:
  - a. en las puertas existentes en los recorridos de evacuación;
  - b. en las escaleras, de modo que cada tramo de escaleras reciba iluminación directa;
  - c. en cualquier otro cambio de nivel;
  - d. en los cambios de dirección y en las intersecciones de pasillos;

### **3.10.3. Características de la instalación**

1. La instalación será fija, estará provista de fuente propia de energía y debe entrar automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación en la instalación de alumbrado normal en las zonas cubiertas por el alumbrado de emergencia. Se considera como fallo de alimentación el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70% de su valor nominal.
2. El alumbrado de emergencia de las vías de evacuación debe alcanzar al menos el 50% del nivel de iluminación requerido al cabo de los 5 s y el 100% a los 60 s.
3. La instalación cumplirá las condiciones de servicio que se indican a continuación durante una hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar el fallo:
  - a. En las vías de evacuación cuya anchura no exceda de 2 m, la iluminancia horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m

pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.

- b. En los puntos en los que estén situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia horizontal será de 5 lux, como mínimo.
- c. A lo largo de la línea central de una vía de evacuación, la relación entre la iluminancia máxima y la mínima no debe ser mayor que 40:1.
- d. Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.
- e. Con el fin de identificar los colores de seguridad de las señales, el valor mínimo del índice de rendimiento cromático Ra de las lámparas será 40.

#### **3.10.4. Iluminación de las señales de seguridad**

La iluminación de las señales de evacuación indicativas de las salidas y de las señales indicativas de los medios manuales de protección contra incendios y de los de primeros auxilios, deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) La luminancia de cualquier área de color de seguridad de la señal debe ser al menos de 2 cd/m<sup>2</sup> en todas las direcciones de visión importantes;
- b) La relación de la luminancia máxima a la mínima dentro del color blanco o de seguridad no debe ser mayor de 10:1, debiéndose evitar variaciones importantes entre puntos adyacentes;
- c) La relación entre la luminancia L<sub>blanca</sub>, y la luminancia L<sub>color</sub> >10, no será menor que 5:1 ni mayor que 15:1.
- d) Las señales de seguridad deben estar iluminadas al menos al 50% de la iluminancia requerida, al cabo de 5 s, y al 100% al cabo de 60 s.

### **3.11. Ventilación y eliminación de humos y gases en los edificios industriales**

Dado que el edificio industrial es tipo C y tiene un nivel de riesgo intrínseco medio 5, no es necesario ningún sistema de evacuación de humos, tanto para la zona de producción como para la zona de almacenamiento.

El local podrá tener una ventilación natural debido a la existencia de ventanas, por tanto no será necesaria la instalación de sistemas de ventilación forzada.

### **3.12. Almacenamientos**

El sistema de almacenamiento empleado para cada uno de los diferentes almacenajes definidos en el proyecto:

- Almacén de varios: En dicho almacén, como se ha explicado previamente se almacenarán cajas y elementos de transporte y manipulación, por tanto, dichos elementos se almacenarán directamente y de forma manual en el suelo y no requerirán de ningún elemento como estanterías.
- Almacén de especias y sala de tripas: En la sala de tripas, el almacenamiento de las mismas se realiza en cubas y en el almacén de especias se dispondrán estanterías metálicas operadas manualmente.
- Almacén de paquetería, útiles de trabajo y productos de limpieza: En dicho almacén se dispondrán estanterías metálicas operadas de forma manual.

Como se puede ver, se trata de sistemas de almacenaje independientes, es decir que solamente soportan la mercancía almacenada y son elementos independientes de la estructura; y manuales, es decir, que son operados por trabajadores presentes en el almacén.

Una vez definido el tipo de almacenaje, se indica las características de los materiales de las estanterías:

- Los materiales de bastidores, largueros, paneles metálicos, cerchas, vigas, pisos metálicos y otros elementos que componen el sistema deben ser de acero de la clase A1 (M0)
- Los revestimientos pintados deben ser de la clase Bs3d0 (M1)
- Para la estructura principal de almacenaje se adoptarán los vaores siguientes:

- Para sistemas de almacenaje independiente y operado manualmente, edificio tipo C, con riesgo intrínseco medio y sin rociadores automáticos de agua será R15 (EF-15).

Los sistemas de almacenaje en estanterías metálicas operadas manualmente deben cumplir los siguientes requisitos:

- Las dimensiones de las estanterías no tendrán más limitación que la correspondiente al sistema de almacenaje diseñado.
- Los pasos longitudinales y los recorridos de evacuación deberán tener una anchura libre igual a 1 metro.
- Los pasos transversales entre estanterías deberán estar distanciados entre sí en longitudes máximas de 10 metros para almacenaje manual, las longitudes pueden duplicarse en caso de que la ocupación sea inferior a 20 personas.

### **3.13. Instalaciones técnicas de servicios de los establecimientos industriales**

Se incluyen las instalaciones de servicios eléctricos como toma y consumo de energía eléctrica; instalaciones frigoríficas e instalaciones de movimiento de materiales, manutención y elevadores.

En los establecimientos industriales existentes, estas instalaciones pueden continuar según la normativa aplicable en el momento de su implantación, mientras queden amparadas por ella.

En caso de que los cables eléctricos que alimenten a equipos que deban permanecer en funcionamiento durante un incendio, deberán estar protegidos para mantener la corriente eléctrica durante el tiempo exigible a la estructura de la nave en que se encuentre (R60 en este caso).

## **4. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales**

En este apartado, se realizará una relación de las instalaciones que serán de obligatoria aplicación al proyecto según los criterios del RD y posteriormente se indicarán las características exigibles de cada uno de ellos. Como se ha indicado previamente se trata de un edificio industrial tipo C con riesgo intrínseco medio 5.

### **4.1. Sistemas automáticos de detección de incendio**

- Para actividades de producción, exigible para edificios tipo C, con riesgo intrínseco medio, cuya superficie construida sea igual o mayor a 3000 m<sup>2</sup>, por tanto, no será necesario.
- Para actividades de almacenamiento, exigible para edificios tipo C, con riesgo intrínseco medio, cuya superficie construida sea igual o mayor a 1500 m<sup>2</sup>, por tanto, no será necesario.

\*No será necesaria la instalación de sistemas automáticos de detección de incendio.

### **4.2. Sistemas manuales de alarma de incendio**

- Para actividades de producción, exigible para superficies iguales o mayores a 1000 m<sup>2</sup>, o en caso de que no se dispongan sistemas automáticos de detección de incendios.
- Para actividades de almacenamiento, exigible para superficies iguales o superiores a 800 m<sup>2</sup> o en caso de que no se dispongan sistemas de detección automática de incendios.
- Cuando se requiera la instalación de un sistema manual de alarma de incendio, se situará en todo caso, un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m.

\*Será necesaria la instalación de sistemas manuales de alarma de incendio en zonas de producción y no será necesaria su instalación en zonas de almacenamiento, no obstante, se considera necesario dicho sistema en el almacén de paquetería, productos de limpieza y útiles limpios ya que se encuentra aislado del resto de la nave para alertar en caso de que exista un foco en ese sitio.

### 4.3. Sistemas de comunicación de alarma

- Se instalarán sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales, si la suma de la superficie construida de todos los sectores del establecimiento industrial es de 10000 m<sup>2</sup> o superior.

\*No será necesario la instalación de sistemas de comunicación de alarma.

### 4.4. Sistemas de hidrantes exteriores

- Cuando concurren las circunstancias que se reflejan en la tabla 3.1 del anexo III, para un edificio tipo C con riesgo intrínseco medio con una superficie de 3500 m<sup>2</sup> o superior

\*Por tanto, al tratarse de un edificio de 1030 m<sup>2</sup>, no es necesaria la instalación de hidrantes exteriores.

### 4.5. Extintores de incendio

- La dotación de extintores se calcula utilizando la tabla 3.1, en función del riesgo intrínseco del sector de incendio.
- No se permite el uso de agentes extintores conductores de la electricidad sobre fuegos que se desarrollan en presencia de aparatos, cuadros, conductores y otros elementos bajo tensión superior a 24 V. La protección de estas zonas se realizará con extintores de dióxido de carbono, o polvo seco BC o ABC, cuya carga se determinará según el tamaño del objeto protegido con un valor mínimo de cinco kilos de dióxido de carbono y seis kilos de polvo seco BC o ABC.
- El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15 m.

\*Se dispondrán extintores con una eficacia mínima 21A, cada uno deberá proteger un área máxima de 400 m<sup>2</sup>, con un extintor más por cada 200 m<sup>2</sup>, o fracción, en exceso). Se dispondrán de modo que no haya más de 15 metros entre cualquier punto del edificio y un extintor. En la siguiente tabla se indica la situación de los extintores de incendio.

Localización	Tipo
Pasillo norte	21A/113B
Salida bodega	21A/113B
Obrador	21A/113B
Muelle de carga	21A/113B
Centro de transformación	21A/113B
Cuadro eléctrico	21A/113B
Pasillo almacén de paquetería	21A/113B

Tabla 1: Localización de los extintores.

#### 4.6. Sistemas de bocas de incendio equipadas

- Se instalarán sistemas de bocas de incendio equipadas en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales, si están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1000 m<sup>2</sup> o superior.
- Tipo de BIE y necesidades de agua:
  - Para un nivel de riesgo intrínseco medio se necesita una BIE de Diámetro Nominal de 45 mm con simultaneidad de 2 BIEs y con 60 minutos de autonomía.
- Se debe comprobar que la presión en la boquilla no sea inferior a dos bares ni superior a cinco, en cuyo caso se deben disponer dispositivos reductores de presión.

\*Se dispondrán BIEs de 45 mm de Diámetro Nominal y 60 minutos de autonomía, con capacidad de abastecimiento de dos simultáneamente.

Localización	Tipo
Pasillo norte	DN 45 mm
Muelle de carga	DN 45 mm

Tabla 2: Localización de las bocas de incendio equipadas.

#### 4.7. Sistemas de columna seca

- Se instalarán sistemas de columna seca en los establecimientos industriales si son de riesgo intrínseco medio o alto y su altura de evacuación es de 15 m o superior.

\*No será necesaria dicha instalación ya que la nave no alcanza dicha altura.



#### **4.8. Sistemas de rociadores automáticos de agua**

- Actividades de producción, exigible para edificios tipo C, con riesgo intrínseco medio y una superficie igual o superior a 3500 m<sup>2</sup>.
- Actividades de almacenamiento, exigible para edificios tipo C, con riesgo intrínseco medio y superficie igual o superior a 2000 m<sup>2</sup>.

\*No será necesaria la instalación de sistemas de rociadores automáticos de agua.

#### **4.9. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios**

- Se instalará dicho sistema cuando sea necesario para dar servicio, en las condiciones de caudal, presión y reserva calculados, a uno o varios sistemas de lucha contra incendios tales como:
  - Red de bocas de incendio equipadas (BIE).
  - Red de hidrantes exteriores.
  - Rociadores automáticos.
  - Agua pulverizada.
  - Espuma

\*Se necesitará dar servicio a la red de bocas de incendio equipadas (BIE).

#### **4.10. Sistemas de alumbrado de emergencia**

- Contarán con un sistema de alumbrado de emergencia las vías de evacuación de los sectores industriales:
  - Cuando estén situados sobre rasante, la ocupación sea superior a 10 personas y el nivel de riesgo intrínseco sea medio o alto.
  - Cuando estén situados en planta bajo rasante.
  - En todos los casos si la ocupación es mayor que 25 personas.

\*Dado que se trata de un edificio industrial con nivel de riesgo intrínseco medio y la ocupación es superior a 10 personas, será necesario el alumbrado de emergencia en las vías de evacuación, cuyas características vienen definidas previamente en el apartado "Señalización e iluminación".

- Contarán con un sistema de alumbrado de emergencia:
  - Los locales o espacios donde estén instalados cuadros, centros de control o mandos de las instalaciones técnicas.

- Los locales o espacios donde estén instalados los equipos centrales de control de los sistemas de protección contra incendios.

\*Se dispondrá en la sala de transformación alumbrado de emergencia.

- La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las condiciones indicadas en el apartado "Señalización e iluminación".

#### **4.11. Señalización**

Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

En Béjar, a 04 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# ANEXO 5: INSTALACIÓN DE FRÍO

---

**Índice**

1. Antecedentes.....	3
2. Cálculo de las cámaras frigoríficas.....	3
2.1. Cálculo del aislamiento .....	4
2.2. Cálculo de la carga térmica .....	8
2.2.1. Exposición del método .....	8
2.2.2. Cámara de canales .....	13
2.2.3. Cámara de productos preparados.....	14
2.2.4. Cámara de masas .....	16
2.2.5. Cámara de secado de embutidos.....	17
2.2.6. Cámara de salazón .....	19
2.2.7. Cámara de postsalado .....	20
2.2.8. Cámara de secado artificial de jamones .....	22
2.2.9. Cámara de productos congelados .....	23
2.2.10. Resumen de necesidades de potencia frigorífica.....	25
2.3. Selección del equipo a instalar .....	25
3. Climatización de dependencias .....	28

## **1. Antecedentes**

El objeto del presente anexo será detallar el diseño de la instalación adecuada para abastecer las cámaras frigoríficas y la climatización de las zonas de trabajo, según prescripciones del RD 147/1993 de 29 de enero, por el que se establece las condiciones sanitarias de producción y comercialización de carnes frescas.

Las necesidades de frío del complejo cárnico se justifican a fin de evitar modificaciones físico-químicas y/o microbiológicas no deseadas que pudieran alterar desfavorablemente la constitución de la carne. El mantenimiento en un estado frigorífico actúa pues, alargando el periodo de conservación en condiciones sanitarias adecuadas.

La instalación frigorífica y de climatización incluida en el presente proyecto está formada por instalación de climatización en la sala de despiece y en el obrador, donde la temperatura deberá ser como máximo de 12 °C, y la instalación frigorífica para las cámaras tanto de almacenamiento como de congelación.

## **2. Cálculo de las cámaras frigoríficas**

En este apartado se procederá al cálculo de las cámaras frigoríficas en función de su aislamiento y de su carga térmica. La nave contiene las siguientes cámaras:

Cámara	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cámara de canales (1)	28,87	3,50	101,05
Cámara de productos preparados (2)	28,61	3,50	100,14
Cámara de masas(3)	7,50	3,50	26,25
Cámara secado embutidos (4)	24,45	4,00	97,80
Cámara de salazón (5)	16,95	3,50	59,33
Cámara de postsalado (6)	33,90	3,50	118,65
Cámara de secado artificial (7)	30,00	4,00	120,00
Cámara de productos congelados (8)	16,00	3,50	56,00

Tabla 1: Relación de las cámaras a dimensionar.

Se realizará un dimensionamiento de la potencia necesaria para cada cámara así como el aislamiento que requerirá cada una de ellas en función de su objetivo de trabajo.

Se parte de la hipótesis de que en raras ocasiones alguna de las cámaras se encuentre vacía, y de que la entrada y salida de productos es continua y diaria. En los

almacenes de frescos se prevé que la entrada de producto nuevo que se puede introducir diariamente es el treinta por ciento del total de la capacidad de la cámara.

La distribución de las cámaras frigoríficas en la nave industrial se puede consultar en los planos adjuntos a este proyecto.

## 2.1. Cálculo del aislamiento

Cada cámara tiene unas temperaturas de funcionamiento distintas, por lo tanto requerirá diferente nivel de aislamiento, se intentarán tomar valores similares en todas para la facilidad de ejecución.

Las temperaturas exteriores elegidas se toman como los valores más desfavorables, así como para las interiores se elige la menor temperatura que se le puede requerir a cada cámara. Es de vital importancia también, disponer de una adecuada protección contra la entrada de vapor de agua en el recinto, que produciría la formación de hielo o escarcha sobre nuestro producto almacenado. Esto se conoce como barrera de vapor.

Para calcular el espesor necesario primero se debe que definir un material de aislamiento, como puede ser un panel sándwich cuya transmitancia de calor es 0.020 W/mk, además se utiliza el flujo de calor ( $q$  [W/m<sup>2</sup>]), que adopta los siguientes valores:

- $q = 6 \frac{W}{m^2}$  para cámaras dedicadas a la congelación de productos.
- $q = 8 \frac{W}{m^2}$  para cámaras dedicadas a la conservación de productos.

De este modo se calcula el espesor y material necesario para cumplir con los valores de flujo de calor máximos recomendados. A partir del valor de K que se elija luego se calcularán las pérdidas a través de dichos cerramientos.

El fabricante facilita una serie de valores nominales (PANEL FRIGORIFICO HI-PIR F, con espuma de poliuretano), se elegirá un valor que se aproxime al obtenido para cada cámara. Para la cámara de congelación se elige 200 mm y para el resto de cámaras de conservación se elige un espesor de 100 mm, para simplificación de los cálculos. El panel tiene las siguientes características.

Espesor (mm)	200
Conductividad térmica (W/mk)	0.020

Barrera antivapor (mm)	0.5
Densidad nominal (kg/m <sup>3</sup> )	40
Clasificación ante el fuego	B s2 d0
Precio (€/m <sup>2</sup> )	99.60

Tabla 2: Características de los cerramientos.

En la tabla 2 se pueden ver los valores de espesor, transmitancia y pérdidas en los cerramientos de cada una de las cámaras a dimensionar. Las pérdidas se incluirán dentro de la parte de cargas térmicas en las cámaras.



Cámara	Área de cerramiento (m <sup>2</sup> )	Volumen(m <sup>3</sup> )	K (coeficiente global de transferencia de calor) (W/mK)	Te(°C)	Ti(°C)	Flujo de calor máximo recomendado (W/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	Espesor nominal (mm)	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> K)	Pérdidas (W)
Cámara de canales	132,88	101,05	0,02	35,00	0,00	8,00	87,50	100,00	0,20	930,16
Cámara de productos preparados	131,78	100,14	0,02	35,00	0,00	8,00	87,50	100,00	0,20	922,47
Cámara de masas	53,50	26,25	0,02	35,00	0,00	8,00	87,50	100,00	0,20	374,50
Cámara de secado de embutidos	128,00	97,80	0,02	35,00	10,00	8,00	62,50	100,00	0,20	640,00
Cámara de secado de jamones	148,00	120,00	0,02	35,00	10,00	8,00	62,50	100,00	0,20	740,00
Cámara de salazón	94,45	59,33	0,02	35,00	0,00	8,00	87,50	100,00	0,20	661,15
Cámara de postsalado	149,35	118,65	0,02	35,00	3,00	8,00	80,00	100,00	0,20	955,84
Cámara de productos congelados	88,00	56,00	0,02	35,00	-15,00	6,00	166,67	200,00	0,10	440,00

Tabla 3: Valores de pérdidas para las cámaras.

Cálculo de las pérdidas a través del cerramiento:

$$Q = A \cdot K(Te - Ti)$$

Donde:

Q: Tasa de transferencia de calor, en W.

A: Superficie del cerramiento.

K: Coeficiente global de transferencia de calor ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ ), (transmitancia).

Te, Ti: Temperaturas exterior e interior, en °C.

Cálculo del espesor del aislante: A partir del valor del flujo de calor máximo recomendado para cada actividad, como la congelación o el mantenimiento, se obtiene el espesor de un determinado aislante.

- Flujo de calor recomendado para congelación:  $q = 6 \frac{W}{m^2}$
- Flujo de calor recomendado para conservación:  $q = 8 \frac{W}{m^2}$

$$e = \frac{K \cdot (Te - Ti)}{q}$$

## 2.2. Cálculo de la carga térmica

### 2.2.1. Exposición del método

En este apartado se calculará la potencia necesaria para el funcionamiento de las cámaras, a partir de la ecuación 1:

$$Q=Q_{\text{producto}}+Q_{\text{otros}} \quad \text{Ecuación 1}$$

- $Q_{\text{producto}}$ : representa las partidas que están relacionadas con la eliminación del calor sensible, del calor latente de solidificación, de las reacciones químicas, del embalaje y del calor absorbido por la congelación del agua de los alimentos o de los productos que se desean refrigerar.
- $Q_{\text{otros}}$ : incluye entre otros los flujos de calor a través de los cerramientos de la cámara por transmisión de paredes, suelos y techos, la refrigeración del aire exterior que entra, la ventilación, las cargas térmicas debidas a los ventiladores, bombas, iluminación eléctrica, personas que manipulan los productos, etc.

El dimensionamiento de las cámaras se realizará para un régimen de funcionamiento de 16 horas diarias para las cámaras de conservación y de 18 horas para la cámara de conservación.

<i>Q<sub>producto</sub></i>	<i>Q<sub>otros</sub></i>
Conservación del producto.	Flujo a través de los cerramientos.
Refrigeración del alimento en las diferentes etapas (si hay congelación).	Entrada de aire del exterior.
Refrigeración del embalaje.	Calor producido por las personas.
	Calor producido por la iluminación.
	Calor producido por ventiladores y/o motores.

Tabla 4: Pérdidas en una cámara frigorífica.

Para el cálculo de la carga térmica se acude a una hoja de cálculo en la que se le han introducido las diferentes ecuaciones de cálculo de todas las pérdidas y mediante la cual se obtiene el valor de la carga térmica para cada cámara. Las ecuaciones empleadas son las siguientes:

- Flujo a través de los cerramientos (ya calculado en el apartado "cálculo del aislamiento"):  $Q = K \cdot S \cdot \Delta T [W]$
- Entrada de aire del exterior:  $Q = n \cdot V \cdot \Delta h$

Donde:

-n: Número de renovaciones de aire por día.

-V: Volumen de la cámara.

-Δh: Diferencias de entalpías entre el exterior y el interior, viene dado en la tabla 5.

**TABLA 5. Color del aire (en kJ/m³) para el aire exterior que penetra en la cámara fría.**

t <sub>i</sub> \ t <sub>e</sub>	+5 °C		+10 °C		+15 °C		+20 °C		+25 °C		+30 °C		+35 °C		+40 °C	
	70% H.R	80% H.R	70% H.R	80% H.R	70% H.R	80% H.R	50% H.R	60% H.R	50% H.R	60% H.R	50% H.R	60% H.R	50% H.R	60% H.R	50% H.R	60% H.R
15 °C	—	—	—	—	—	—	2,77	7,0	16,8	23,3	34,5	42,7	56,4	66,4	81,4	96,5
10 °C	—	—	—	—	105,5	13,8	16,6	20,9	30,9	37,5	48,8	57,2	70,1	81,3	96,5	112
5 °C	—	—	9,6	12,0	22,8	26,2	29,0	33,5	43,7	50,5	62,1	70,6	83,9	95,4	111	127
0 °C	9,1	10,9	20,8	23,3	34,4	37,9	40,8	45,4	55,9	62,9	74,9	83,7	97,4	109	125	141
-5 °C	19,2	20,9	31,0	33,5	44,6	48,2	51,2	55,8	66,4	73,5	85,5	94,4	108	120	136	153
-10 °C	28,7	30,5	40,8	43,4	54,8	58,4	61,4	66,1	77,0	84,2	96,6	106	120	132	148	165
-15 °C	37,8	39,7	50,2	52,8	64,5	68,2	71,3	76,1	87,2	94,6	107	116	131	143	160	177
-20 °C	46,1	48,0	58,8	61,5	73,4	77,1	80,4	85,3	96,6	104	117	127	141	154	171	189
-25 °C	55,1	57,1	68,0	70,8	82,9	86,8	90,1	95,1	107	114	127	137	152	165	183	201
-30 °C	64,2	66,2	77,5	80,1	92,6	96,5	99,8	105	117	125	138	148	163	177	195	215
-35 °C	73,3	75,3	86,7	89,6	102	106	110	115	127	135	149	159	174	188	207	225
-40 °C	83,3	85,4	97,1	100	113	117	121	126	138	147	161	171	187	201	220	231

Tabla 5: Tabla para la obtención de la diferencia de entalpías.

- Calor de los ventiladores y motores:  $Q = 0.2 \cdot \Sigma(N \cdot f) \cdot 3600$

Donde:

-N: Potencia de cada motor, en kW.

-f: Tiempo de funcionamiento, en horas.

- Calor por las personas:  $Q = \frac{q \cdot n \cdot t}{24}$

Donde:

-q<sub>0°</sub>=270 W

-q<sub>-20°</sub>=390W

-n: Número de personas.

-t: Tiempo de estancia.

También se obtiene directamente a través de la tabla 6:

Temperatura de la cámara (°C)	Potencia liberada por persona (W)
10	210
5	240
-5	270
-10	300
-15	360
-20	390
-25	420

Tabla 6: Potencia liberada por persona en función de la temperatura de la cámara.

- Calor por iluminación:  $Q = N \cdot \frac{t}{24} \cdot f$

Donde:

-N: Potencia de iluminación.

-t: Tiempo de iluminación.

-f: 1.25 si son fluorescentes.

En el caso particular se introduce directamente la potencia de la iluminación, se obtienen los lux necesarios para la actividad, 750 lux, para una actividad industrial con requerimientos visuales normales.

Para la conversión a Watios se procede mediante la siguiente fórmula:

$$P(W) = Ev(lx) \cdot \frac{A(m^2)}{\eta \left( \frac{lm}{W} \right)}$$

Donde:

-Ev: Iluminación.

-A: Área.

-  $\eta$ : Eficacia de iluminación, 60 para fluorescentes.

- Conservación del producto:  $Q = Cp \cdot m \cdot (Te - Tf)$

Donde:

-Cp: Calor específico por encima del punto de congelación, se realiza la media entre los valores que se muestran en la tabla 7.

-m: Masa

-Te, Tf, Temperatura de entrada y final, respectivamente.

- Refrigeración del producto en las diferentes etapas, distinguiéndose tres etapas:
  - Disminución de la temperatura hasta la T<sup>a</sup> congelación:  
 $Q1 = Cp \cdot m \cdot (Te - Tf)$
  - Frío invertido en la congelación:  $Q2 = L \cdot m$ , donde L es el calor latente de congelación, se obtiene también como valor medio de los valores de la tabla 7.
  - Disminución de la temperatura desde la T<sup>a</sup> congelación hasta la T<sup>a</sup> deseada:  $Q1 = Cp \cdot m \cdot (Te - Tf)$ , el valor de Cp en este caso será el de después de la congelación.

Alimentos	Temperatura de almacenamiento (°C)	Humedad relativa (%)	Duración de almacenamiento	Punto de congelación (°C)	Calor másico antes de la solidificación (kJ/kg K)	Calor másico después de la solidificación (kJ/kg K)	Calor de congelación kJ/kg	Calor de respiración kJ/kg/día	Observaciones
<i>Carne y productos cárnicos</i>									
Tecno- fresco	+ 1 / -4	85	2-6 sem.	-2	1,53	1,1	68		
• congel.	-18	90-95	4-6 meses						
Filete • fresco	0 / -1	88-92	1-6 sem.	-2	3,2	1,67	231		
• congel.	-18	90-95	9-12 meses						
Jamón • fresco	0 / + 1	85-90	7-12 días	-2	2,53	1,46	167		
• congel.	-18	90-95	6-8 meses						
Cordero • fresco	0 / + 1	85-90	5-12 días	-2	3,0	1,66	216		
• congel.	-18	90-95	8-10 meses						
Manteca de cerdo • fresca	+ 7	90-95	4-8 meses		2,09	1,42	210		
• congel.	-18	90-95	12-14 meses						
Hígado • congel.	-18	90-95	3-4 meses	-2					
Carne de cerdo • fresca	0 / + 1	85-90	3-7 días		2,13	1,3	128		
• congel.	-18	90-95	4-6 meses						
Avea frescas	0	85-90	1 sem.	-2,7	3,3	1,76	246		
• congel.	-18	90-95	8-12 meses						
Conejo fresco	0 / + 1	90-95	1-5 días	-2,7	3,1	1,67	228		
• congel.	-18	90-95	0-6 meses						
Salchicha • fresca	0 / + 1	85-90	3-12 días	-2	3,73	2,34	216		
• congel.	-18		2-6 meses						
Vaca • fresca	0 / + 1	90-95	5-10 días	-2	3,08	1,67	223		
• congel.	-18 + 1	90-95	8-10 meses						

Tabla 7: Valores para diferentes productos.

- Refrigeración del embalaje:  $Q = Ce \cdot me \cdot (Te - Tf)$ , los parámetros ya están definidos, en este caso se aplican al embalaje.
- Número de renovaciones del aire por las aberturas de puertas para las condiciones normales de explotación.: Se obtiene a partir del volumen de la cámara mediante la tabla 8.

Volumen de la cámara (m <sup>3</sup> )	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m <sup>3</sup> )	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m <sup>3</sup> )	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m <sup>3</sup> )	Renovación de aire diario n/d	
	-	+		-	+		+	-		-	+
2,5	52	70	20	16,5	22	100	6,8	9	600	2,5	3,2
3,0	47	63	25	14,5	19,5	150	5,4	7	800	2,1	2,8
4,0	40	53	30	13,0	17,5	200	4,6	6	1.000	1,9	2,4
5,0	35	47	40	11,5	15,0	250	4,1	5,3	1.500	1,5	1,95
7,5	28	38	50	10,0	13,0	300	3,7	4,8	2.000	1,3	1,65
10,0	24	32	60	9,0	12,0	400	3,1	4,1	2.500	1,1	1,45
15,0	19	26	80	7,7	10,0	500	2,8	3,6	3.000	1,05	1,30

Tabla 8: Número de renovaciones del aire.

Con todos los parámetros definidos, se procede al cálculo de la potencia térmica, tanto en W como en kfrig/h.

**2.2.2. Cámara de canales**

<b>CALCULO DE CARGA TÉRMICA EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS.</b>					
Asunto:		<b>CÁMARA DE CANALES</b>			
Fecha:		16/07/2015			
<b>Cámara</b>			<b>Aislamiento</b>		
LARGO	5,65	m	Coeficiente Transmisión k		0,20 W/m <sup>2</sup> °C
ANCHO	5,04	m			
ALTO	3,50	m			
VOLUMEN	99,7	m <sup>3</sup>	<b>Producto</b>		
SUPERFICIE	131,8	m <sup>2</sup>	C. esp antes de la cong		2,76 KJ/Kg°C
Temperatura exterior	35	°C	60%	C. esp después de la cong	1,62 KJ/Kg°C
Temperatura de la cámara	0	°C	Calor latente de congelac		192,7 KJ/Kg
Diferencia entalpías	109,0	KJ/m <sup>3</sup>	Calor de respiración		0,0 KJ/Kg día
Wattios en el interior de la cámara	356	W	Numero de renovaciones		9,0
Wattios motores del evaporador	3.300	W	Calor por persona:		270,0 W
			Nº de personas:		2
			Horas trabajo camara		3 horas
<b>Balance de otras fuentes:</b>					
Carga por transmisión de paredes	922,5	W	793,3	Kcal/h	
Carga por renovación	1.131,6	W	973,2	Kcal/h	
Carga de motores y alumbrado	485	W	416,7	Kcal/h	
Carga por personas	67,5	W	58,1	Kcal/h	
<b>Balance de producto:</b>					
Producto:movimiento diario	800	Kg./día			
Temperatura de entrada	20	°C			
Temperatura de congelación	0,0	°C			
Temperatura final	0	°C			
Carga térmica antes de	511,1	W	439,6	Kcal/h	
Carga térmica después de	0,0	W	0,0	Kcal/h	
					<b>16 horas</b>
<b>Total carga cámara día</b>					<b>2.606 W</b>
					<b>2241 Kfrig/h</b>



Carga térmica de congelación	<b>0</b>	W	0,0	Kcal/h	
Carga de respiración	<b>0</b>	W	0,0	Kcal/h	
Carga por embalaje	<b>51</b>	W	44,0	Kcal/h	
<b>Total de la carga:</b>					<b>T. carga térmica prod./día</b>
Total carga térmica día _____					<b>562 W</b>
Tiempo de operación de la cámara _____					<b>3.168 W</b>
Total carga hora _____					<b>16 horas</b>
					<b>4.752 W</b>
					<b>4.087 Kfrig/h</b>

Tabla 9: Potencia cámara de canales

2.2.3. Cámara de productos preparados

<b>CALCULO DE CARGA TÉRMICA EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS.</b>					
Asunto:		<b>CÁMARA DE PRODUCTOS PREPARADOS</b>			
Fecha:		16/07/2015			
<b>Cámara</b>			<b>Aislamiento</b>		
LARGO	<b>5,65</b>	m	Coeficiente Transmisión k	<b>0,20</b>	W/m <sup>2</sup> °C
ANCHO	<b>5,10</b>	m			
ALTO	<b>3,50</b>	m			
VOLUMEN	<b>100,9</b>	m <sup>3</sup>			
SUPERFICIE	<b>132,9</b>	m <sup>2</sup>			
Temperatura exterior	<b>35</b>	°C	60%		
Temperatura de la cámara	<b>0</b>	°C			
Diferencia entalpías	<b>109,0</b>	KJ/m <sup>3</sup>			
Watios en el interior de la cámara	<b>361</b>	W			
Watios motores del evaporador	<b>3.300</b>	W			
			<b>Producto</b>		
			C. esp antes de la cong	<b>2,76</b>	KJ/Kg°C
			C. esp después de la cong	<b>1,62</b>	KJ/Kg°C
			Calor latente de congelac	<b>192,7</b>	KJ/Kg
			Calor de respiración	<b>0,0</b>	KJ/Kg día
			Numero de renovaciones	<b>9,0</b>	
			Calor por persona:	<b>250,0</b>	W
			Nº de personas:	<b>2</b>	

				Horas trabajo camara	3 horas
<b>Balance de otras fuentes:</b>					
Carga por transmisión de paredes	930,2	W	799,9	Kcal/h	
Carga por renovación	1.145,1	W	984,8	Kcal/h	
Carga de motores y alumbrado	485	W	417,2	Kcal/h	<b>Total carga cámara día</b>
Carga por personas	62,5	W	53,8	Kcal/h	2.623 W
<b>Balance de producto:</b>					
Producto:movimiento diario	800	Kg./día			
Temperatura de entrada	20	°C			
Temperatura de congelación	0,0	°C			
Temperatura final	0	°C			
Carga térmica antes de	511,1	W	439,6	Kcal/h	
Carga térmica después de	0,0	W	0,0	Kcal/h	Tiempo de enfriamiento
Carga térmica de congelación	0	W	0,0	Kcal/h	16 horas
Carga de respiración	0	W	0,0	Kcal/h	
Carga por embalaje	51	W	44,0	Kcal/h	
<b>Total de la carga:</b>				<b>T. carga térmica prod./día</b>	562 W
Total carga térmica día _____					3.185 W
Tiempo de operación de la cámara _____					16 horas
Total carga hora _____					4.778 W
					4.109 Kfrig/h

Tabla 10: Potencia en cámara de productos preparados.

2.2.4. Cámara de masas

<b>CALCULO DE CARGA TÉRMICA EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS.</b>					
Asunto:		<b>CÁMARA DE MASAS</b>			
Fecha:		16/07/2015			
<b>Cámara</b>			<b>Aislamiento</b>		
LARGO	3,00	m	Coeficiente Transmisión k		0,20 W/m <sup>2</sup> °C
ANCHO	2,50	m			
ALTO	3,50	m			
VOLUMEN	26,3	m <sup>3</sup>	<b>Producto</b>		
SUPERFICIE	53,5	m <sup>2</sup>	C. esp antes de la cong		2,76 KJ/Kg°C
Temperatura exterior	35	°C	60%	C. esp después de la cong	1,62 KJ/Kg°C
Temperatura de la cámara	0	°C	Calor latente de congelac		192,7 KJ/Kg
Diferencia entalpías	109,0	KJ/m3	Calor de respiración		0,0 KJ/Kg día
Wattios en el interior de la cámara	94	W	Numero de renovaciones		19,5
Wattios motores del evaporador	3.300	W	Calor por persona:		270,0 W
			Nº de personas:		1
			Horas trabajo camara		3 horas
<b>Balance de otras fuentes:</b>					
Carga por transmisión de paredes	374,5	W	322,1	Kcal/h	
Carga por renovación	645,8	W	555,4	Kcal/h	
Carga de motores y alumbrado	452	W	388,5	Kcal/h	
Carga por personas	33,8	W	29,0	Kcal/h	
<b>Balance de producto:</b>					
Producto:movimiento diario	300	Kg./día			
Temperatura de entrada	20	°C			
Temperatura de congelación	0,0	°C			5
Temperatura final	0	°C			
Carga térmica antes de	191,7	W	164,8	Kcal/h	
Carga térmica después de	0,0	W	0,0	Kcal/h	16 horas
Carga térmica de congelación	0	W	0,0	Kcal/h	
Carga de respiración	0	W	0,0	Kcal/h	
<b>Total carga cámara día</b>					<b>1.506 W</b>
					<b>1295 Kfrig/h</b>

Carga por embalaje	<b>19</b> W	16,5 Kcal/h	
<b>Total de la carga:</b>	<b>T. carga térmica prod./día</b>		<b>211 W</b>
Total carga térmica día _____			<b>1.717 W</b>
Tiempo de operación de la cámara _____			<b>16</b> horas
Total carga hora _____			<b>2.575 W</b>
			<b>2.214 Kfrig/h</b>

Tabla 11: Potencia en cámara de masas.

### 2.2.5. Cámara de secado de embutidos

<b>CALCULO DE CARGA TÉRMICA EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS.</b>					
Asunto:		<b>CÁMARA DE SECADO DE EMBUTIDOS</b>			
Fecha:		17/07/2015			
<b>Cámara</b>			<b>Aislamiento</b>		
LARGO	<b>6,00</b>	m	Coeficiente Transmisión k	<b>0,20</b>	W/m <sup>2</sup> °C
ANCHO	<b>4,00</b>	m			
ALTO	<b>4,00</b>	m			
VOLUMEN	<b>96,0</b>	m <sup>3</sup>	<b>Producto</b>		
SUPERFICIE	<b>128,0</b>	m <sup>2</sup>	C. esp antes de la cong	<b>2,81</b>	KJ/Kg°C
Temperatura exterior	<b>35</b>	°C	60%	C. esp después de la cong	<b>1,64</b> KJ/Kg°C
Temperatura de la cámara	<b>10</b>	°C		Calor latente de congelac	<b>184,2</b> KJ/Kg
Diferencia entalpías	<b>81,3</b>	KJ/m <sup>3</sup>		Calor de respiración	<b>0,0</b> KJ/Kg dia
Wattos en el interior de la cámara	<b>300</b>	W		Numero de renovaciones	<b>9,0</b>
Wattos motores del evaporador	<b>3.300</b>	W		Calor por persona:	<b>210,0</b> W
				Nº de personas:	<b>2</b>

				Horas trabajo camara	3 horas
<b>Balance de otras fuentes:</b>					
Carga por transmisión de paredes	640,0	W	550,4	Kcal/h	
Carga por renovación	813,0	W	699,2	Kcal/h	
Carga de motores y alumbrado	478	W	410,7	Kcal/h	<b>Total carga cámara día</b>
Carga por personas	52,5	W	45,2	Kcal/h	1.983 W
					1705 Kfrig/h
<b>Balance de producto:</b>					
Producto:movimiento diario	800	Kg./día			
Temperatura de entrada	20	°C			
Temperatura de congelación	0,0	°C			
Temperatura final	10	°C			
Carga térmica antes de	520,4	W	447,5	Kcal/h	
Carga térmica después de	0,0	W	0,0	Kcal/h	Tiempo de enfriamiento
Carga térmica de congelación	0	W	0,0	Kcal/h	16 horas
Carga de respiración	0	W	0,0	Kcal/h	
Carga por embalaje	52	W	44,8	Kcal/h	
<b>Total de la carga:</b>				<b>T. carga térmica prod./día</b>	572 W
Total carga térmica día _____					2.555 W
Tiempo de operación de la cámara _____					16 horas
Total carga hora _____					3.833 W
					3.296 Kfrig/h
Observaciones:					

Tabla 12: Potencia en secadero artificial de embutidos.



Carga por embalaje	<b>52</b> W	44,8 Kcal/h		
<b>Total de la carga:</b>			<b>T. carga térmica prod./día</b>	<b>572 W</b>
Total carga térmica día _____				<b>2.436 W</b>
Tiempo de operación de la cámara _____				<b>16</b> horas
Total carga hora _____				<b>3.654 W</b>
				<b>3.143 Kfrig/h</b>
Observaciones:				

Tabla 13: Potencia para la cámara de salazón.

2.2.7. Cámara de postsalado

<b>CALCULO DE CARGA TÉRMICA EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS.</b>				
Asunto:	<b>CÁMARA DE POSTSALADO</b>			
Fecha:	17/07/2015			
<b>Cámara</b>			<b>Aislamiento</b>	
LARGO	<b>5,65</b>	m	Coeficiente Transmisión k	<b>0,20</b> W/m <sup>2</sup> °C
ANCHO	<b>6,00</b>	m		
ALTO	<b>3,50</b>	m		
VOLUMEN	<b>118,7</b>	m <sup>3</sup>	<b>Producto</b>	
SUPERFICIE	<b>149,4</b>	m <sup>2</sup>	C. esp antes de la cong	<b>2,81</b> KJ/Kg°C
Temperatura exterior	<b>35</b>	°C	C. esp después de la cong	<b>1,64</b> KJ/Kg°C
Temperatura de la cámara	<b>3</b>	°C	Calor latente de congelac	<b>184,2</b> KJ/Kg
Diferencia entalpias	<b>109,0</b>	KJ/m <sup>3</sup>	Calor de respiración	<b>0,0</b> KJ/Kg dia
Wattios en el interior de la cámara	<b>425</b>	W	Numero de renovaciones	<b>9,0</b>
Wattios motores del evaporador	<b>3.300</b>	W	Calor por persona:	<b>250,0</b> W
			Nº de personas:	<b>2</b>
			Horas trabajo camara	<b>3</b> horas

<b>Balance de otras fuentes:</b>					
Carga por transmisión de paredes	955,8	W	822,0	Kcal/h	
Carga por renovación	1.347,2	W	1158,6	Kcal/h	
Carga de motores y alumbrado	493	W	424,1	Kcal/h	<b>Total carga cámara día</b>
Carga por personas	62,5	W	53,8	Kcal/h	2.859 W
<b>Balance de producto:</b>					
Producto:movimiento diario	800	Kg./día			
Temperatura de entrada	20	°C			
Temperatura de congelación	0,0	°C			
Temperatura final	0	°C			
Carga térmica antes de	520,4	W	447,5	Kcal/h	
Carga térmica después de	0,0	W	0,0	Kcal/h	Tiempo de enfriamiento 16 horas
Carga térmica de congelación	0	W	0,0	Kcal/h	
Carga de respiración	0	W	0,0	Kcal/h	
Carga por embalaje	52	W	44,8	Kcal/h	
<b>Total de la carga:</b>					<b>T. carga térmica prod./día</b>
Total carga térmica día _____					572 W
Tiempo de operación de la cámara _____					3.431 W
Total carga hora _____					16 horas
					5.147 W
					4.426 Kfrig/h
Observaciones:					

Tabla 14: Potencia para la cámara de postsalado.



2.2.8. Cámara de secado artificial de jamones

<b>CALCULO DE CARGA TÉRMICA EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS.</b>						
Asunto:		<b>CÁMARA DE SECADO ARTIFICIAL DE JAMONES</b>				
Fecha:		17/07/2015				
<b>Cámara</b>			<b>Aislamiento</b>			
LARGO	4,85	m			Coeficiente Transmisión k	0,20 W/m <sup>2</sup> °C
ANCHO	6,00	m				
ALTO	4,00	m				
VOLUMEN	116,4	m <sup>3</sup>			<b>Producto</b>	
SUPERFICIE	145,0	m <sup>2</sup>			C. esp antes de la cong	2,81 KJ/Kg°C
Temperatura exterior	35	°C	60%		C. esp después de la cong	1,64 KJ/Kg°C
Temperatura de la cámara	10	°C			Calor latente de congelac	184,2 KJ/Kg
Diferencia entalpías	81,3	KJ/m <sup>3</sup>			Calor de respiración	0,0 KJ/Kg día
Watios en el interior de la cámara	364	W			Numero de renovaciones	9,0
Watios motores del evaporador	3.300	W			Calor por persona:	250,0 W
					Nº de personas:	2
					Horas trabajo camara	3 horas
<b>Balance de otras fuentes:</b>						
Carga por transmisión de paredes	725,0	W	623,5	Kcal/h		
Carga por renovación	985,8	W	847,8	Kcal/h		
Carga de motores y alumbrado	486	W	417,5	Kcal/h	<b>Total carga cámara día</b>	2.259 W
Carga por personas	62,5	W	53,8	Kcal/h		1943 Kfrig/h
<b>Balance de producto:</b>						
Producto:movimiento diario	800	Kg./día				
Temperatura de entrada	20	°C				
Temperatura de congelación	0,0	°C				
Temperatura final	10	°C				
Carga térmica antes de	520,4	W	447,5	Kcal/h		
Carga térmica después de	152,2	W	130,9	Kcal/h	Tiempo de enfriamiento	16 horas
Carga térmica de congelación	0	W	0,0	Kcal/h		
Carga de respiración	0	W	0,0	Kcal/h		

Carga por embalaje	<b>67</b>	W	57,8	Kcal/h		
<b>Total de la carga:</b>					<b>T. carga térmica prod./día</b>	<b>740 W</b>
Total carga térmica día _____						<b>2.999 W</b>
Tiempo de operación de la cámara _____						<b>16 horas</b>
Total carga hora _____						<b>4.498 W</b>
						<b>3.868 Kfrig/h</b>
Observaciones:						

Tabla 15: Potencia para la cámara de secado artificial de jamones.

2.2.9. Cámara de productos congelados

<b>CALCULO DE CARGA TÉRMICA EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS.</b>					
Asunto:		<b>CÁMARA DE PRODUCTOS CONGELADOS</b>			
Fecha:		17/07/2015			
<b>Cámara</b>			<b>Aislamiento</b>		
LARGO	<b>4,00</b>	m	Coeficiente Transmisión k	<b>0,10</b>	W/m <sup>2</sup> °C
ANCHO	<b>6,00</b>	m			
ALTO	<b>3,50</b>	m			
VOLUMEN	<b>84,0</b>	m <sup>3</sup>			
SUPERFICIE	<b>118,0</b>	m <sup>2</sup>			
Temperatura exterior	<b>35</b>	°C	60%		
Temperatura de la cámara	<b>-15</b>	°C			
Diferencia entalpías	<b>143,0</b>	KJ/m <sup>3</sup>			
Wattios en el interior de la cámara	<b>300</b>	W			
Wattios motores del evaporador	<b>3.300</b>	W			
			<b>Producto</b>		
			C. esp antes de la cong	<b>2,81</b>	KJ/Kg°C
			C. esp después de la cong	<b>1,64</b>	KJ/Kg°C
			Calor latente de congelac	<b>184,2</b>	KJ/Kg
			Calor de respiración	<b>0,0</b>	KJ/Kg dia
			Numero de renovaciones	<b>9,0</b>	
			Calor por persona:	<b>360,0</b>	W
			Nº de personas:	<b>2</b>	
			Horas trabajo camara	<b>3</b>	horas

<b>Balance de otras fuentes:</b>					
Carga por transmisión de paredes	590,0	W	507,4	Kcal/h	
Carga por renovación	1.251,3	W	1076,1	Kcal/h	
Carga de motores y alumbrado	533	W	458,0	Kcal/h	<b>Total carga cámara día</b>
Carga por personas	90,0	W	77,4	Kcal/h	
					2.464 W
					2119 Kfrig/h
<b>Balance de producto:</b>					
Producto:movimiento diario	800	Kg./día			
Temperatura de entrada	20	°C			
Temperatura de congelación	0,0	°C			
Temperatura final	-15	°C			
Carga térmica antes de	520,4	W	447,5	Kcal/h	
Carga térmica después de	227,8	W	195,9	Kcal/h	Tiempo de enfriamiento
Carga térmica de congelación	1.706	W	1466,8	Kcal/h	18 horas
Carga de respiración	0	W	0,0	Kcal/h	
Carga por embalaje	245	W	211,0	Kcal/h	
					<b>T. carga térmica prod./día</b>
					2.699 W
<b>Total de la carga:</b>					5.163 W
Total carga térmica día _____					18 horas
Tiempo de operación de la cámara _____					
Total carga hora _____					6.884 W
					5.920 Kfrig/h
Observaciones:					

Tabla 16: Potencia cámara de productos congelados.

### 2.2.10. Resumen de necesidades de potencia frigorífica

Cámara	Potencia (W)
Cámara de canales.	4752
Cámara de productos preparados.	4778
Cámara de masas.	2575
Cámara de secado de embutidos.	3833
Cámara de salazón.	3654
Cámara de postsalado.	5147
Cámara de secado artificial.	4498
Cámara de productos congelados.	6884

Tabla 17: Resumen potencia frigorífica.

### 2.3. Selección del equipo a instalar

A partir de la potencia frigorífica necesaria se elige el equipo que más se adapte a las necesidades, se van a emplear equipos partidos que funcionan con refrigerante R-404A. Se van a emplear equipos partidos distribuidos por RIVACOLD.

En la tabla 18 se muestra un listado con los equipos que se van a emplear para cada cámara, así como una tabla con las características de cada equipo. Se van a emplear equipos de la gama SP, que admiten una potencia frigorífica de hasta 22.1 kW.

El equipo se elige en función del volumen de la cámara, la temperatura interior y la temperatura exterior, mediante la tabla 19<sup>1</sup>, donde además se indica la potencia frigorífica máxima que cada modelo es capaz de suministrar, viendo que en todos los casos es superior a la necesaria..

Cámara	Potencia (W)	Equipo a emplear (SP)
Cámara de canales.	4752	SPM110Z012
Cámara de productos preparados.	4778	SPM110Z012
Cámara de masas.	2575	SPM054Z012
Cámara de secado de embutidos.	3833	SPM110Z012
Cámara de salazón.	3654	SPM068Z012
Cámara de postsalado.	5147	SPM110Z012
Cámara de secado artificial.	4498	SPM110Z012
Cámara de productos congelados.	6884	SPL130Z012

Tabla 18: Equipo a utilizar en las diferentes cámaras.

<sup>1</sup> Catálogo RIVACOLD

PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA - R404A- Temperatura interior cámara											
MODELO	Euros	HP	Voltaje	T. Amb.	+5°C		0°C		-5°C		
					Wattios	m³	Wattios	m³	Wattios	m³	
TN	SPM054Z012	5.095,00	2,5	400/3/50	+32°C	5.279	72	4.998	54	4.278	43
					+43°C	4.524	56	4.284	41	3.667	33
	SPM068Z012	6.770,00	3,0	400/3/50	+32°C	6.936	100	6.722	86	5.962	69
					+43°C	6.193	80	6.002	69	5.323	55
	SPM080Z012	7.335,00	4,5	400/3/50	+32°C	8.023	120	7.493	98	6.282	78
					+43°C	7.163	96	6.690	78	5.609	62
	SPM110Z012	8.942,00	5,0	400/3/50	+32°C	9.462	145	8.925	120	7.714	96
					+43°C	8.448	116	7.969	96	6.888	76
	SPM140Z012	10.240,00	6,3	400/3/50	+32°C	12.158	194	11.625	161	10.194	129
					+43°C	10.855	155	10.379	129	9.102	103
SPM200Z012	11.670,00	7,5	400/3/50	+32°C	16.023	264	13.998	197	12.112	155	
				+43°C	13.357	196	11.615	146	9.988	114	
SPM300Z012	17.852,00	9,5	400/3/50	+32°C	19.417	358	18.585	272	16.369	217	
				+43°C	17.337	286	16.594	217	14.615	173	
SPM370Z012	19.122,00	12,5	400/3/50	+32°C	23.104	432	22.117	329	19.537	263	
				+43°C	20.629	345	19.747	263	17.444	210	
MODELO	Euros	HP	Voltaje	T. Amb.	-15°C		-20°C		-25°C		
					Wattios	m³	Wattios	m³	Wattios	m³	
BT	SPL034Z012	5.544,00	4,0	400/3/50	+32°C	4.161	64	3.497	51	3.014	37
					+43°C	3.566	48	2.997	39	2.583	28
	SPL060Z012	7.420,00	3,5	400/3/50	+32°C	4.284	67	3.636	58	3.227	42
					+43°C	3.825	53	3.246	46	2.881	33
	SPL080Z012	7.579,00	3,5	400/3/50	+32°C	5.237	90	4.478	78	4.000	57
					+43°C	4.676	72	3.998	63	3.571	46
	SPL130Z012	9.954,00	5,5	400/3/50	+32°C	7.032	137	6.005	119	5.358	86
					+43°C	6.279	110	5.362	95	4.784	69
	SPL180Z012	11.619,00	6,5	400/3/50	+32°C	9.668	216	8.208	186	6.843	128
					+43°C	7.884	152	6.672	130	5.531	85
SPL200Z012	12.645,00	7,5	400/3/50	+32°C	10.771	249	9.159	215	7.669	151	
				+43°C	8.815	177	7.437	150	6.168	98	
SPL260Z012	13.008,00	10,0	400/3/50	+32°C	13.717	342	11.650	294	10.345	210	
				+43°C	12.247	274	10.402	235	9.237	168	
SPL350Z012	21.468,00	15,0	400/3/50	+32°C	18.799	517	15.909	440	14.084	313	
				+43°C	16.785	413	14.204	352	12.575	250	
SPL450Z012	22.574,00	20,0	400/3/50	+32°C	22.847	665	19.474	568	17.348	408	
				+43°C	20.399	532	17.388	454	15.489	326	
MODELO	Euros	HP	Voltaje	T. Amb.	+10°C		+5°C		+2°C		
					Wattios	m³	Wattios	m³	Wattios	m³	
AT	SPH054Z012	5.127,00	2,0	400/3/50	+43°C	4.579	56	4.196	47	4.007	37

Tabla 19: Prontuario para la elección del equipo, gama SP.

En la tabla 20 se pueden ver las características de los diferentes equipos seleccionados para las cámaras.






DATOS TÉCNICOS																	
MODELO	Compresor			Tubos		Consumo Total		Condensador		Evaporador*					Peso (Kg)		
	KW	Tipo	Voltaje	Líquido	Aspiración	Wats.	FLA	Nº x Ø	m/h	Exp.	Des.	Wd	Nº x Ø	m/h	↑ m	U. C.	Evap.
SPM054Z012	1.84	H	400/3/50	10-3/8"	18-3/4"	2.523	6,1	2 x 300	1.900	V	E	1.950	3 x 250	2.167	7,0	95	30
SPM068Z012	2.20	H	400/3/50	12-1/2"	22-7/8"	3.388	8,7	2 x 350	3.600	V	E	3.300	2 x 350	4.163	14,0	131	47
SPM080Z012	3.31	H	400/3/50	12-1/2"	22-7/8"	3.561	8,0	2 x 350	3.600	V	E	3.300	2 x 350	3.825	14,0	131	51
SPM110Z012	3.68	H	400/3/50	12-1/2"	28-1 1/8"	4.473	10,7	3 x 350	7.000	V	E	5.500	2 x 450	9.926	17,0	195	69
SPM140Z012	4.59	H	400/3/50	12-1/2"	28-1 1/8"	6.076	15,4	3 x 400	8.000	V	E	6.800	2 x 450	9.162	17,0	217	80
SPM200Z012	5.51	SH	400/3/50	16-5/8"	35-1 3/8"	7.150	16,2	3 x 400	7.800	V	E	6.800	2 x 450	8.663	16,0	240	90
SPM300Z012	6.98	SH	400/3/50	16-5/8"	35-1 3/8"	8.952	21,7	2 x 500	12.500	V	E	14.400	2 x 500	12.418	19,0	467	113
SPL370Z012	9.19	SH	400/3/50	16-5/8"	35-1 3/8"	10.392	23,9	2 x 500	12.100	V	E	14.400	2 x 500	11.459	18,0	484	126
SPL034Z012	2.94	H	400/3/50	10-3/8"	18-3/4"	2.921	6,3	2 x 300	1.900	V	E	1.950	3 x 250	2.167	7,0	122	30
SPL060Z012	2.57	SH	400/3/50	12-1/2"	28-1 1/8"	3.015	7,4	2 x 350	3.600	V	E	3.300	2 x 350	4.163	14,0	144	47
SPL080Z012	2.57	SH	400/3/50	12-1/2"	28-1 1/8"	3.210	8,2	2 x 350	3.600	V	E	3.300	2 x 350	3.825	14,0	146	51
SPL130Z012	4.04	SH	400/3/50	16-5/8"	28-1 3/8"	4.790	11,8	3 x 350	7.000	V	E	5.500	2 x 450	9.926	17,0	254	69
SPL180Z012	4.78	SH	400/3/50	16-5/8"	35-1 3/8"	5.740	14,6	3 x 400	8.000	V	E	6.800	2 x 450	9.162	17,0	261	80
SPL200Z012	5.51	SH	400/3/50	16-5/8"	35-1 3/8"	6.807	16,6	3 x 400	7.800	V	E	6.800	2 x 450	8.663	16,0	291	90
SPL260Z012	7.35	SH	400/3/50	16-5/8"	35-1 3/8"	7.315	17,7	3 x 400	7.800	V	E	6.800	2 x 450	8.663	16,0	294	90
SPL350Z012	11.03	SH	400/3/50	22-7/8"	42-1 5/8"	13.538	32,8	2 x 500	12.500	V	E	14.400	2 x 500	12.418	19,0	529	121
SPL450Z012	14.70	SH	400/3/50	22-7/8"	42-1 5/8"	15.589	35,2	2 x 500	12.100	V	E	14.400	2 x 500	11.459	18,0	547	133
SPH054Z012	1.47	H	400/3/50	10-3/8"	16-5/8"	2.217	5,8	2 x 300	1.900	V	A	-	3 x 250	2.167	7,0	103	28

H hermético - SH semihermético — Sc scroll — C capilar - V válvula de expansión — A aire - E eléctrico - G gas caliente - Ø mm.

dB(A) 10m: Si lo que quieres es silencio ve al apartado de equipos silenciosos. Si sólo precisas del dato consulta la ficha técnica del equipo o solicita

\* Paso de aleta del evaporador de 5 mm, 6 mm y 8 mm según modelo.

Tabla 20: Datos técnicos gama SP.

DATOS PARA EL MONTAJE									
		Nº de serie: Localízalo para cualquier incidencia							
 ¿Necesitas ayuda? Pide tu manual									
Mantenimiento*			Equipos	Aliment.	Interconexión	Mando	Micro	Luz	Resist. puerta
Condensador	Limpiar	mensual	SPH ≤ 054	5G1,5	3G1,5 + 4 x 0,5 sondas	4 x 0,5 Apantallado	2 x 1	3 x 1,5	3 x 1,5 equipos BT
Evaporador	Controlar	mensual	SPM ≤ 054	5G1,5	7G2,5 + 4 x 0,5 sondas				
Contactores	Verificar	cuatrimestral	SPL ≤ 034	5G1,5	7G2,5 + 4 x 0,5 sondas				
Cableado	Controlar	cuatrimestral	SPM ≤ 080	5G2,5	7G2,5 + 4 x 0,5 sondas				
Fugas refrigerante	Verificar	Carga < 30 Kg anual Carga < 300 Kg semestral Carga ≥ 300 Kg trimestral	SPL ≤ 080	5G2,5	7G2,5 + 4 x 0,5 sondas				
	Verificar a los 30 días, si se interviene		SPM ≤ 200	5G4	5G4 + 4G1,5 + 4 x 0,5 sondas				
Humedad circuito	Controlar	cuatrimestral	SPL ≤ 180	5G4	5G4 + 4G1,5 + 4 x 0,5 sondas				
Nivel aceite	Verificar	cuatrimestral	SPL ≤ 260	5G6	5G4 + 4G1,5 + 4 x 0,5 sondas				
Ruido compresor	Controlar	cuatrimestral	SPM ≤ 370	5G6	—no—				
Tubo deaigüe	Verificar	mensual	SPL ≤ 450	5G6	—no—				

\* Sólo personal técnico especializado

Incluidos cables interconexión y mando de 10 m., micro, luz y resistencia puerta de 2,5 m.

Tabla 21: Datos para el montaje.

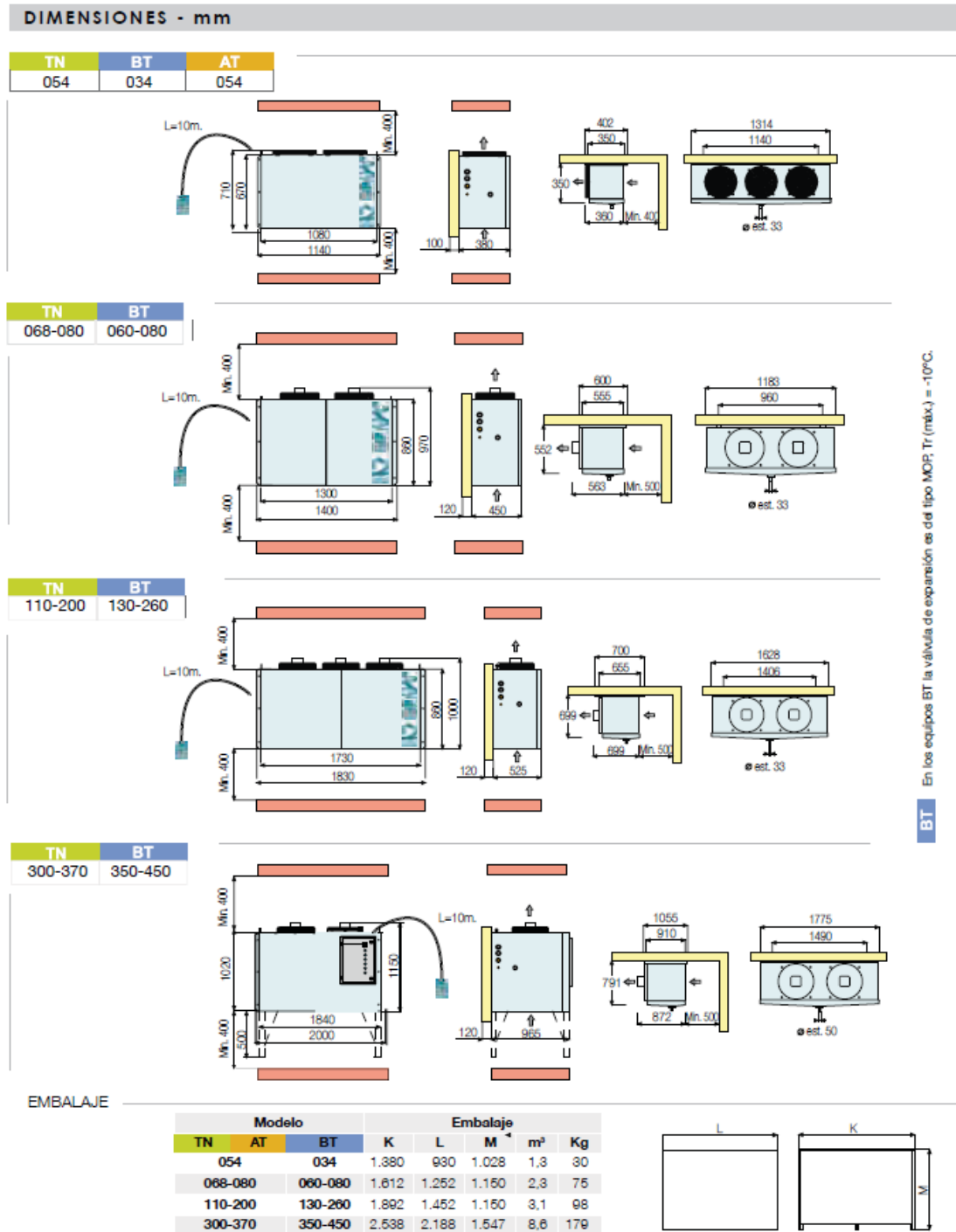


Tabla 22: Dimensiones de los equipos.

### 3. Climatización de dependencias

Como se indicó en el apartado de antecedentes, la normativa indica que en las zonas de trabajo la temperatura deberá ser como máximo de 12 °C, esta temperatura deberá ser así en todas las zonas donde se trabaje con productos cárnicos frescos, e incluye:

- Sala de despiece.
- Obrador.

La peculiaridad que tiene la nave es que no existe separación completa entre la sala de despiece y el obrador, como se ve en el plano adjunto a este proyecto, las dos salas se encuentran separadas por un tabique pero unidas mediante un pasillo, así que para el cálculo se tomará como una sola sala, con la peculiaridad de que se elegirán dos equipos que se instalarán en ambas salas.

Para la realización del cálculo de los equipos necesarios, se van a tratar las dependencias como si se tratase de una cámara más, pero con una temperatura de funcionamiento de 12° C.

Por tanto, los cálculos quedan de la siguiente manera, como se muestra en la tabla 23:



<b>CALCULO DE CARGA TÉRMICA EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS.</b>							
Asunto:		<b>SALA DE DESPIECE Y OBRADOR</b>					
Fecha:		20/07/2015					
<b>Cámara</b>				<b>Aislamiento</b>			
LARGO	15,60	m			Coeficiente Transmisión k	0,20	W/m <sup>2</sup> °C
ANCHO	13,50	m					
ALTO	4,00	m					
VOLUMEN	842,4	m <sup>3</sup>			<b>Producto</b>		
SUPERFICIE	654,0	m <sup>2</sup>			C. esp antes de la cong	2,81	KJ/Kg°C
Temperatura exterior	35	°C	60%		C. esp después de la cong	1,64	KJ/Kg°C
Temperatura de la cámara	12	°C			Calor latente de congelac	184,2	KJ/Kg
Diferencia entalpías	109,0	KJ/m3			Calor de respiración	0,0	KJ/Kg día
Wattios en el interior de la cámara	2.505	W			Numero de renovaciones	2,8	
Wattios motores del evaporador	3.300	W			Calor por persona:	210,0	W
					Nº de personas:	8	
					Horas trabajo camara	8	horas
<b>Balance de otras fuentes:</b>							
Carga por transmisión de paredes	3.008,4	W	2587,2	Kcal/h			
Carga por renovación	2.975,7	W	2559,1	Kcal/h			
Carga de motores y alumbrado	1.275	W	1096,5	Kcal/h	<b>Total carga cámara día</b>	<b>7.819</b>	<b>W</b>
Carga por personas	560,0	W	481,6	Kcal/h		<b>6724</b>	<b>Kfrig/h</b>
<b>Balance de producto:</b>							
Producto:movimiento diario	1.000	Kg./día					
Temperatura de entrada	25	°C					
Temperatura de congelación	0,0	°C					
Temperatura final	12	°C					
Carga térmica antes de	813,1	W	699,2	Kcal/h			
Carga térmica después de	228,3	W	196,4	Kcal/h	Tiempo de enfriamiento	16	horas
Carga térmica de congelación	0	W	0,0	Kcal/h			
Carga de respiración	0	W	0,0	Kcal/h			
Carga por embalaje	104	W	89,6	Kcal/h			

<b>Total de la carga:</b>	<b>T. carga térmica prod./día</b>	<b>1.146</b>	<b>W</b>
Total carga térmica día _____		<b>8.965</b>	<b>W</b>
Tiempo de operación de la cámara _____		<b>16</b>	horas
Total carga hora _____		<b>13.447</b>	<b>W</b>
		<b>11.564</b>	<b>Kfrig/h</b>
Observaciones:			

Tabla 23: Potencia necesaria para enfriar el obrador y la sala de despiece.

Como se puede ver en la tabla 23, se necesitará una potencia frigorífica de 13447 W, pero se va a dividir en dos aparatos para enfriar cada una de las estancias, a pesar de haberse dimensionado para una, ya que, se encuentran unidas. Esta analogía se realiza para evitar dimensionar por defecto alguna estancia, ya que lo que se consigue es sobredimensionar el sistema.

Se van a emplear dos equipos con capacidad de suministrar, por lo menos, 6723.5 W a cada una de las salas. Por tanto se instalará el siguiente equipo, cuyas características técnicas se pueden consultar en las tablas 24, 25 y 26.

Estancia	Potencia (W)	Equipo a emplear (ST)
Sala de despiece.	6724	STM300Z012
Obrador.	6724	STM300Z012

PRODUCCIÓN FRIGORÍFICA - R404A- Temperatura interior cámara											
MODELO	Euros	HP de Ref <sup>o</sup>	Vplataje	T. Amb.	+5°C		0°C		-5°C		
					Wattios	m³	Wattios	m³	Wattios	m³	
TN	STM068Z012	6.715,00	3,00	400/3/50	+32°C	6.936	100	6.722	86	5.982	69
					+43°C	6.193	80	6.002	69	5.323	55
	STM080Z012	7.313,00	4,50	400/3/50	+32°C	8.023	120	7.493	98	6.282	78
					+43°C	7.163	98	6.690	78	5.609	62
	STM110Z012	8.953,00	5,00	400/3/50	+32°C	9.462	145	8.925	120	7.714	96
					+43°C	8.448	116	7.969	96	6.888	76
	STM140Z012	10.091,00	6,25	400/3/50	+32°C	12.158	194	11.625	161	10.194	129
					+43°C	10.855	155	10.379	129	9.102	103
	STM200Z012	11.685,00	7,5 SH	400/3/50	+32°C	17.092	264	14.990	197	12.916	155
					+43°C	14.342	196	12.548	146	10.788	114
	STM300Z012	17.365,00	9,0 SH	400/3/50	+32°C	22.297	417	19.428	286	16.690	222
					+43°C	18.770	312	16.352	214	14.040	166
STM370Z012	18.242,00	12,0 SH	400/3/50	+32°C	28.235	598	24.579	365	21.071	289	
				+43°C	23.582	435	20.498	270	17.555	213	
STM450Z012	22.075,00	15,0 SH	400/3/50	+32°C	34.434	793	29.951	461	25.655	363	
				+43°C	28.737	575	24.947	339	21.317	267	
STM520Z012	24.183,00	20,0 SH	400/3/50	+32°C	37.786	908	32.925	517	28.249	407	
				+43°C	31.730	664	27.558	382	23.553	300	
STM600Z012	27.695,00	22,0 SH	400/3/50	+32°C	42.863	1.096	37.398	604	32.152	476	
				+43°C	36.337	810	31.708	452	27.262	358	

Tabla 24: Prontuario para la elección del equipo, gama ST.

**DIMENSIONES - mm**

CONDENSADORA - Unidad exterior

TN	BT	A	B	Bt	C
068-080	060-080	930	850	880	820
110	130	1.115	758	788	710
140-200	180-260	1.320	845	870	860
300-370	350-450	1.785	1.131	1.200	1.110
450-600	750-900	2.285	1.231	1.300	1.310

EVAPORADORA - Unidad interior

TN	BT
068-080	060-080

TN	BT
110-200	130-260

TN	BT
300-370	350-450

TN	BT
450-600	750-900

**BT** En los equipos BT la válvula de expansión es del tipo MOP Tr (máx.) = -10°C.

EMBALAJE

Modelo		Conjunto					
TN	BT	K	L	M	m³	Kg	
068-080	060-080	1.392	1.412	806	1,58	49	
110-200	130-260	1.730	1.730	1.070	3,13	77	

Modelo		U. Condensadora				
TN	BT	K	L	M	m³	Kg
300-370	350-450	1.350	1.985	1.210	3,24	50
450-600	750-900	1.450	2.485	1.410	5,08	59

Modelo		Evaporador				
TN	BT	K	L	M	m³	Kg
300-450	350-450	993	2.180	1.089	2,38	70
520-600	750-900	993	3.030	1.089	3,28	90

-El evaporador se suministra aparte en su propio embalaje.

Tabla 25: Dimensiones de los equipos.

DATOS TÉCNICOS																	
MODELO	Compresor			Tubos		Consumo Total		Condensador		Evaporador*				Peso (Kg)			
	kW	Tipo	Voltaje	Líquido	Aspiración	Wabs.	FLA	Nº x Ø	m/h	Exp.	Des.	Wd	Nº x Ø	m/h	↑-m	U. C.	Evap.
STM068Z012	2,20	H	400/3/50	12-1/2"	22-7/8"	3,388	8,7	2 x 350	4,380	V	E	3,300	2 x 350	4,163	14	109	47
STM080Z012	3,31	H	400/3/50	12-1/2"	22-7/8"	3,561	8,0	2 x 350	4,120	V	E	3,300	2 x 350	3,825	14	119	51
STM110Z012	3,68	H	400/3/50	12-1/2"	28-1 1/8"	4,503	10,9	2 x 400	4,800	V	E	5,500	2 x 450	9,926	17	134	68
STM140Z012	4,60	H	400/3/50	12-1/2"	28-1 1/8"	6,096	15,3	2 x 450	5,300	V	E	6,600	2 x 450	9,162	17	155	80
STM200Z012	5,52	SH	400/3/50	16-5/8"	28-1 1/8"	7,180	16,3	2 x 450	5,300	V	E	6,600	2 x 450	8,663	16	177	90
STM300Z012	6,61	SH	400/3/50	16-5/8"	28-1 1/8"	7,980	14,3	2 x 560	19,156	V	E	10,400	2 x 500	15,577	25	351	113
STM370Z012	8,82	SH	400/3/50	22-7/8"	35-1 3/8"	9,420	16,6	2 x 560	17,696	V	E	10,400	2 x 500	14,403	25	361	127
STM450Z012	11,03	SH	400/3/50	22-7/8"	42-1 5/8"	10,660	18,5	2 x 630	19,199	V	E	15,040	3 x 500	23,365	28	438	140
STM520Z012	14,68	SH	400/3/50	22-7/8"	42-1 5/8"	12,630	21,9	2 x 630	19,199	V	E	15,040	3 x 500	23,365	28	463	189
STM600Z012	16,15	SH	400/3/50	22-7/8"	42-1 5/8"	15,260	25,5	2 x 630	18,318	V	E	15,040	3 x 500	21,604	27	481	208
STL060Z012	2,60	SH	400/3/50	12-1/2"	28-1 1/8"	2,920	7,4	2 x 350	4,360	V	E	3,300	2 x 350	4,163	14	125	47
STL080Z012	2,93	SH	400/3/50	12-1/2"	28-1 1/8"	3,210	8,2	2 x 350	4,120	V	E	3,300	2 x 350	3,825	14	127	51
STL130Z012	4,04	SH	400/3/50	16-5/8"	28-1 1/8"	4,690	11,3	2 x 400	4,800	V	E	5,500	2 x 450	9,926	17	162	69
STL180Z012	4,78	SH	400/3/50	16-5/8"	28-1 1/8"	5,750	14,6	2 x 450	5,300	V	E	6,600	2 x 450	9,162	17	231	80
STL200Z012	5,52	SH	400/3/50	16-5/8"	35-1 3/8"	6,167	13,2	2 x 450	5,300	V	E	6,600	2 x 450	8,663	16	228	90
STL260Z012	7,36	SH	400/3/50	16-5/8"	35-1 3/8"	7,335	17,6	2 x 450	5,300	V	E	6,600	2 x 450	8,663	16	231	90
STL350Z012	11,03	SH	400/3/50	22-7/8"	42-1 5/8"	14,790	24,3	2 x 560	19,156	V	E	10,400	2 x 500	16,898	25	422	121
STL450Z012	14,68	SH	400/3/50	22-7/8"	54-2 1/8"	17,000	28,0	2 x 560	17,696	V	E	10,400	2 x 500	16,164	25	435	133
STL750Z012	18,38	SH	400/3/50	22-7/8"	54-2 1/8"	22,000	36,2	2 x 630	19,199	V	E	15,040	3 x 500	25,346	28	521	177
STL900Z012	22,10	SH	400/3/50	22-7/8"	54-2 1/8"	25,200	41,7	2 x 630	18,318	V	E	15,040	3 x 500	24,245	28	597	197

H hermético - SH semihermético - Sc scroll - C capilar - V válvula de expansión - A aire - E eléctrico - G gas caliente - Ø mm.

dB(A) 10m: Si lo que quieres es silencio ve al apartado de equipos silenciosos. Si sólo precisas del dato consulta la ficha técnica del equipo o solicítala

\* Paso de aleta del evaporador de 6 mm, 8 mm y 10 mm según modelo.

**DATOS PARA EL MONTAJE**

Conexión frigorífica

Nº de serie:  
Localizado para cualquier incidencia

¿Necesitas ayuda?  
Pide tu manual

Equipos	Aliment.	Interconexión	Mando	Micro	Luz	Resist. puerta	Mantenimiento*	
							Intervención	Frecuencia
STM ≤ 080 STL ≤ 080	5G2,5	7G2,5 + 4 x 0,5 sondas	4 x 0,5 Apantallado	2 x 1	3 x 1,5	3 x 1,5 equipos BT	Condensador	Limpiar mensual
STM ≤ 200 STL ≤ 180	5G4	5G4 + 4G1,5 + 4 x 0,5 sondas					Evaporador	Controlar mensual
STM ≤ 260	5G6	5G4 + 4G1,5 + 4 x 0,5 sondas					Contactores	Verificar cuatrimestral
STM ≤ 370 STL ≤ 350	5G10	—no—					Cableado	Controlar cuatrimestral
STM ≤ 600 STL ≤ 450	5G16	—no—					Fugas refrigerante	Verificar Carga < 30 Kg anual Carga < 300 Kg semestral Carga ≥ 300 Kg trimestral
STM ≤ 750	5G25	—no—					Humedad circuito	Verificar a los 30 días, si se interviene
STL 900	5G35	—no—					Nivel aceite	Controlar cuatrimestral
							Ruido compresor	Controlar cuatrimestral
							Tubo desagüe	Verificar mensual

Incluidos cables interconexión y mando de 10 m., micro, luz y resistencia puerta de 2,5 m.

\* Sólo personal técnico especializado

Tabla 26: Datos técnicos y para el montaje de los equipos.

A partir de los datos técnicos de los modelos elegidos, en la columna "consumo total" de las tablas 20 y 26, se obtiene la potencia absorbida de la red de cada cámara. Por tanto, a continuación se realizará una tabla resumen (Tabla 27) donde se recogerá el total de potencias consumidas por los equipos

Dicha tabla será necesaria en el anexo: cálculos eléctricos para, entre el resto de elementos, realizar la cuantificación de potencia total necesaria para la actividad industrial.

Cámara/Estancia	Equipo utilizado	Potencia absorbida (W)
Cámara de canales.	SPM110Z012	4473,00
Cámara de productos preparados.	SPM110Z012	4473,00
Cámara de masas.	SPM054Z012	2523,00
Cámara de secado de embutidos.	SPM110Z012	4473,00
Cámara de salazón.	SPM068Z012	3388,00
Cámara de postsalado.	SPM110Z012	4473,00
Cámara de secado artificial.	SPM110Z012	4473,00
Cámara de productos congelados.	SPL130Z012	4790,00
Obrador.	STM300Z012	7980,00
Sala de despiece.	STM300Z012	7980,00
Total		49026,00

Tabla 27: Potencia total absorbida de la red.

En Béjar, a 04 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# ANEXO: CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA AUXILIAR

---



## **Índice**

1. Antecedentes.....	3
1.1. Vía aérea.....	3
1.2. Estructura portante bodega.....	4
2. Determinación de las cargas y el modelo.....	5
2.1. Vía aérea.....	5
2.2. Estructura portante de la bodega.....	6
3. Cálculos justificativos.....	6
3.1. Vía aérea.....	6
3.1.1. Estado Límite Último.....	6
3.1.2. Estado Límite de Servicio.....	12
3.2. Estructura portante de la vía aérea.....	14
3.2.1. Vigas sobre la vía.....	14
3.2.2. Pórtico cámara de canales (caso más desfavorable).....	17
3.2.3. Resto de comprobaciones.....	31
3.3. Estructura portante de la bodega.....	68
3.3.1. Vigas portantes.....	68
3.3.2. Pórticos portantes.....	69
3.4. Cálculo de las placas de anclaje.....	73
3.4.1. Placa de anclaje para la estructura de la cámara de canales.....	74
3.4.2. Placa de anclaje para la estructura de la bodega.....	76

## 1. Antecedentes

### 1.1. Vía aérea

Para el proceso de recepción y despiece de canales se requerirán una serie de instalaciones que se describirán a continuación. En la sala se recibirán las partes siguientes:

- Canal completa de cerdo
- Canal completa de cordero
- Canal de vacuno en forma de cuartos de canal.

La normativa vigente establece que la canal no puede establecer contacto en ningún momento con el suelo y paramentos de la fábrica, por ello se dispone un sistema de transporte aéreo que recorrerá las zonas de recepción, despiece y almacenamiento de canales. Dicho sistema está formado por la carrilería y por la estructura que será autoportante.

Las partes del conjunto de vía aérea son:

- Estructura portante: La estructura portante estará formada por una serie de dinteles situados sobre pilares que se ejecutarán de forma independiente al resto de la estructura.
- Carrilería: Esta se forma mediante dos perfiles de aluminio extruido de aleación 6063 con tratamiento de temple T5, cuyas características se muestran a continuación. Dicha vía irá anclada a la estructura portante mediante silletas de fundición de aluminio. Existen dos tipos de desvíos, simples, a 90° y triples, en dos direcciones, ambos con un radio de 350 mm. La altura de rodadura dependerá de los perfiles elegidos y rondará los 2.7 o 3 metros.

Módulo de rigidez	69500 N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	175 N/mm <sup>2</sup>
Momento de inercia	46.44 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>
Módulo resistente	18.576 · 10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>

Tabla 1: Características del perfil de rodadura

Las dimensiones de la vía elegida y de las silletas, así como el montaje sobre la estructura portante, se muestran en las figuras 1 y 2<sup>1</sup>, el resto de los detalles se muestran en el correspondiente plano anexo.

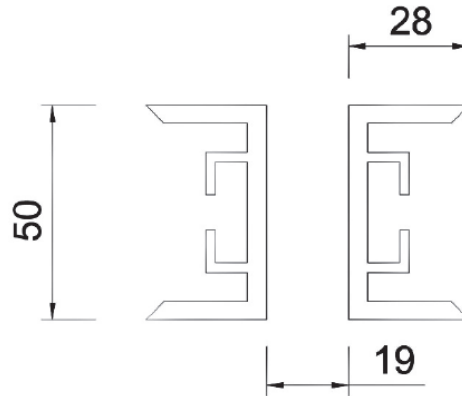


Figura 1: Detalle 2D de dimensiones de la red viaria.

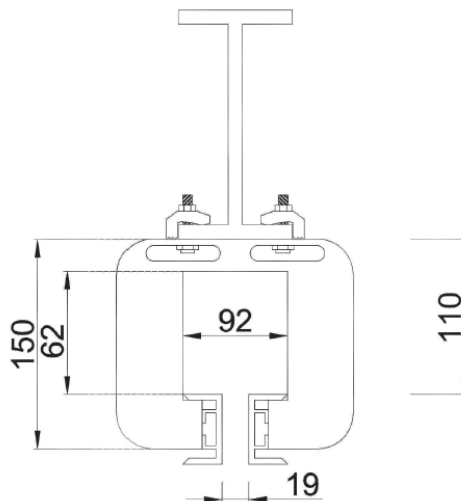


Figura 2: Detalle 2D de red viaria montada.

- Elemento de aprehensión. Carro birraíl, desde donde el que se pueden cargar las diferentes piezas a transportar con la ayuda de perchas de polipropileno, mediante las que se pueden colgar las piezas con mayor facilidad.

## 1.2. Estructura portante bodega

Durante el proceso de maduración en bodega para el jamón, el producto se cuelga del techo para favorecer la maduración durante 6 meses, además, para la maduración del embutido y en algunos casos del jamón se utilizarán carros con perchas

<sup>1</sup> Catálogo Bernad

que no requerirán ninguna estructura portante, no obstante mediante la estructura portante se consigue un mayor aprovechamiento del espacio destinado a la bodega.

## **2. Determinación de las cargas y el modelo**

### **2.1. Vía aérea**

La recepción y transporte de la mercancía se realizará en forma de cuartos de canal, mediante el uso de una percha, para facilitar el cuelgue y descuelgue de la mercancía. Las perchas tienen las siguientes características<sup>2</sup>.

- Material: Polipropileno
- Peso 240 g (despreciado en el cálculo)
- 12 muescas, lo que da la posibilidad de colgar 12 piezas.
- Medida: 1.120 metros.
- Carga máxima: 150 kg

El peso medio de una canal de vacuno ronda los 250 kg (se trata de la canal con más peso), y el peso máximo los 300 kg (dato obtenido de empresa cárnica). Se cargará una canal como máximo por gancho en caso de que se cargue directamente desde el camión de entrega y no más de 150 kg si se utiliza una percha de polipropileno. Por tanto, se estudiarán diferentes hipótesis con cargas puntuales de 3 kN.

Se van a analizar las siguientes partes:

- Vía aérea para diferentes hipótesis tanto para estados límite último como para estados límite de servicio. Dicha vía estará formada por un doble perfil de aluminio 6063 T5.
- Silletas de sujeción y su unión tanto a la vía de rodadura como a la unión con el perfil de sustentación.
- Perfil de sustentación. Aptitud de la sección a los esfuerzos transmitidos por las silletas.
- Pilares de la estructura. Aptitud de la sección a soportar los esfuerzos transmitidos por los perfiles de sustentación.

---

<sup>2</sup> Catálogo Bernad ([www.josebernad.com](http://www.josebernad.com))

## **2.2. Estructura portante de la bodega**

El peso medio de un jamón ronda entre los 6 kg y los 10 kg<sup>3</sup>, pudiéndose almacenar en torno a 40 jamones en un metro lineal. Para facilitar la ejecución, y en caso de que la estructura pueda ser empleada para otros fines, se establecerá la misma hipótesis que para la cámara de canales y se dimensionarán pórticos con los mismos perfiles elegidos para dicha cámara.

Dicha hipótesis deja un resultado de 4.6 kN/m, se dimensionarán 5 pórticos sobre los que cuelgan 9 vigas a dos vanos donde se procederá a colgar el producto. El resto de productos (embutidos, etc.) podrá ir en perchas en el suelo.

## **3. Cálculos justificativos**

### **3.1. Vía aérea**

#### **3.1.1. Estado Límite Último**

Se van a analizar tres hipótesis para el dimensionamiento de la carrilería de la vía aérea, cuyos componentes<sup>4</sup> son los siguientes:

- Carriles formados por dos perfiles contruidos de aluminio extruido de aleación 6063 T5.
- Carro birraíl, que discurrirá por la vía.

Se va a realizar la comprobación de dicho perfil, con silletas cada 500 mm tanto en estado límite último como en estado límite de servicio las siguientes hipótesis:

- Hipótesis 1: Vía cargada en situación de tránsito. Las canales serán transportadas a través de la vía sin ejercer una excesiva sobrecarga por acumulación, ya que no se permitirá dicha acumulación debido a que no existen las condiciones exigidas ni es usual que este caso ocurra. Se analiza un tramo de tres metros de longitud:

---

<sup>3</sup> Fuente: <http://ibericosguijuelo.eu/jamon.htm>

<sup>4</sup> Catálogo Helcesa ([www.helcesa.com](http://www.helcesa.com))

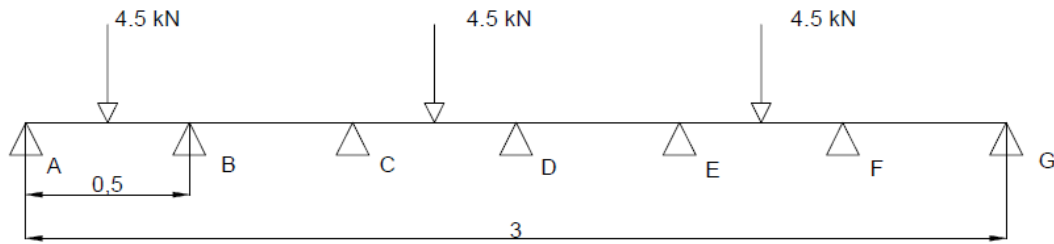


Figura 3: Hipótesis de tránsito.

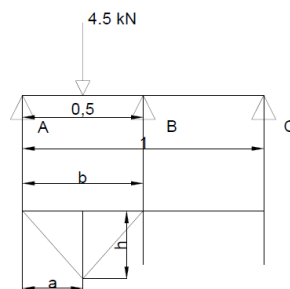
El primer paso en el cálculo es la mayoración de cargas acorde con el CTE DB SE, en el que, en la tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para acciones, se obtiene el coeficiente para la mayoración de las acciones, para una verificación de resistencia, cuya situación es persistente, variable y desfavorable, el valor del coeficiente es:  $\gamma=1.5$ . Luego

$$Q = 3kN \cdot 1.5 = 4.5kN$$

Para el dimensionado se requiere conocer las reacciones y el momento máximo en la sección, al tratarse de una viga continua hiperestática de 5º grado, se aplica la ecuación de los tres momentos, en grupos de 3 apoyos, un total de 5 veces.

Como existe la misma carga puntual en cada tramo, la parte de la derecha nunca va a cambiar, se realizará un tramo para mostrar el procedimiento y del resto se mostrará la ecuación resultante.

- Tramo ABC:



Donde:

-b: Longitud del tramo

-a: Distancia entre el centro de gravedad del área del momento y el extremo del tramo.

$$-h = \frac{P \cdot L}{4} (P: \text{Carga})$$

Resolviendo la ecuación de los tres momentos se obtiene la siguiente expresión, sabiendo que los momentos en los extremos de vigas simplemente apoyadas es cero:

$$2Mb + 0.5Mc = -0.42$$

- Tramo BCD:  $0.5Mb + 2Mc + 0.5Md = -0.42$
- Tramo CDE:  $0.5Mc + 2Md + 0.5Me = -0.42$
- Tramo DEF:  $0.5Md + 2Me + 0.5Mf = -0.42$
- Tramo EFG:  $0.5Me + 2Mf = -0.42$

Se resuelve el sistema de cinco ecuaciones con cinco incógnitas para obtener el valor de los momentos en B, C, D, E, F, G.

APOYO	VALOR DEL MOMENTO (kN·m)
A	0
B	-0.177
C	-0.129
D	-0.145
E	-0.129
F	-0.177
G	0

Tabla 2: Valor de los momentos en los distintos apoyos.

Una vez obtenido el valor de los momentos, mediante la aplicación de las condiciones de la estática ( $\sum Mi = I$ ) se obtienen las reacciones.

APOYO	VALOR DE LA REACCIÓN (kN·m)
A	1.89
B	2.7
C	2.12
D	2.31
E	2.12
F	2.7

G	-0.35(Dirección opuesta)
---	--------------------------

Tabla 3: Valor de las reacciones en los distintos apoyos.

Se puede apreciar que si se continúa con esta hipótesis y se aplica a longitudes mayores, se repiten los valores de las reacciones, por tanto, para algunos cálculos se tomará la reacción en el apoyo G como 1.89 kN.

A continuación se analizarán los puntos donde se aplican las fuerzas para buscar dónde se produce el momento máximo y qué magnitud tiene.

$$M(l = 0.25) = 1.896 \cdot 0.25 = 0.474 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M(l = 1.25) = 2.12 \cdot 0.25 + 2.7 \cdot 0.75 - 4.5 \cdot 1 + 1.89 \cdot 1.25 = 0.425 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M(l = 2.25) = 2.7 \cdot 0.25 - 0.354 \cdot 0.75 = 0.409 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Por tanto:  $M_{\text{máx}} = M(l = 0.25) = 0.474 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Una vez obtenido el momento máximo en la sección se obtiene el módulo resistente que será comparado con el del perfil a utilizar para la rodadura, se va a trabajar dentro de valores elásticos. La fórmula del CTE para los cálculos en flexión es la siguiente:

$$M_{el,Rd} = W_{el} \cdot f_{yd}$$

Donde:

- $W_{el}$  = Módulo resistente de la sección en su límite elástico

- $f_{yd}$  = Límite elástico minorado:  $f_{yd} = \frac{f_y}{1.05}$

Por tanto:

$$W_{necesario} = \frac{1.05 \cdot 0.474 \cdot 10^6}{175} = 2844 \text{ mm}^3 < 18.576 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{Cumple}$$



- Hipótesis 2: Vía cargada en cámara de canales: Las canales descansarán en la cámara hasta ser extraídas y utilizadas en el proceso productivo, se entiende que en un metro lineal es posible como máximo situar dos canales ya que lo impide el volumen de las mismas, por ello, se plantea la siguiente hipótesis, para los tramos de vía en la cámara de canales, de tres metros de longitud:

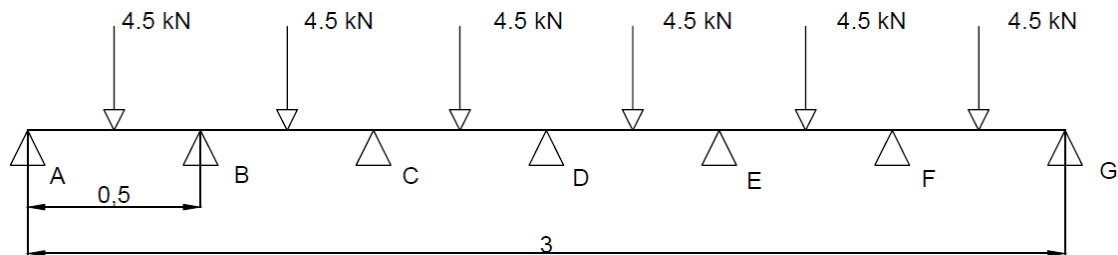


Figura 4: Hipótesis de carga para la cámara de canales

El peso propio del elemento de aprehensión se desprecia en comparación con las cargas a analizar.

Se lleva a cabo el mismo procedimiento que para la hipótesis nº1, la aplicación de la ecuación de los tres momentos, las ecuaciones obtenidas son las siguientes:

- Tramo ABC:  $2Mb + 0.5Mc = -0.843$
- Tramo BCD:  $0.5Mb + 2Mc + 0.5Md = -0.843$
- Tramo CDE:  $0.5Mc + 2Md + 0.5Me = -0.843$
- Tramo DEF:  $0.5Md + 2Me + 0.5Mf = -0.843$
- Tramo EFG:  $0.5Me + 2Mf = -0.843$

Se resuelve el sistema de cinco ecuaciones con cinco incógnitas para obtener el valor de los momentos en B, C, D, E, F, G.

APOYO	VALOR DEL MOMENTO (kN·m)
A	0
B	-0.356
C	-0.259
D	-0.292
E	-0.259
F	-0.356
G	0

Tabla 4: Valor de los momentos en los distintos apoyos.

Una vez obtenido el valor de los momentos, mediante la aplicación de las condiciones de la estática ( $\sum Mi = I$ ) se obtienen las reacciones.

APOYO	VALOR DE LA REACCIÓN (kN·m)
A	1.54
B	5.4
C	4.25
D	4.63
E	4.25
F	5.4
G	1.538

Tabla 5: Valor de las reacciones en los distintos apoyos.

Al tratarse de una viga continua simétrica se calculan los momentos en los tres puntos de aplicación de las cargas de los tres primeros tramos para buscar el momento máximo.

$$M(l = 0.25) = 1.54 \cdot 0.25 = 0.384 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M(l = 0.75) = 1.54 \cdot 0.75 - 4.5 \cdot 0.5 + 5.4 \cdot 0.25 = 0.253 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\begin{aligned} M(l = 1.25) &= 1.54 \cdot 1.25 - 4.5 \cdot 0.5 - 4.5 \cdot 1 + 5.4 \cdot 0.75 + 4.25 \cdot 0.25 \\ &= 0.285 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$M_{\text{máx}} = M(l = 0.25) = 0.384 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Por tanto:

$$W_{\text{necesario}} = \frac{1.05 \cdot 0.384 \cdot 10^6}{175} = 2304 \text{ mm}^3 < 18.576 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{Cumple}$$

Se puede observar que se produce un mayor momento en la vía aérea cuando se da la situación de tránsito (hipótesis 1), pero las reacciones son mayores para la situación de acumulación (hipótesis 2), por tanto se va a dimensionar la estructura portante de la vía aérea para la hipótesis 2, la que se entiende más desfavorable.

- Hipótesis adicional: La carga durante un posible balanceo o por atrapamiento con algún objeto fijo cargue sobre un carril más carga que sobre el otro, ya que

el dimensionamiento inicial se realiza bajo la idea de que se apoya el carro birrañl en los dos carriles sometiéndoles a los mismos esfuerzos. Se comprobará la aptitud de la sección ante este caso.

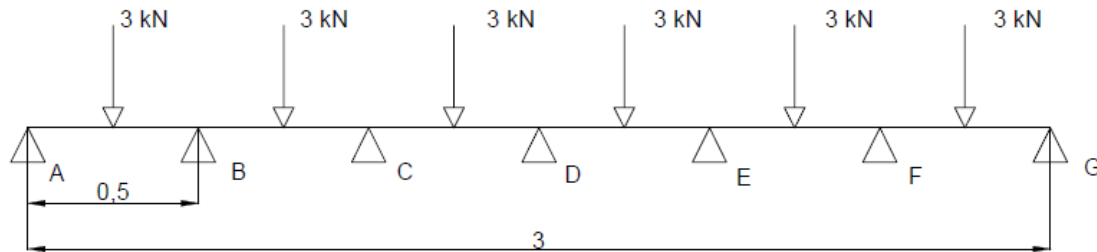


Figura 5: Hipótesis adicional.

Aplicando la ecuación de los tres momentos del mismo modo que para la hipótesis 1 con la salvedad de que la fuerza es de 3 kN en lugar de 4, se obtienen los siguientes momentos y reacciones en cada uno de los puntos:

APOYO	VALOR DEL MOMENTO (kN·m)
A	0
B	-0.238
C	-0.173
D	-0.195
E	-0.173
F	-0.238
G	0

Tabla 6: Valor de los momentos en los distintos apoyos.

Se sabe que el momento máximo se da en  $x = 0.25 \text{ m}$ :

$$M_{\text{máx}} = M(x = 0.25) = 1.02 \cdot 0.25 = 0.256 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Por tanto:

$$W_{\text{necesario}} = \frac{1.05 \cdot 0.256 \cdot 10^6}{175} = 1536 \text{ mm}^3 < 9.288 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{Cumple}$$

### 3.1.2. Estado Límite de Servicio

Los elementos a dimensionar requieren una alta rigidez y una mínima deformación para favorecer al máximo la rodadura a través de la vía, por tanto se busca

la situación más desfavorable que se encuentra dentro de la cámara de canales, en un tramo recto entre dos desvíos 2D cuya longitud es de 0.5 metros, y que según la disposición de silletas actuaría como una viga biapoyada, debido a que, como se ha explicado previamente, no existe unión entre tramos rectos y giros o desvíos.

Para el cálculo en estado límite de servicio se utilizan las cargas características, es decir, sin mayorar, la hipótesis que se ha elegido como más desfavorable y, por tanto, se va a estudiar es la siguiente:

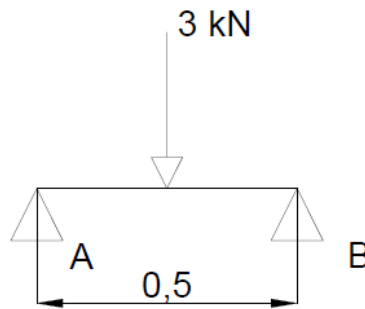


Figura 6: Hipótesis para el estado límite de servicio.

$$R_a = R_b = 1.5 \text{ kN}$$

$$M_{\text{máx}} = M(l = 0.25) = 0.375 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\delta = \frac{Q \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \text{ Donde: } E=210000 \text{ Mpa}$$

$$I_x=36.8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$Q=3000 \text{ N}$$

$$l=500 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{3000 \cdot 500^3}{48 \cdot 210000 \cdot 36.44 \cdot 10^4} = 0.24 \text{ mm}$$

→ Se trata de una deformación insignificante → **Cumple**

### 3.2. Estructura portante de la vía aérea

#### 3.2.1. Vigas sobre la vía

Se realizará el dimensionamiento de la estructura portante de la vía aérea, donde se incluyen los dinteles sobre las vías y los pilares de apoyo, que transmitirán los esfuerzos al suelo mediante una placa de anclaje.

Para el dimensionamiento se realizará el cálculo en la situación de máxima carga, que se da en la cámara de canales, se estudia para la hipótesis más desfavorable (hipótesis 2), añadiendo una carga extra de 2.7 kN que corresponderá al tránsito de cargas por la zona destinada a ese fin (hipótesis 1). Se desprecia el peso propio de los elementos de la vía, perfiles de carriles, silletas y elemento de aprehensión.

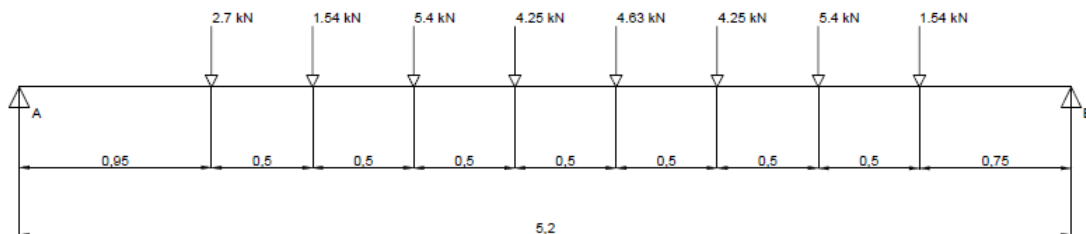


Figura 7: Estado de cargas del dintel sobre la vía.

Las cargas corresponden a las transmitidas por las silletas correspondientes de la hipótesis 2 de carga, o máxima carga de la vía, además como se ha indicado previamente, se ha añadido otra carga correspondiente a una zona de paso dentro de la propia cámara de canales, dicha zona deberá dejarse libre para el tránsito de mercancía entre la cámara y el resto de la sala. El dimensionamiento en estado límite último sigue los siguientes pasos:

Lo primero que se realiza es el cálculo de las reacciones, que luego se transmitirán al pórtico de sustentación:

$$\Sigma Mb = 0; Ra = 14.03 \text{ kN}$$

$$\Sigma Ma = 0; Rb = 15.96 \text{ kN}$$

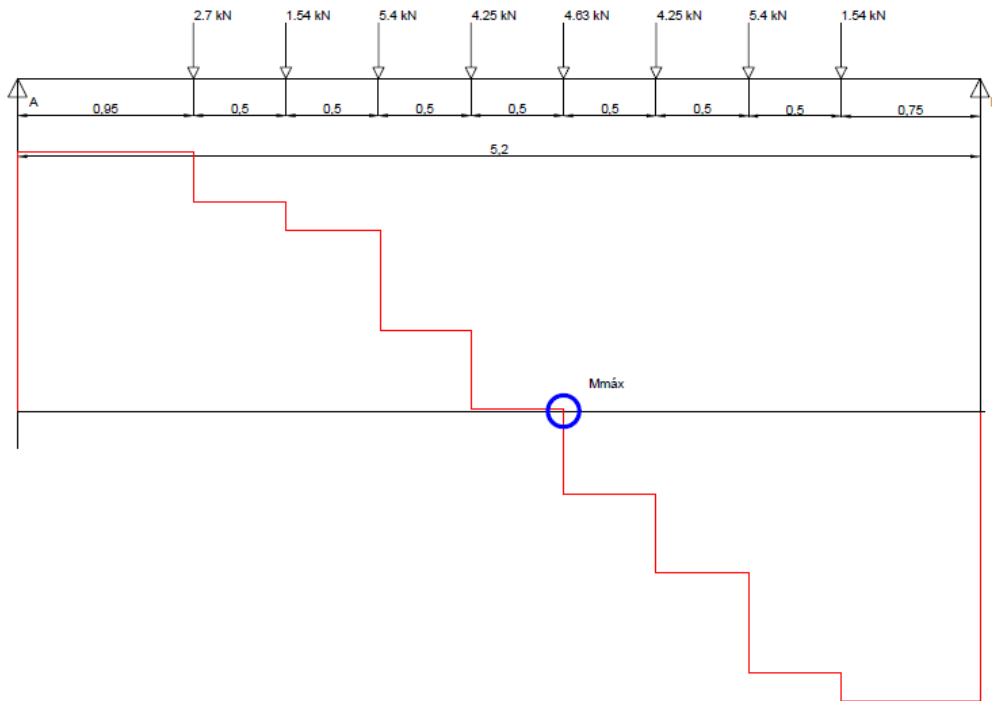


Figura 8: Diagrama de cortantes del dintel sobre la vía.

En el punto donde la fuerza cortante se hace 0 ( $l = 2.95$ ), se sabe que el momento es el máximo, por tanto:

$$\begin{aligned} M_{\text{máx}} &= M(l = 2.95) = -4.95 \cdot 0.5 - 5.4 \cdot 1 - 1.54 \cdot 1.5 + 15.96 \cdot 2.25 \\ &= 26.15 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

Por tanto, según el CTE DB SE-A, el módulo resistente mínimo necesario será:

$$W_{\text{necesario}} = \frac{1.05 \cdot 26.15 \cdot 10^6}{210} = 99845 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{IPE} - \mathbf{160}$$

Para realizar la comprobación de estado límite de servicio se realiza la siguiente aproximación: se transforman las cargas en una carga puntual centrada equivalente al sumatorio de todas las cargas. Para la comprobación de la flecha es necesario utilizar valores característicos de las cargas, es decir, sin mayorar, como se han despreciado los pesos propios, las cargas que se van a emplear están mayoradas con un coeficiente de 1.5, por tanto, se deshace la operación dividiendo la carga entre dicho coeficiente.

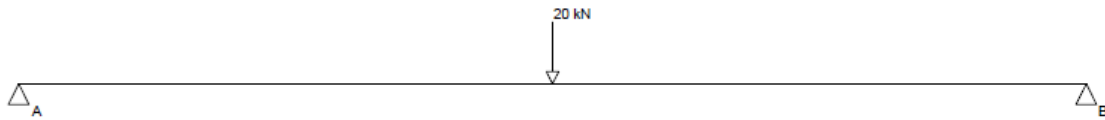


Figura 9: Aproximación para el estado límite de servicio.

$$\Sigma F = 29.71; \frac{29.71}{1.5} = 19.80 \text{ kN} \rightarrow 20 \text{ kN}$$

Dado que se trata de una viga que soportará la carrilería aérea de la sala de despiece, y que hay tramos en los que en la vía existen discontinuidades, para evitar una excesiva separación entre las discontinuidades, se va a limitar la flecha a  $L/400$  (13 mm), según criterios del CTE. Se comprobará el perfil que cumple a ELU:

■ Se comprueba un perfil IPE-160:

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
IPE-160	$I_y = 8.69 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$

Tabla 7: Características del perfil a comprobar.

$$\delta = \frac{20000 \cdot 5200^3}{48 \cdot 210000 \cdot 8.69 \cdot 10^6} = 32.10 \text{ mm} > 13 \rightarrow \text{No cumple}$$

■ Se procede a comprobar un perfil superior (IPE-180):

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
IPE-180	$I_y = 13.2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$

Tabla 8: Características del perfil a comprobar.

$$\delta = \frac{20000 \cdot 5200^3}{48 \cdot 210000 \cdot 13.2 \cdot 10^6} = 21.13 \text{ mm} > 13 \rightarrow \text{No cumple}$$

■ Se procede a comprobar un perfil superior (IPE-200):

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
IPE-200	$I_y = 19.4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$

Tabla 9: Características del perfil a comprobar.

$$\delta = \frac{20000 \cdot 5200^3}{48 \cdot 210000 \cdot 19.4 \cdot 10^6} = 14.38 \text{ mm} > 13 \rightarrow \text{No cumple}$$

■ Se procede a comprobar un perfil superior (IPE-220):

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
IPE-220	$I_y = 27.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$

Tabla 10: Características del perfil a comprobar.

$$\delta = \frac{20000 \cdot 5200^3}{48 \cdot 210000 \cdot 27.7 \cdot 10^6} = 10.07 \text{ mm} < 13 \rightarrow \text{Cumple}$$

Como se ha realizado el dimensionamiento del perfil sobre la vía en el caso más desfavorable de cargas, tanto para el estado límite último como para el estado límite de servicio.

### 3.2.2. Pórtico cámara de canales (caso más desfavorable)

Para el dimensionado de los pilares encargados de soportar el conjunto de la vía aérea, se va a dimensionar el pórtico encargado de soportar la estructura correspondiente a la cámara de canales que, como se ha visto previamente, es la que lleva una situación de carga más desfavorable, se va a dimensionar uno de los dos pórticos, concretamente el que mayores cargas recibe y se dispondrán los dos con las mismas características.

La fuerza transmitida al pórtico será la siguiente, teniendo en cuenta el peso propio de la viga:

$$F = 15.96 + \left( \frac{0.262 \cdot 5.2}{2} \cdot 1.35 \right) = 16.879 \text{ kN} \rightarrow 17 \text{ kN}$$

Como las cargas se encuentran separadas entre sí un metro, se realiza la hipótesis de una viga biempotrada con una carga distribuida de 17 kN/m.

Los dinteles sobre la vía aérea se unirán mediante soldadura a la parte inferior de los dinteles del pórtico, constituyendo apoyos simples.



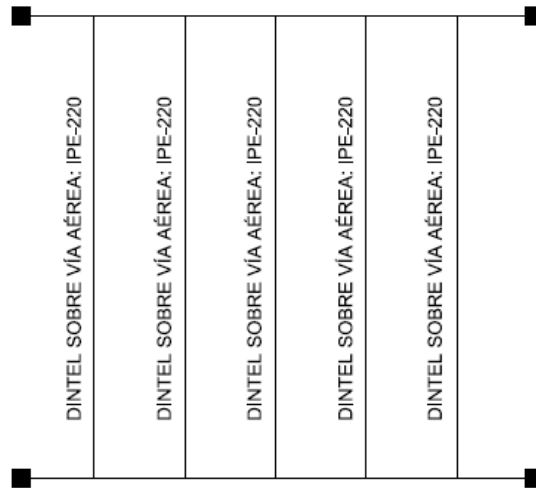


Figura 10: Pórtico de la estructura portante de la cámara de canales (planta).

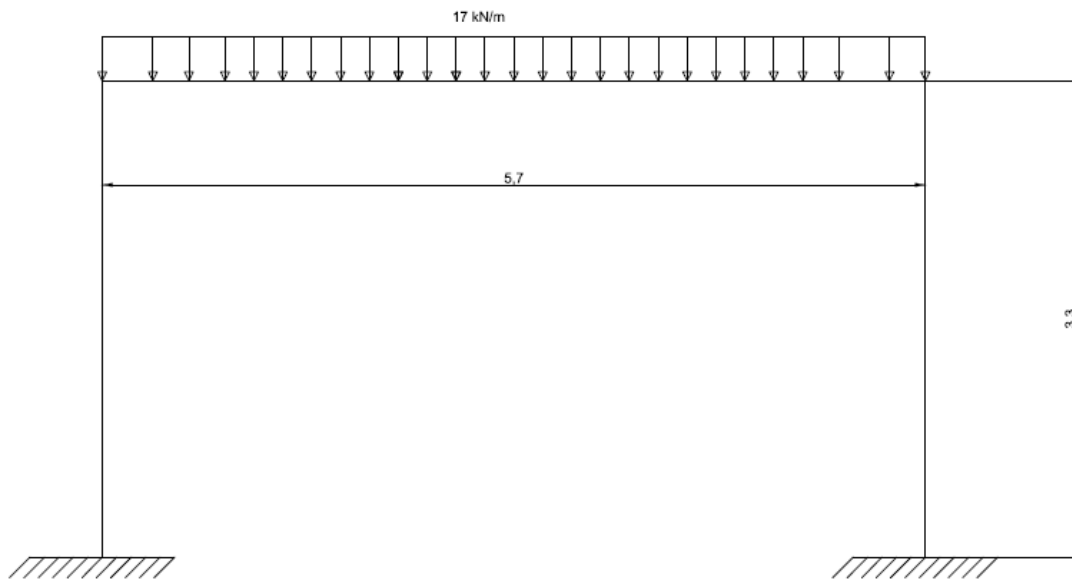


Figura 11: Pórtico de la estructura portante de la cámara de canales (alzado).

Se realiza un predimensionamiento de las columnas y dintel para la obtención de las relaciones de momentos de inercia para la realización del método de Cross, para ello se dimensionan el dintel y las columnas de forma independiente, comenzando por el dintel.

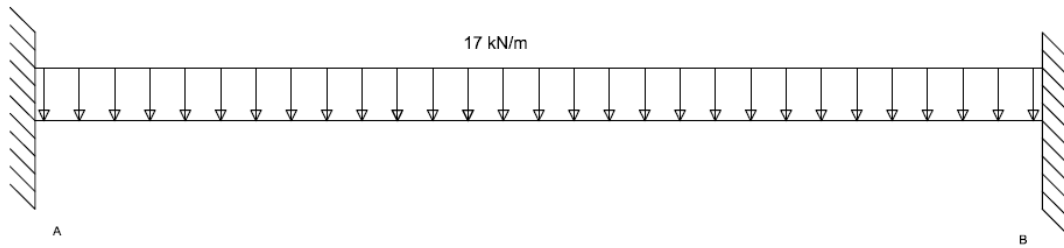


Figura 12: Dintel para el predimensionamiento.

Se dimensiona el dintel como una viga biempotrada, se calculan momentos máximos, en los extremos y reacciones.

$$R_a = R_b = 17 \cdot \frac{5.7}{2} = 48.45 \text{ kN}$$

$$M_a = -M_b = 46.03 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{ (prontuario)}$$

$$M(l = 2.85) = 48.45 \cdot 2.85 - 17 \cdot \frac{2.85^2}{2} - 46.03 = 23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{\text{necesario}} = \frac{1.05 \cdot 46.03 \cdot 10^6}{275} = 175751 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{IPE} - 200$$

Para la comprobación en estado límite de servicio, se elimina la mayoración de cargas. Se desea obtener una deformación máxima inferior a  $L/400$  (14.25 mm).

$$Q = \frac{15.96}{1.5} + \frac{0.262 \cdot 5.2}{2} = 11.22 \text{ kN/m}$$

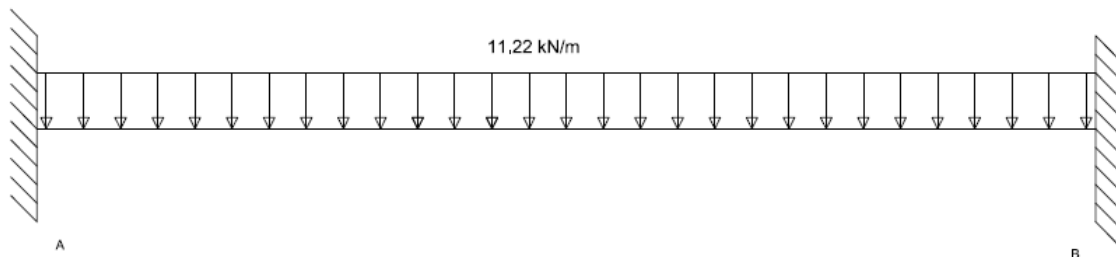


Figura 13: Dintel para la comprobación ELS.

■ Se comprueba un perfil IPE-200:

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
IPE-220	$I_y = 19.4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$

Tabla 11: Características del perfil a comprobar.

$$\delta = \frac{11220 \cdot 5.7 \cdot 5700^3}{384 \cdot 210000 \cdot 19.4 \cdot 10^6} = 7.57 \text{ mm} < 14.25 \text{ mm} \rightarrow \text{Cumple}$$

Para el predimensionamiento de los pilares se va a tener en cuenta que van a estar embebidos en los tabiques, por lo tanto no será necesaria la comprobación de la barra a pandeo en ninguno de los ejes.

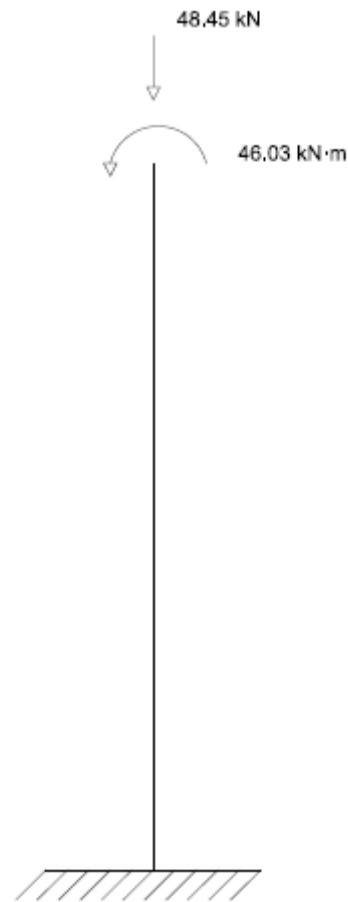


Figura14: Pilar para el predimensionamiento.

Se va a seleccionar el pilar en base a dos comprobaciones del CTE, la de compresión y la de flexión, posteriormente, se comprobará el pilar a combinación de acciones.

En el CTE, la resistencia de las secciones a tracción viene dada por la siguiente expresión:

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

Conocida la carga axil y el límite elástico se obtiene el área mínima de la sección necesaria para dicho esfuerzo.

Posteriormente se calcula, en función de la expresión del CTE para la resistencia de las secciones a flexión, el módulo resistente en el eje de trabajo mínimo necesario para el pilar, y en función del parámetro más desfavorable (axil y flector), se elige un perfil que posteriormente será comprobado a combinación de acciones:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{zEd}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

Por tanto:

$$A_{mín} = \frac{N_{t,rd}}{f_{yd}} = \frac{48.45 \cdot 10^3 \cdot 1.05}{275} = 185 \text{ mm}^2$$

$$W_{mín} = \frac{M_{y,ed}}{f_{yd}} = \frac{46.03 \cdot 10^6 \cdot 1.05}{275} = 175.75 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
TUBO 180X100X8	$I_y = 15.98 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 4000 \text{ mm}^2$
	$W_y = 178 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 12: Características del perfil a comprobar.

Comprobación en la combinación de acciones (axil+flector):

$$\frac{48.45 \cdot 10^3}{4000 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{46.03 \cdot 10^6}{178 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 1.03 > 1 \rightarrow \text{No cumple}$$

TUBO 180X100X10	$I_y = 18.59 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 4860 \text{ mm}^2$
	$W_y = 207 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 13: Características del perfil a comprobar.

$$\frac{48.45 \cdot 10^3}{4860 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{48.45 \cdot 10^6}{207 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.93 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Por tanto, el predimensionamiento con las relaciones de inercia calculada dividiendo todas las inercias entre la menor, queda del siguiente modo:

- Pilares: Perfil rectangular 180x100x10 ( $I = 18.59 \cdot 10^6$  [1])
- Dintel: Perfil laminado IPE-200 ( $I = 19.4 \cdot 10^6$  [1.04])

Conocida la relación de inercias entre los pilares y el dintel, se procede al cálculo de los coeficientes de rigidez relativa ( $K_i$ ), de reparto ( $\rho_i$ ) y los momentos de Cross o actuantes ( $M_i$ ).

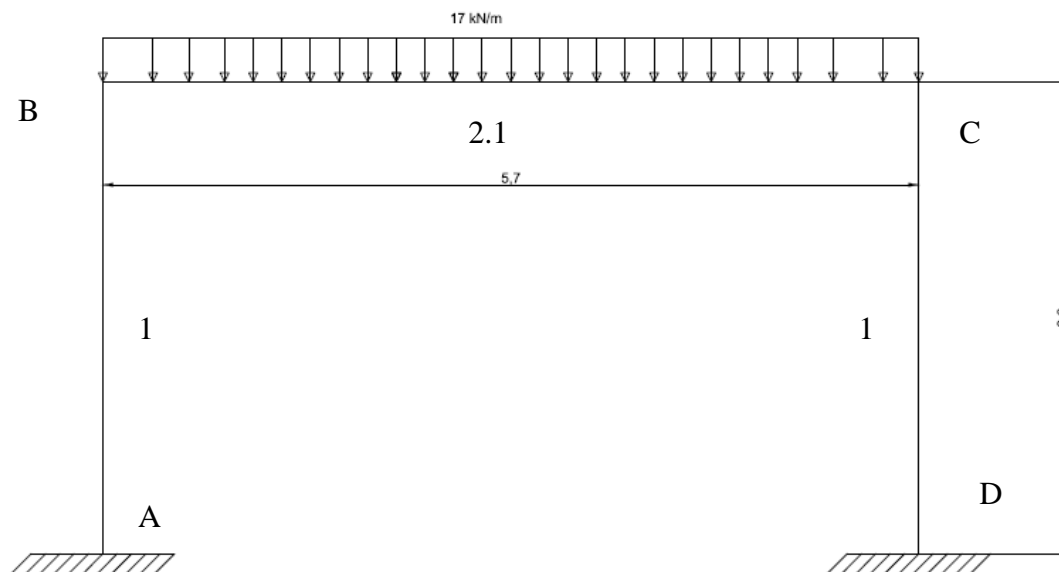


Figura 15: Relación de inercias en el pórtico.

- Cálculo de los coeficientes de rigidez relativa de cada componente:

$$K_{ab} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3.3} = 0.303$$

$$K_{bc} = \frac{I}{l} = \frac{1.04}{5.7} = 0.182$$

$$K_{cd} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3.3} = 0.303$$

- Cálculo de los coeficientes de reparto para cada nudo:

$$\rho_{ba} = \frac{K_{ba}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.303}{0.303 + 0.182} = 0.625$$

$$\rho_{bc} = \frac{K_{bc}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.182}{0.303 + 0.368} = 0.375$$

$$\rho_{cb} = \frac{K_{cb}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.182}{0.303 + 0.182} = 0.375$$

$$\rho_{cd} = \frac{K_{cd}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.303}{0.303 + 0.182} = 0.625$$

- Cálculo de los momentos iniciales, inicialmente existirán momentos generados por la carga en el dintel ( $M_{bc}$  y  $M_{cb}$ ):

$$M_{bc} = -M_{cb} = 46.03 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ (prontuario)}$$

- Cálculo de los momentos de Cross (actuantes)

	A	B		C		D
		BA	BC	CB	CD	
REP	0,000	0,625	0,375	0,375	0,625	0,000
Mo	0,00	0,00	46,03	-46,03	0,00	0,00
1R		-28,77	-17,26	17,26	28,77	
1T	-14,38		8,63	-8,63		14,38
2R		-5,39	-3,24	3,24	5,39	
2T	-2,70		1,62	-1,62		2,70
3R		-1,01	-0,61	0,61	1,01	
3T	-0,51		0,30	-0,30		0,51
4R		-0,19	-0,11	0,11	0,19	
$\Sigma$ Mactuantes	-17,59	-35,36	35,36	-35,36	35,36	17,59
$\Sigma$ Mresistentes	17,59	-35,36	-35,36	-35,36	-35,36	17,59

Tabla 14: Tabla para el cálculo de los momentos de Cross.

En la tabla 8 se obtienen los valores de los momentos actuantes tras las operaciones de reparto y transporte. Para el cálculo de los momentos resistentes, se parte de que los momentos de Cross negativos son en sentido antihorario y los positivos son en sentido horario. Para el cálculo de las fuerzas cortantes se emplearán los momentos actuantes o de Cross, y para el cálculo de los diagramas tanto de cortantes como de momentos flectores se emplearán los momentos resistentes.

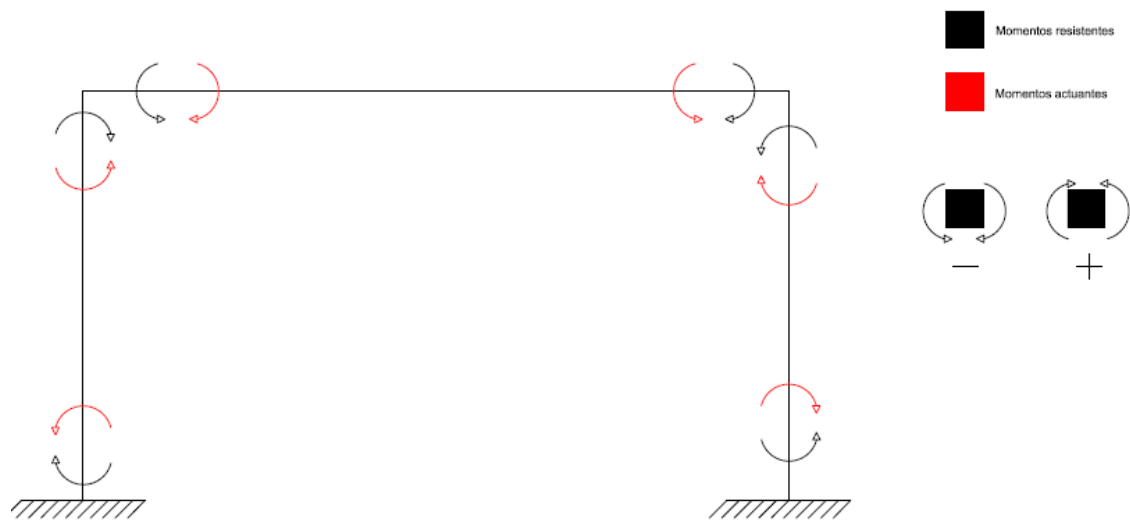


Figura 16: Momentos actuantes y resistentes en el pórtico.

- Cálculo de los esfuerzos cortantes: Conocidos los momentos flectores definitivos (Cross), los esfuerzos cortantes se calculan mediante la siguiente expresión:

$$Q_{in} = Q_0 + \left(-\frac{M_{in} + M_{ni}}{l_{in}}\right) \text{ Donde: } Q_0: \text{ Esfuerzo cortante isostático, es decir, con cargas exteriores}$$

$M_{in}$  y  $M_{ni}$ : Momentos de Cross en el nudo  $i$  y en el nudo  $n$ , con sus signos correspondientes

Este proceso se lleva a cabo con cada una de las partes del pórtico, es decir, para cada pilar y para el dintel.

- Pilar AB:

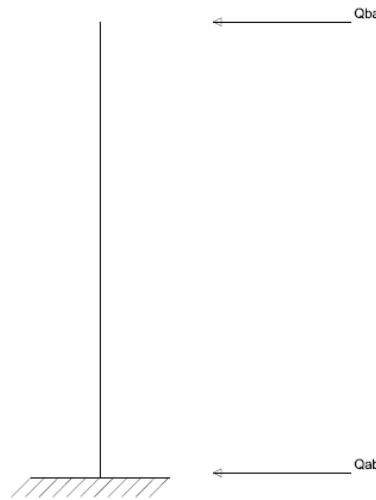


Figura 17: Cálculo de los esfuerzos cortantes en el pilar AB.

$$Q_{ba0} = Q_{ab0} = 0 \text{ (No existen fuerzas externas)}$$

$$Q_{ab} = -\frac{-17.59 - 35.36}{3.3} = 16.04 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{ba} = -\frac{-17.59 - 35.36}{3.3} = 16.04 \text{ kN}(\leftarrow)$$

Para determinar la dirección de la reacción, se establece un criterio de signos aleatorio, y se toma la dirección de un nudo a otro obteniendo la dirección en función del signo obtenido con la operación. El criterio de signos establecido es el siguiente:

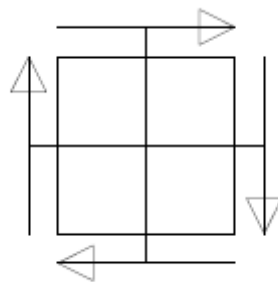


Figura 18: Criterio de signos



- Dintel BC:

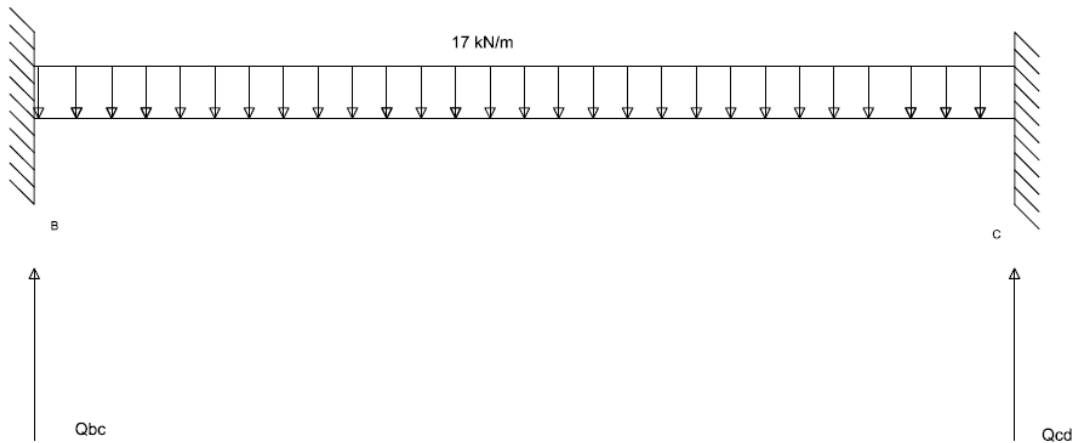


Figura 19: Cálculo de los esfuerzos cortantes en el dintel BC.

En este caso sí que va a existir esfuerzo cortante isostático ya que existe una carga externa en el dintel.

$$Q_{bc0} = Q_{cd0} = 48.45 \text{ kN}$$

$$Q_{bc} = 48.45(\uparrow) + \left(-\frac{28.50 - 28.50}{5.7}\right) = 48.45 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$Q_{bc} = 48.45(\uparrow) + \left(-\frac{28.50 - 28.50}{5.7}\right) = 48.45 \text{ kN}(\uparrow)$$

- Pilar CD:

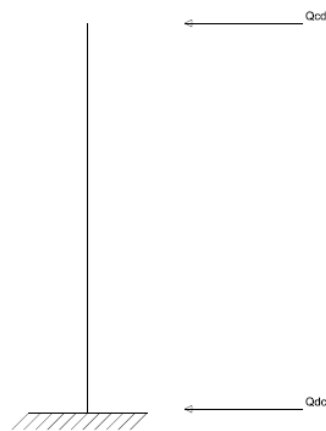


Figura 20: Cálculo de los esfuerzos cortantes en el pilar CD.

$$Q_{cd0} = Q_{dc0} = 0 \text{ (No existen fuerzas externas)}$$

$$Q_{cd} = -\frac{35.36 + 17.59}{3.3} = 16.04 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{dc} = -\frac{35.36 + 17.59}{3.3} = 16.04 \text{ kN}(\leftarrow)$$

Una vez conocidos los valores de esfuerzos cortantes y momentos resistentes, se realiza el diagrama de cortantes y de momentos flectores.

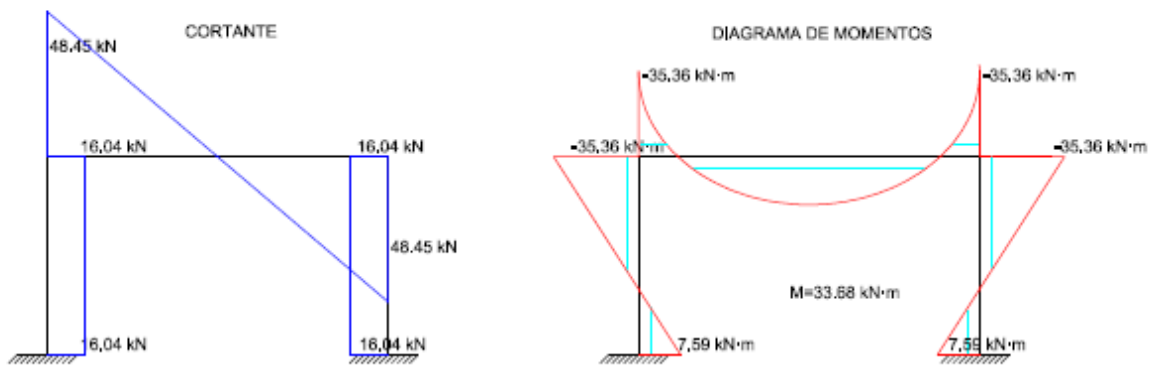


Figura 21: Diagramas de esfuerzos cortantes y de momentos.

$$M(l = 2.85m) = 48.45 \cdot 2.85 - 17 \cdot \frac{2.85^2}{2} - 35.36 = 33.68 \text{ kN} \cdot m$$

$$M_{m\acute{a}x} = M_a = M_c = 35.36 \text{ kN} \cdot m$$

Figura 19: Diagrama de cortantes y momentos flectores.

- Dimensionamiento:
    - Pilares AB y CD
- $\left\{ \begin{array}{l} P=48.45 \text{ kN} \\ M=-35.36 \text{ kN} \cdot m \end{array} \right.$

$$A_{m\acute{i}n} = \frac{N_{t,rd}}{f_{yd}} = \frac{48.45 \cdot 10^3 \cdot 1.05}{275} = 185 \text{ mm}^2$$

$$W_{m\acute{i}n} = \frac{M_{y,ed}}{f_{yd}} = \frac{35.36 \cdot 10^6 \cdot 1.05}{275} = 134.972 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Comprobación en la combinación de acciones (axil+flector):

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
TUBO 150X100X10	$I_y = 11.62 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 4260 \text{ mm}^2$
	$W_y = 155 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 15: Características del perfil a comprobar

$$\frac{48.5 \cdot 10^3}{4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{35.36 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.91 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

○ Dintel BC:  $\left\{ \begin{array}{l} M=35.36 \text{ kN} \end{array} \right.$

$$W_{mín} = \frac{M_{y,ed}}{f_{yd}} = \frac{35.36 \cdot 10^6 \cdot 1.05}{275} = 135 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{IPE} - 200$$

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
IPE-200	$I_y = 19.4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$W_y = 194 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 16: Características del perfil a comprobar.

Se comprueba que la flecha máxima es inferior a L/400 (14.25 mm)

$$\delta = \frac{11220 \cdot 5.7 \cdot 5700^3}{384 \cdot 210000 \cdot 19.4 \cdot 10^6} = 7.57 \text{ mm} < 14.25 \text{ mm} \rightarrow \text{Cumple}$$

Como los esfuerzos son más reducidos que en el predimensionamiento se eligen perfiles diferentes que los del predimensionamiento, por tanto, se establece una nueva relación de inercias y, por tanto se repite el proceso de nuevo.

Por tanto, el predimensionamiento con las relaciones de inercia calculada dividiendo todas las inercias entre la menor, queda del siguiente modo:

- Pilares: Perfil rectangular 150x100x10 ( $I = 11.62 \cdot 10^6$  [1])
- Dintel: Perfil laminado IPE-200 ( $I = 19.4 \cdot 10^6$  [1.67])

Conocida la relación de inercias entre los pilares y el dintel, se procede al cálculo de los coeficientes de rigidez relativa ( $K_i$ ), de reparto ( $\rho_i$ ) y los momentos de Cross o actuantes ( $M_i$ ).

- Cálculo de los coeficientes de rigidez relativa de cada componente:

$$K_{ab} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3.3} = 0.303$$

$$K_{bc} = \frac{I}{l} = \frac{1.67}{5.7} = 0.293$$

$$K_{cd} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3.3} = 0.303$$

- Cálculo de los coeficientes de reparto para cada nudo:

$$\rho_{ba} = \frac{K_{ba}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.303}{0.303 + 0.293} = 0.508$$

$$\rho_{bc} = \frac{K_{bc}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.293}{0.303 + 0.293} = 0.491$$

$$\rho_{cb} = \frac{K_{cb}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.293}{0.303 + 0.293} = 0.491$$

$$\rho_{cd} = \frac{K_{cd}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.303}{0.303 + 0.293} = 0.508$$

- Cálculo de los momentos iniciales, inicialmente existirán momentos generados por la carga en el dintel ( $M_{bc}$  y  $M_{cb}$ ):

$$M_{bc} = -M_{cb} = 46.03 \text{ kN} \cdot \text{m (prontuario)}$$

- Cálculo de los momentos de Cross (actuantes)

	A	B		C		D
		BA	BC	CB	CD	
REP	0,00	0,51	0,49	0,49	0,51	0,00

Mo	0,00	0,00	46,03	-46,03	0,00	0,00
1R		-23,38	-22,60	22,60	23,38	
1T	-11,69		11,30	-11,30		11,69
2R		-5,74	-5,55	5,55	5,74	
2T	-2,87		2,77	-2,77		2,87
3R		-1,41	-1,36	1,36	1,41	
3T	-0,70		0,68	-0,68		0,70
4R		-0,35	-0,33	0,33	0,35	
ΣMactuantes	-15,27	-30,88	30,94	-30,94	30,88	15,27
ΣMresistentes	15,27	-30,88	-30,94	-30,94	-30,88	15,27

Tabla 17: Tabla para el cálculo de los momentos de Cross.

➤ Cálculo de los esfuerzos cortantes:

$$Q_{ab} = -\frac{-15.27 - 30.88}{3.3} = 14 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{ba} = -\frac{-26.75 - 13.22}{3.3} = 14 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$Q_{bc} = Q_{cb} = 48.45 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$Q_{cd} = -\frac{15.27 + 30.88}{3.3} = 14 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{dc} = -\frac{15.27 + 30.88}{3.3} = 14 \text{ kN}(\leftarrow)$$

Una vez conocidos los valores de esfuerzos cortantes y momentos resistentes, se realiza el diagrama de cortantes y de momentos flectores.

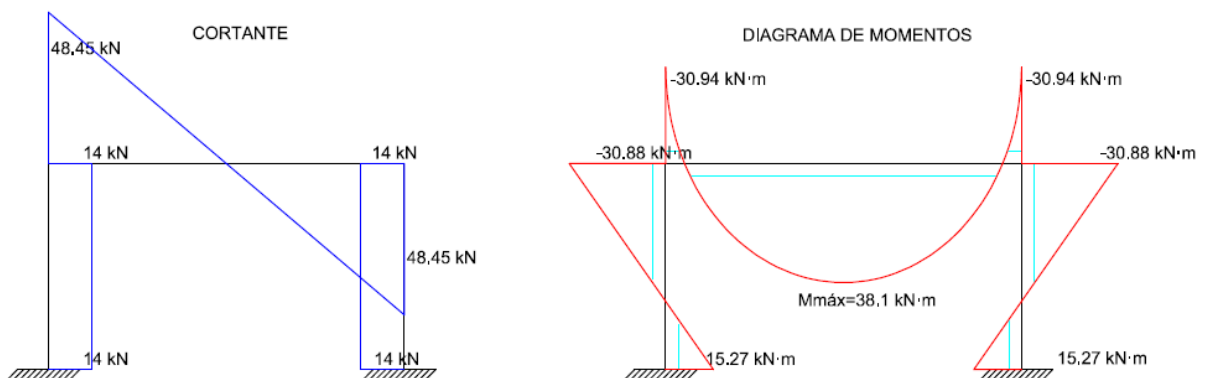


Figura 22: Diagrama de cortantes y momentos flectores.

$$M_{\max} = M(l = 2.85m) = 48.45 \cdot 2.85 - 17 \cdot \frac{2.85^2}{2} - 30.94 = 38.10 \text{ kN} \cdot m$$

➤ Dimensionamiento

- Pilares AB y CD: Se estudia el perfil elegido previamente a combinación de acciones para la sección:

$$\frac{48.45 \cdot 10^3}{4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{30.88 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.8 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

- Dintel BC: Se dimensiona para el perfil elegido previamente, utilizando su módulo resistente para obtener el momento máximo que soporta el perfil.

$$M_{\max}(\text{admisible}) = 194 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05} = 50.80 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$> 38.1 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} (\text{Momento máximo}) \rightarrow \text{Cumple}$$

Por tanto, el pórtico queda dimensionado de la siguiente manera:

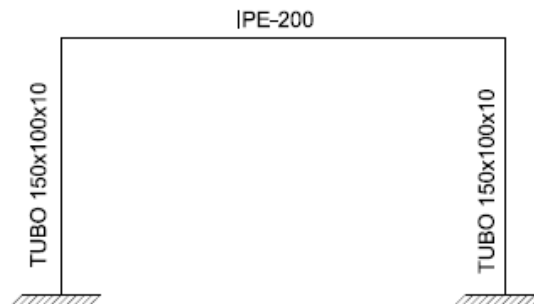


Figura 23: Perfiles a emplear.

### 3.2.3. Resto de comprobaciones

El resto de la estructura se va a estudiar con los perfiles descritos previamente, para la facilidad durante el montaje, se montarán los mismos perfiles.

Se van a comprobar bajo la hipótesis 1 de cargas, previamente definida, para una situación de recepción de canales, en la que en la vía aérea no se produce acumulación, por incompatibilidad de las condiciones para el correcto almacenado de las canales.

Acorde con el plano número X, se van a detallar los cálculos para cada una de las partes de la vía aérea, la cual se va a estudiar con perfiles IPE-220 para los dinteles y tubo 150x100x10 para los pilares.

Se ha calculado la hipótesis 1 para un tramo de vía de tres metros, por tanto se van a sustituir las fuerzas generadas por las silletas por una fuerza distribuida que se situará a lo largo de los perfiles que se vayan a estudiar:

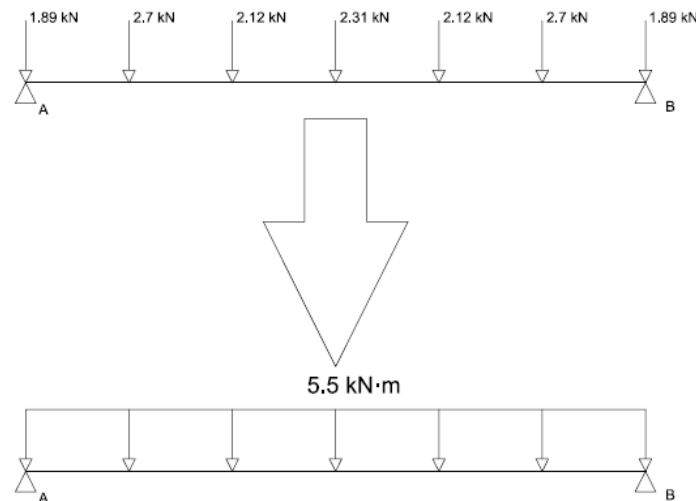


Figura 24: Aproximación para el cálculo.

Las uniones entre los diferentes perfiles será mediante brochales, ya que es necesario que se encuentren todos a la misma altura para permitir la rodadura de la vía.

Dado que en ocasiones se van a dar situaciones con momentos torsores, se va a calcular la clase del perfil a utilizar. Esto se realiza en el apartado 5.2.4 "Tipos de sección", donde se distinguen las siguientes secciones:

Tabla 5.1 Clasificación de secciones transversales solicitadas por momentos flectores

<b>Clase 1: Plástica</b>	Permiten la formación de la rótula plástica con la capacidad de rotación suficiente para la redistribución de momentos.
<b>Clase 2: Compacta</b>	Permiten el desarrollo del momento plástico con una capacidad de rotación limitada.
<b>Clase 3: Semicompacta o Elástica</b>	En la fibra más comprimida se puede alcanzar el límite elástico del acero pero la abolladura impide el desarrollo del momento plástico
<b>Clase 4: Esbelta</b>	Los elementos total o parcialmente comprimidos de las secciones esbeltas se abollan antes de alcanzar el límite elástico en la fibra más comprimida.

En la tabla 5.2 se indica el método de cálculo que se deberá emplear para cada clase de sección.

Tabla 5.2 Métodos de cálculo

Clase de sección	Método para la determinación de las solicitaciones	Método para la determinación de la resistencia de las secciones
Plástica	Plástico o Elástico	Plástico o Elástico
Compacta	Elástico	Plástico o Elástico
Semicompacta	Elástico	Elástico
Esbelta	Elástico con posible reducción de rigidez	Elástico con resistencia reducida

Los perfiles IPE-220 empleados en este caso estarán solicitados a flexión, mediante la tabla 5.3 "Límites de esbeltez para elementos planos, apoyados en dos bordes, total o parcialmente comprimidos" se obtiene la clase del alma.

- Apartado Flexión simple:  $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0.9244$
- $c = 220 - 2 \cdot 9.2 = 201.6 \text{ mm}$
- $\frac{c}{t} = 34.16$
- $72 \cdot \varepsilon = 66.55 \rightarrow \text{Valor asociado a clase 1}$
- $\frac{c}{t} < 72 \cdot \varepsilon \rightarrow \text{El alma es de clase 1}$

El ala en los perfiles IPE-220 está comprimida.

- $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{fy}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0.9244$
- $c = \frac{110 - 5.9 - 2 \cdot 12}{2} = 40.05 \text{ mm}$
- $\frac{c}{t} = 4.35$
- $9 \cdot \varepsilon = 8.31$
- $\frac{c}{t} < 9 \cdot \varepsilon \rightarrow \text{El ala es de clase 1}$

Por tanto, el perfil IPE-220 es de **clase 1** y se podría analizar mediante métodos elásticos y plásticos, pero, en el proyecto solo se realizan cálculos elásticos.



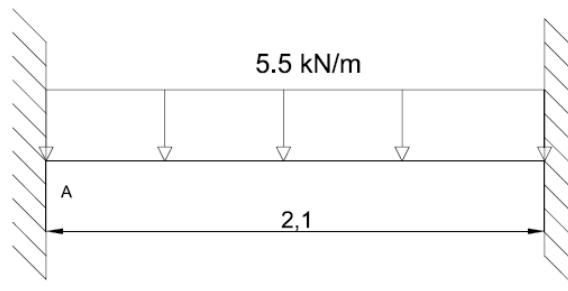
**3.2.3.1. Dintel número 1**

Figura 25: Dintel 1

Se trata de una viga biempotrada y simétrica, por tanto:

$$R_a = R_b = \frac{5.5 \cdot 2.1}{2} = 5.775 \text{ kN}$$

$$M_a = M_b = \frac{5.5 \cdot 2.1^2}{12} = -2.02 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Expresión de prontuario.}$$

$$M(l = 1.05) = 5.775 \cdot 1.05 - 5.5 \cdot \frac{1.05^2}{2} - 2.02 = 1.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Se comprueba que el IPE-220 cumple a flexión.

$$M_{\text{máx admisible}} = 252 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05} = 66 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$> 2.02 \cdot 10^6 (\text{Momento máximo}) \rightarrow \text{Cumple}$$

Las reacciones transmitidas a los apoyos serán las siguientes, teniendo en cuenta el peso propio de la viga:

$$R_a = R_b = \frac{5.5 \cdot 2.1}{2} + \frac{0.262 \cdot 3.5}{2} \cdot 1.35 = 6.40 \text{ kN}$$

→ Se debe tener en cuenta para el cálculo del resto de los dinteles.

Se comprueba que la flecha máxima no supere el valor de L/400 (5.25 mm para este caso)

$$Q = \frac{5.5}{1.5} = 3.67 \text{ kN}$$

$$\delta = \frac{3670 \cdot 2.1 \cdot 2100^3}{384 \cdot 210000 \cdot 27.7 \cdot 10^6} = 0.032 \text{ mm} < 14.25 \text{ mm} \rightarrow \text{Cumple}$$

### 3.2.3.2. Dintel número 2

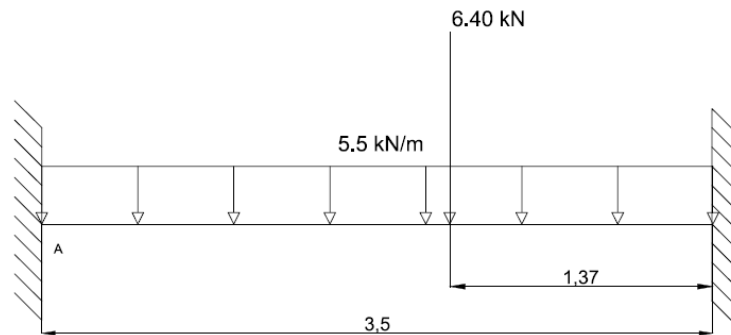


Figura 26: Esquema del dintel 2.

$$M_a = M_{dist} + M_{conc} = -7.70 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Expresiones de prontuario.}$$

$$M_b = M_{dist} + M_{conc} = -8.86 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \text{Expresiones de prontuario.}$$

$$\Sigma M_a = -7.70 = 3.5 \cdot R_b - 6.30 \cdot 2.13 - 5.5 \cdot \frac{3.5^2}{2} - 8.81 \rightarrow R_b = 13.8 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_b = -8.86 = 3.5 \cdot R_a - 6.30 \cdot 1.37 - 5.5 \cdot \frac{3.5^2}{2} - 7.67 \rightarrow R_a = 11.8 \text{ kN}$$

$$M(l = 2.13) = 11.8 \cdot 2.13 - 5.5 \cdot \frac{2.13^2}{2} - 7.67 = 5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Se pretende emplear un IPE-220:

$$M_{\text{máx admisible}} = 252 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05} = 66 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$> 8.86 \cdot 10^6 (\text{Momento máximo}) \rightarrow \text{Cumple}$$

Las reacciones transmitidas a los apoyos serán las siguientes, teniendo en cuenta el peso propio de la viga:

$$Ra = 11.8 + \frac{0.262 \cdot 3.5}{2} \cdot 1.35 = 12.42 \text{ kN}$$

→ Se debe tener en cuenta para el cálculo del resto de los dinteles.

$$Rb = 13.8 + \frac{0.262 \cdot 3.5}{2} \cdot 1.35 = 14.42 \text{ kN}$$

→ Se debe tener en cuenta para el cálculo del resto de los dinteles.

Como se muestra en el anexo X, la carga puntual genera un momento torsor en la viga que hay que estudiar. Se realiza el estudio del momento torsor en el punto más desfavorable, el ala. Además se debe comprobar la sección a combinación de acciones, con un momento torsor, un momento flector y un esfuerzo cortante.

$$Mt = 2.02 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}; V = 6.30 \text{ kN}; Mf = M(l = 2.13) = 5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{T}{Kt} = \frac{T}{K \cdot \frac{1}{3} a \cdot G \cdot \Sigma(a^3 \cdot b)} \\ &= \frac{2.02 \cdot 10^6}{1.25 \cdot \frac{1}{3} \cdot 81000 \cdot (110 \cdot 9.2^2) + (110 + 9.2^2) + (201.6 \cdot 5.9^2)} \\ &= 3.138 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\tau_{\text{máx}} = G \cdot \theta \cdot a$$

$$\tau_{\text{máx}}(Mt) = 81000 \cdot 3.138 \cdot 10^{-4} \cdot 9.2 = 233.83 \text{ Mpa} \rightarrow \text{En el ala superior.}$$

$$\tau_{\text{máx}}(Mt) = 81000 \cdot 3.138 \cdot 10^{-4} \cdot 5.9 = 149.96 \text{ Mpa} \rightarrow \text{En el alma.}$$

$$\tau(V) = \frac{6.30 \cdot 10^3}{3340} = 1.886 \text{ Mpa}$$

$$\sigma(Mf) = \frac{Mf}{W_x} = \frac{5 \cdot 10^6}{252 \cdot 10^3} = 19.84 \text{ Mpa}$$

$$\Sigma\tau = 235.716 \text{ Mpa}$$

Se realiza la combinación de acciones mediante el criterio de Von Mises:

$$\sqrt{19.84^2 + 3 \cdot 235.716^2} = 408.74 \text{ Mpa} > 275 \rightarrow \text{No cumple}$$

Como se ha visto en el anexo X, las secciones abiertas como perfiles en doble T, son muy poco eficientes a la sollicitación de torsión, para evitar este problema, en el

lugar del embrochalamiento se suelda un rigidizador con el mismo espesor del alma (5.9 mm) y se repiten los cálculos para una pieza rectangular.

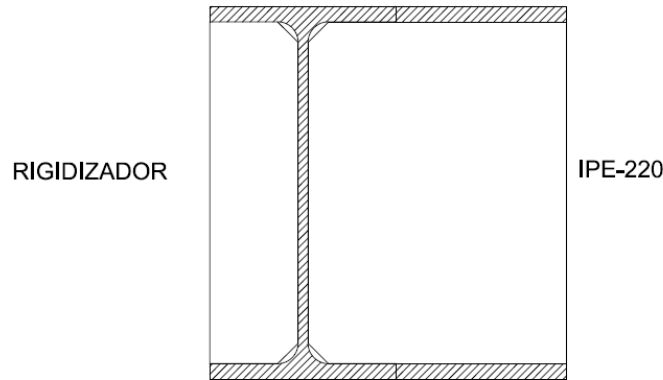


Figura 27: Disposición del rigidizador.

De este modo, el área resistente de la zona afectada es la siguiente:

$$A = 220 \cdot 110 = 24200 \text{ mm}^2$$

Por tanto, se utiliza la fórmula obtenida en el anexo X para el cálculo de torsión en piezas rectangulares. Con  $\alpha = 2$ .

$$\tau_{\text{máx}}(Mt) = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{T}{a^2 \cdot b} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2.02 \cdot 10^6}{110^2 \cdot 220} = 0.37 \text{ Mpa}$$

$$\tau(V) = \frac{6.30 \cdot 10^3}{24200} = 0.26 \text{ Mpa}$$

$$\sigma(Mf) = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 110}{\frac{110 \cdot 220^3}{12}} = 5.63 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{5.63^2 + 3 \cdot 0.63^2} = 5.73 \text{ Mpa} < 275 \rightarrow \text{Cumple}$$

### 3.2.3.3. Dintel número 3

Va apoyado sobre dos perfiles tubulares rectangulares 150x100x10, los cuales hay que comprobar a pandeo, ya que en este caso no van arriostrados. Se realiza el método de Cross, conocida ya la relación de inercias entre los pilares y el dintel (1 y

1.67, respectivamente). La altura de los pilares será de 3.1 metros en función de la altura calculada en el caso del pórtico de la cámara de canales.

Los esfuerzos que se muestran en la figura 22 corresponden a los transmitidos por la vía aérea y por el apoyo del dintel número 1, por tanto, también se debe comprobar la viga ante esfuerzos de torsión.

Se van a emplear los siguientes perfiles:

- Pilares: Perfil rectangular 150x100x10 ( $I = 11.62 \cdot 10^6$  [1])
- Dintel: Perfil laminado IPE-220 ( $I = 27.7 \cdot 10^6$  [2.38])

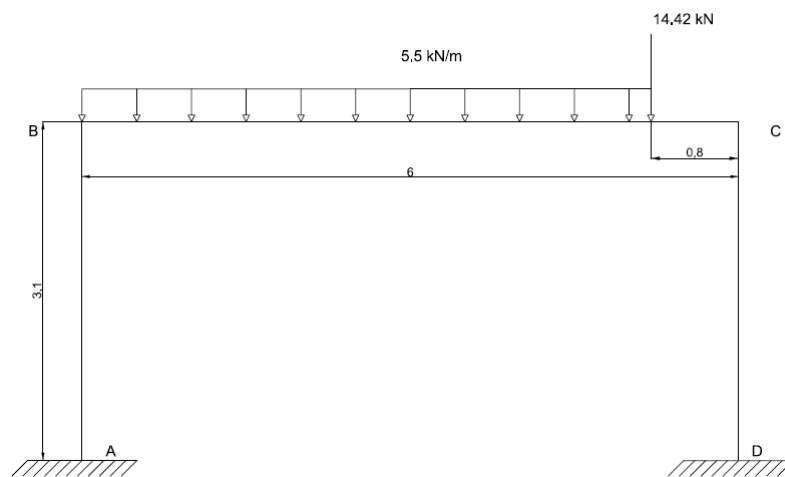


Figura 28: Esquema del pórtico 2

➤ Cálculo de los coeficientes de rigidez relativa de cada componente:

$$K_{ab} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3.1} = 0.322$$

$$K_{bc} = \frac{I}{l} = \frac{2.38}{6} = 0.396$$

$$K_{cd} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3.1} = 0.322$$

➤ Cálculo de los coeficientes de reparto para cada nudo:

$$\rho_{ba} = \frac{K_{ba}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.322}{0.322 + 0.396} = 0.448$$

$$\rho_{bc} = \frac{K_{bc}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.396}{0.322 + 0.396} = 0.551$$

$$\rho_{cb} = \frac{K_{cb}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.396}{0.322 + 0.396} = 0.551$$

$$\rho_{cd} = \frac{K_{cd}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.322}{0.322 + 0.396} = 0.448$$

- Cálculo de los momentos iniciales, inicialmente existirán momentos generados por la carga en el dintel ( $M_{bc}$  y  $M_{cb}$ ):

$$M_{bc} = M_{bc}(\text{dist}) + M_{bc}(\text{conc}) = 1.33 + 16.36 = 17.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cb} = M_{cb}(\text{dist}) + M_{cb}(\text{conc}) = -8.66 - 15.03 = -23.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ambas expresiones son extraídas de un prontuario.

- Cálculo de los momentos de Cross (actuantes)

En este caso, al presentarse asimetría en las cargas hay que tener en cuenta los efectos de los momentos de segundo orden generados por el desplazamiento del pórtico. Se comienza calculando los momentos resultantes de la acción de las cargas.

	A	B		C		D
		BA	BC	CB	CD	
REP	0,00	0,45	0,55	0,55	0,45	0,00
Mo	0,00	0,00	17,70	-23,70	0,00	0,00
1R		-7,93	-9,75	13,06	10,62	
1T	-3,96		6,53	-4,88		5,31
2R		-2,93	-3,60	2,69	2,18	
2T	-1,46		1,34	-1,80		1,09
3R		-0,60	-0,74	0,99	0,81	
3T	-0,30		0,50	-0,37		0,40
4R		-0,22	-0,27	0,20	0,17	
$\Sigma M_{\text{actuantes}}$	-5,73	-11,68	11,70	-13,80	13,77	6,80
$\Sigma m_{\text{resistentes}}$	5,73	-11,68	-11,70	-13,80	-13,77	6,80

Tabla 18: Tabla para el cálculo de los momentos de Cross.

A continuación se calcula el esfuerzo cortante horizontal, suma de los cortantes en los nudos BA y CD.

$$Q_{ba} = -\frac{-11.68 - 5.73}{3.1} = 5.61 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$Q_{cd} = -\frac{13.77 + 6.80}{3.1} = 6.63 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q = 6.63 - 5.61 = 1.025 \text{ kN} (\rightarrow)$$

A continuación se establecen momentos arbitrarios en sentido contrario a la fuerza cortante, ya que serán los encargados de contrarrestar este esfuerzo, por ejemplo, se establece:

$$M_a = M_{ba} = M_{cd} = M_d = -100 \text{ kN} \cdot m$$

Se calculan los momentos actuantes mediante el método de Cross.

	A	B		C		D
		BA	BC	CB	CD	
REP	0,00	0,45	0,55	0,55	0,45	0,00
Mo	-100,00	-100,00	0,00	0,00	-100,00	-100,00
1R	0,00	44,80	55,10	55,10	44,80	0,00
1T	22,40		27,55	27,55		22,40
2R		-12,34	-15,18	-15,18	-12,34	
2T	-6,17		-7,59	-7,59		-6,17
3R		3,40	4,18	4,18	3,40	
3T	1,70		2,09	2,09		1,70
4R		-0,94	-1,15	-1,15	-0,94	
ΣMactuantes	-82,07	-65,08	65,00	65,00	-65,08	-82,07

Tabla 19: Momentos debidos al desplazamiento.

Se calcula, del mismo modo, el esfuerzo cortante horizontal, que debe quedar en sentido contrario al generado por las cargas.

$$Q'_{ba} = -\frac{-65.08 - 82.07}{3.1} = 47.46 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$Q'_{cd} = -\frac{-65.08 - 82.07}{3.1} = 47.46 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$Q' = 6.63 - 5.61 = 1.025 \text{ kN} (\leftarrow)$$

Para calcular el momento total que actúa sobre el pórtico se emplea la siguiente expresión:

$$M_{total} = M(\text{cargas}) + k \cdot M(\text{desplazamientos})$$

Donde:

$$k = \frac{Q}{Q'} = \frac{1.025}{94.93} = 0.011$$

	A	B		C		D
		BA	BC	CB	CD	
Mcargas	-5,73	-11,68	11,70	-13,80	13,77	6,80
Mdesplazamiento	-82,07	-65,08	65,00	65,00	-65,08	-82,07
Mdesp·K	-0,90	-0,72	0,72	0,72	-0,72	-0,90
Mtotal	-6,63	-12,39	12,42	-13,09	13,06	5,90
Mresistentes	6,63	-12,39	-12,42	-13,09	-13,06	5,90

Tabla 20: Momentos totales.

➤ Cálculo de los esfuerzos cortantes.

$$Q_{ab} = -\frac{-6.63 - 12.39}{3.1} = 6.13 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{ba} = -\frac{-12.39 - 6.63}{3.1} = 6.13 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$Q_{bc} = 18.13 + \left(-\frac{12.42 - 13.09}{6}\right) = 18 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$Q_{cb} = 24.9 + \left(-\frac{-13.09 + 12.42}{6}\right) = 25 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$Q_{cd} = -\frac{13.06 + 5.90}{3.1} = 6.11 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{dc} = -\frac{5.90 + 13.06}{3.1} = 6.11 \text{ kN}(\leftarrow)$$

Una vez conocidos los valores de esfuerzos cortantes y momentos resistentes, se realiza el diagrama de cortantes y de momentos flectores.



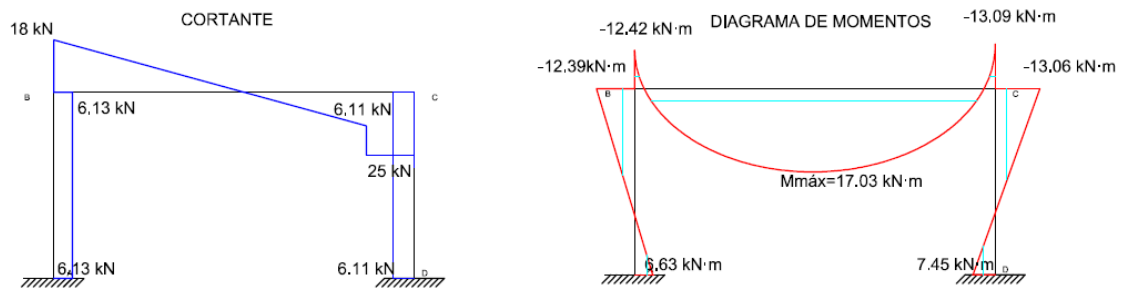


Figura 29: Diagrama de cortantes y momentos flectores para el pórtico 2

$$M(l = 3.27) = 18 \cdot 3.27 - 5.5 \cdot \frac{3.27^2}{2} - 12.42 = 17.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

→ *Momento máximo*

- Dimensionamiento.
  - Pilar AB:
 

P=18 kN
M=-12.39 kN·m

Se va a realizar la comprobación de un tubo estructural 150x100x10, por tanto, se comprueba directamente la sección a combinación de esfuerzos, para, posteriormente, calcular la combinación de esfuerzos en la barra (incluyendo pandeo en ambos ejes).

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
TUBO 150X100X10	$I_y = 11.62 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$I_z = 6.14 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 4260 \text{ mm}^2$
	$W_y = 155 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 21: Características del perfil a comprobar.

$$\frac{18 \cdot 10^3}{4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{12.39 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.32 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Se debe comprobar la resistencia a la barra a combinación de esfuerzos (flexión + compresión), comprobando el pandeo en ambos ejes.

En primer lugar se comprobará el pandeo en ambos ejes. Para calcular el pandeo en pilares de edificios, según marca el CTE, se debe calcular la longitud de pandeo ( $L_k$ ) mediante las siguientes ecuaciones:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \frac{1 + 0,145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,265 \cdot \eta_1 \eta_2}{2 - 0,364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,247 \cdot \eta_1 \eta_2} \leq 1$$

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}}$$

siendo

$K_c$  coeficiente de rigidez  $EI/L$  del tramo de pilar analizado;

$K_i$  coeficiente de rigidez  $EI/L$  del siguiente tramo de pilar en el nudo  $i$ , nulo caso de no existir;

$K_{ij}$  coeficiente de rigidez eficaz de la viga en el nudo  $i$ , y posición  $j$ .

Los valores de  $K_c$  y  $K_i$  se obtienen a partir de la figura 6.5 del documento básico utilizado.

- Pandeo en el eje Y (Eje de flexión)

$$K_c = \frac{210000 \cdot 11,62 \cdot 10^6}{3100} = 787.161 \cdot 10^6 N/mm$$

$$K_{12} = \frac{210000 \cdot 27,7 \cdot 10^6}{6000} = 969,5 \cdot 10^6 N/mm$$

$$\eta_1 = \frac{787.161 \cdot 10^6}{787.161 \cdot 10^6 + 969,5 \cdot 10^6} = 0,45$$

$$\eta_1 = \frac{787.161 \cdot 10^6}{787.161 \cdot 10^6} = 1$$

$$\beta = \frac{l_k}{l} = \frac{1 + 0,145 \cdot (0,45 + 1) - 0,265 \cdot 0,45 \cdot 1}{2 - 0,364 \cdot (0,45 + 1) - 0,247 \cdot 0,45 \cdot 1} \leq 1$$

$$\beta = 0,80 \rightarrow l_k = 0,80 \cdot 3100 = 2480 \text{ mm}$$

Según el apartado 6.3.2 compresión del DB SE-A, se calcula la esbeltez reducida del pilar y su coeficiente de pandeo, cuya verificación viene dada por:

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

Las expresiones para el cálculo de la esbeltez reducida son las siguientes:

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

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I$$

Por tanto:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 11.62 \cdot 10^6}{2480^2} = 3.915 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{4260 \cdot 275}{3.915 \cdot 10^6}} = 0.55 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

En la tabla 6.2, en función de la sección transversal, se obtiene la curva donde se debe obtener el coeficiente  $\chi$ , que se obtiene por interpolación en la tabla 6.3, para un tubo estructural conformado en frío, se elige la curva C.

$$\lambda = 0.55 \rightarrow \chi = 0.80$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.80 \cdot 4260 \cdot \frac{275}{1.05} = 892.57 \cdot 10^3 \text{ N} > 18 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Pandeo en el eje Y

$$L_k = 2480 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 6.14 \cdot 10^6}{2480^2} = 2.07 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{4260 \cdot 275}{2.07 \cdot 10^6}} = 0.75 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

En la tabla 6.2, en función de la sección transversal, se obtiene la curva donde se debe obtener el coeficiente  $\chi$ , que se obtiene por interpolación en la tabla 6.3, para un tubo estructural conformado en frío, se elige la curva C.

$$\lambda = 0.75 \rightarrow \chi = 0.65$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.65 \cdot 4260 \cdot \frac{275}{1.05} = 725.21 \cdot 10^3 \text{ N} > 18 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Interacción de esfuerzos en las piezas: Se comprobará la barra ante esfuerzos de compresión + flexión, siguiendo el apartado 6.3.4.2 del CTE:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Donde:

$\chi_y$ : Coeficiente de pandeo en el eje de flexión (eje X en el caso actual).

$A^* = A$ , ya que se trabaja con piezas dentro de su límite elástico.

$k_y$ : Se obtiene a partir de la tabla 6.9 del DB.

$c_{m,y}$ : Se obtiene a partir de la tabla 6.10.

$e_{N,y}$ : Se obtiene a partir de la tabla 6.8.

$W_y = W_x$

No es necesario calcular la tercera parte ya que solo se presenta flexión en un eje.

$$\frac{18 \cdot 10^3}{0.80 \cdot 4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + 1.007 \cdot \frac{0.40 \cdot 12.39 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.14 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\circ \text{ Pilar CD } \left\{ \begin{array}{l} P=25 \text{ kN} \\ M=-13.06 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{array} \right.$$

Se va a realizar la comprobación de un tubo estructural 150x100x10, por tanto, se comprueba directamente la sección a combinación de esfuerzos, para, posteriormente, calcular la combinación de esfuerzos en la barra (incluyendo pandeo en ambos ejes).

$$\frac{25 \cdot 10^3}{4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{13.06 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.35 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Se debe comprobar la resistencia a la barra a combinación de esfuerzos (flexión + compresión), comprobando el pandeo en ambos ejes.

- Pandeo en el eje Y (Eje de flexión)

$$Kc = \frac{210000 \cdot 11.62 \cdot 10^6}{3100} = 787.161 \cdot 10^6 \text{ N/mm}$$

$$K11 = \frac{210000 \cdot 27.7 \cdot 10^6}{6000} = 969.5 \cdot 10^6 \text{ N/mm}$$

$$\eta1 = \frac{787.161 \cdot 10^6}{787.161 \cdot 10^6 + 969.5 \cdot 10^6} = 0.45$$

$$\eta1 = \frac{787.161 \cdot 10^6}{787.161 \cdot 10^6} = 1$$

$$\beta = \frac{lk}{l} = \frac{1 + 0.145 \cdot (0.45 + 1) - 0.265 \cdot 0.45 \cdot 1}{2 - 0.364 \cdot (0.45 + 1) - 0.247 \cdot 0.45 \cdot 1} \leq 1$$

$$\beta = 0.80 \rightarrow lk = 0.80 \cdot 3100 = 2480 \text{ mm}$$

$$Ncr = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 11.62 \cdot 10^6}{2480^2} = 3.92 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{4260 \cdot 275}{3.92 \cdot 10^6}} = 0.55 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

$$\lambda = 0.55 \rightarrow \chi = 0.80$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.80 \cdot 4260 \cdot \frac{275}{1.05} = 892.57 \cdot 10^3 \text{ N} > 25.53 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Pandeo en el eje Z

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 6.14 \cdot 10^6}{2480^2} = 2.07 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{4260 \cdot 275}{2.07 \cdot 10^6}} = 0.75 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

$$\lambda = 0.75 \rightarrow \chi = 0.65$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.65 \cdot 4260 \cdot \frac{275}{1.05} = 725.21 \cdot 10^3 \text{ N} > 25.53 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Interacción de esfuerzos en las piezas: Se comprobará la barra ante esfuerzos de compresión + flexión, siguiendo el apartado 6.3.4.2 del CTE:

$$\frac{25 \cdot 10^3}{0.80 \cdot 4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + 1.007 \cdot \frac{0.40 \cdot 13.06 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.14 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

- Dintel BC:

Se comprobará que el momento máximo admisible del perfil elegido (IPE-220) no supera al momento máximo aplicado al dintel.

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
IPE-220	$I_y = 27.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$W_y = 252 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 22: Características del perfil a comprobar.

$$M_{\text{máx}} = M(l = 3.27) = 18 \cdot 3.27 - 5.5 \cdot \frac{3.27^2}{2} - 12.42 = 17.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{máx}} = 252 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05} = 66 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} > 17.03 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Torsión

En el punto de aplicación de la fuerza puntual de 14.42 kN se ejerce a la vez un momento torsor transmitido por la viga embrochalada, al igual que en el caso anterior, se va a disponer un rigidizador en la zona de unión de ambas vigas, de espesor igual al alma. Se presentan las siguientes fuerzas en dicho punto:

$$M_t = 8.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

→ Momento flector que el dintel número 2 transmite al empotramiento.

$$M_f(l = 5.2 \text{ m}) = 18 \cdot 5.2 - 5.5 \cdot \frac{5.2^2}{2} - 12.42 = 6.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V = 14.42 \text{ kN}$$

$$\tau_{\text{máx}}(M_t) = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{T}{a^2 \cdot b} = \frac{1}{2} \cdot \frac{8.86 \cdot 10^6}{110^2 \cdot 220} = 1.66 \text{ Mpa}$$

$$\tau(V) = \frac{14.42 \cdot 10^3}{24200} = 0.60 \text{ Mpa}$$

$$\sigma(M_f) = \frac{6.82 \cdot 10^6 \cdot 110}{\frac{110 \cdot 220^3}{12}} = 7.68 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{7.68^2 + 3 \cdot 2.26^2} = 8.62 \text{ Mpa} < 275 \rightarrow \text{Cumple}$$

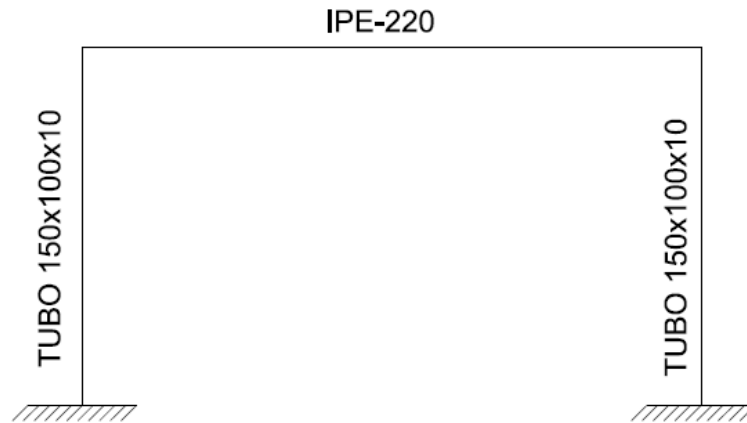


Figura 30: Perfiles a emplear.

### 3.2.3.4. Dintel número 4

Se trata de un pórtico que apoya una parte sobre un pilar y la otra sobre una viga mediante un embrochalamiento, por lo que se puede considerar que va biempotrado.

Se van a emplear los siguientes perfiles:

- Pilares: Perfil rectangular 150x100x10 ( $I = 11.62 \cdot 10^6$  [1])
- Dintel: Perfil laminado IPE-220 ( $I = 27.7 \cdot 10^6$  [2.38])

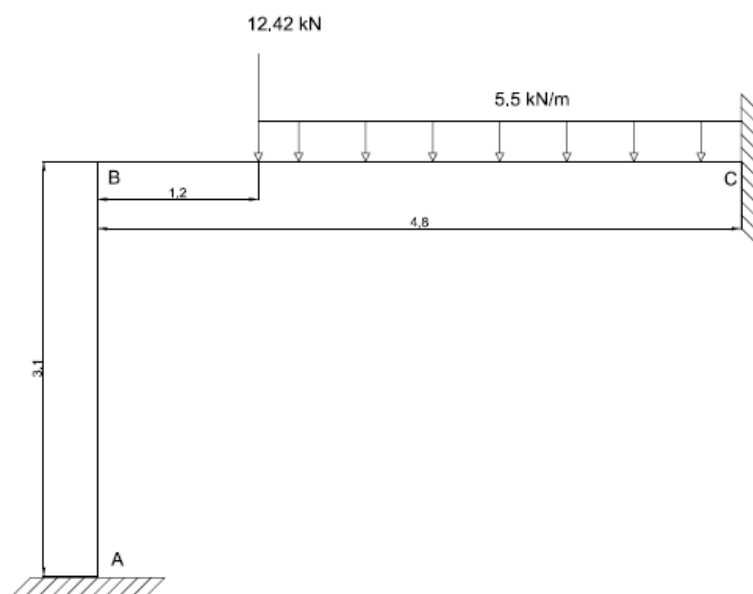


Figura 31: Pórtico 3.



- Cálculo de los coeficientes de rigidez relativa de cada componente:

$$K_{ab} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3.1} = 0.322$$

$$K_{bc} = \frac{I}{l} = \frac{2.38}{4.8} = 0.495$$

- Cálculo de los coeficientes de reparto para cada nudo:

$$\rho_{ba} = \frac{K_{ba}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.322}{0.322 + 0.495} = 0.394$$

$$\rho_{bc} = \frac{K_{bc}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.495}{0.322 + 0.495} = 0.606$$

- Cálculo de los momentos iniciales, inicialmente existirán momentos generados por la carga en el dintel ( $M_{bc}$  y  $M_{cb}$ ):

$$M_{bc} = M_{bc}(\text{dist}) + M_{bc}(\text{conc}) = 8.38 + 7.79 = 16.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cb} = M_{cb}(\text{dist}) + M_{cb}(\text{conc}) = -2.79 - 10.02 = -12.81 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Cálculo de los momentos de Cross (actuantes)

	A	B		C
		BA	BC	
REP	0,00	0,39	0,61	0,00
Mo	0,00	0,00	16,17	-12,81
1R	0,00	-6,37	-9,80	0,00
1T	-3,19		0,00	-4,90
2R	0,00	0,00	0,00	0,00
$\Sigma M_{\text{actuantes}}$	-3,19	-6,37	6,37	-17,71
$\Sigma M_{\text{resistentes}}$	3,19	-6,37	-6,37	-17,71

Tabla 23: Tabla para el cálculo de los momentos de Cross.

$$Q_{ab} = -\frac{-3.19 - 6.37}{3.1} = 3.1 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{ba} = -\frac{-6.37 - 3.19}{3.1} = 3.1 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$Q_{bc} = 16.74 + \left(-\frac{6.37 - 17.71}{4.8}\right) = 14.38 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$Q_{cb} = 15.48 + \left( -\frac{-17.71 + 6.37}{4.8} \right) = 17.84 \text{ kN} (\uparrow)$$

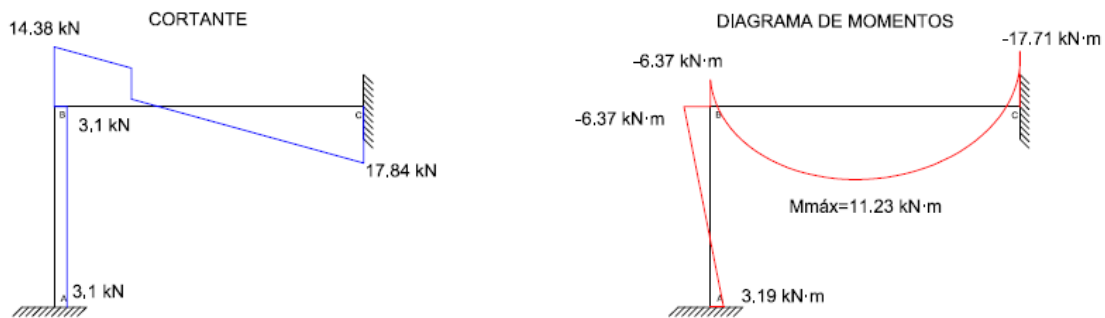


Figura 32: Diagrama de cortante y flectores para el pórtico 6.

$$M(l = 1.55 \text{ m}) = 14.38 \cdot 1.55 - 12.42 \cdot 0.35 - 5.5 \cdot \frac{0.35^2}{2} - 6.37 = 11.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

→  $M_{\text{máx}}$

➤ Dimensionado

○ Pilar AB  $\left\{ \begin{array}{l} P=14.38 \text{ kN} \\ M_{\text{máx}}=6.37 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{array} \right.$

Hay que destacar que el pilar irá embebido en el tabique, por lo que se considera arriostrado y no serán necesarias las comprobaciones de pandeo y de combinación de esfuerzos en la barra, por tanto, se comprueba que cumpla la sección únicamente a combinación de compresión y flexión.

- Combinación de acciones en la sección:

$$\frac{14.38 \cdot 10^3}{4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{6.37 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.17 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

○ Dintel BC  $\left\{ \begin{array}{l} M_{\text{máx}}=-11.23 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ P=3.1 \text{ kN} \end{array} \right.$

Hay que efectuar la comprobación de pandeo y de combinación de acciones en la barra, debido a la presencia de la compresión.

- Combinación de acciones en la sección:

$$\frac{3.1 \cdot 10^3}{3340 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{11.23 \cdot 10^6}{252 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.17 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

- Pandeo en el eje X:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 27.7 \cdot 10^6}{2400^2} = 9.97 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$L_k = 0.5 \cdot L(\text{biempotrada}) = 0.5 \cdot 4.8 = 2.4 \text{ m}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{3340 \cdot 275}{9.97 \cdot 10^6}} = 0.30 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

Curva A:

$$\lambda = 0.30 \rightarrow \chi = 0.98$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.98 \cdot 3340 \cdot \frac{275}{1.05} = 875.26 \cdot 10^3 \text{ N} > 3.1 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Pandeo en el eje Y

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 2.05 \cdot 10^6}{2400^2} = 737.65 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{3340 \cdot 275}{737.65 \cdot 10^3}} = 1.1 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

$$\lambda = 1.1 \rightarrow \chi = 0.60$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.60 \cdot 3340 \cdot \frac{275}{1.05} = 524.85 \cdot 10^3 \text{ N} > 3.1 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Interacción de esfuerzos en las piezas: Se comprobará la barra ante esfuerzos de compresión + flexión, siguiendo el apartado 6.3.4.2 del CTE:

$$\frac{3.1 \cdot 10^3}{0.98 \cdot 3340 \cdot \frac{275}{1.05}} + 1 \cdot \frac{0.704 \cdot 11.23 \cdot 10^6}{252 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.12 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

- Torsión

En el punto de aplicación de la fuerza puntual de 12.42 kN se ejerce a la vez un momento torsor transmitido por la viga embrochalada, al igual que en el caso anterior, se va a disponer un rigidizador en la zona de unión de ambas vigas, de espesor igual al alma. Se presentan las siguientes fuerzas en dicho punto:

$$Mt = 7.70 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

→ Momento flector que el dintel número 2 transmite al empotramiento.

$$Mf(l = 1.2 \text{ m}) = 14.38 \cdot 1.2 - 6.37 = 10.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V = 12.42 \text{ kN}$$

$$\tau_{\text{máx}}(Mt) = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{T}{a^2 \cdot b} = \frac{1}{2} \cdot \frac{7.70 \cdot 10^6}{110^2 \cdot 220} = 1.45 \text{ Mpa}$$

$$\tau(V) = \frac{12.42 \cdot 10^3}{24200} = 0.51 \text{ Mpa}$$

$$\sigma(Mf) = \frac{10.89 \cdot 10^6 \cdot 110}{\frac{110 \cdot 220^3}{12}} = 12.27 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{12.27^2 + 3 \cdot 2^2} = 12.75 \text{ Mpa} < 275 \rightarrow \text{Cumple}$$

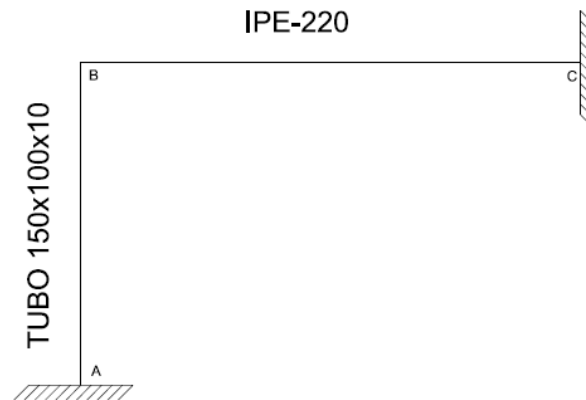


Figura 33: Perfiles a emplear.

La reacción sobre C (17.84 kN) se debe tener en cuenta a la hora del cálculo del dintel número 4, a continuación:

$$R_c = 17.84 + \frac{0.262 \cdot 4.8}{2} \cdot 1.35 = 18.7 \text{ kN}$$

### 3.2.3.5. Dintel número 5

Se debe indicar que el pilar irá embebido en el tabique, por tanto, no se tendrán en cuenta momentos de segundo orden ni se tendrá en cuenta la comprobación tanto a pandeo como a esfuerzos combinados de flexión y compresión.

Se van a emplear los siguientes perfiles:

- Pilares: Perfil rectangular 150x100x10 ( $I = 11.62 \cdot 10^6$  [1])
- Dintel: Perfil laminado IPE-220 ( $I = 27.7 \cdot 10^6$  [2.38])

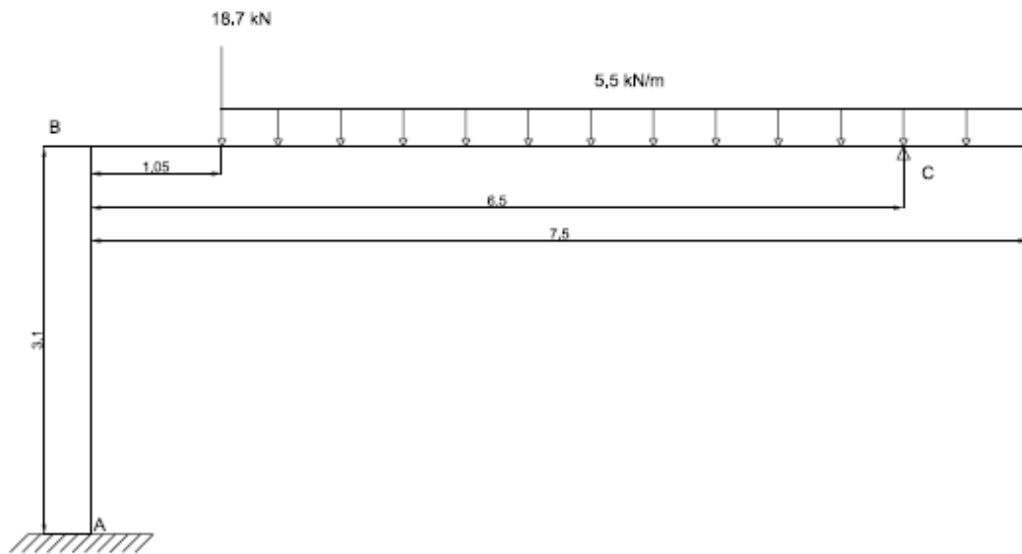


Figura 34: Pórtico 5

- Cálculo de los coeficientes de rigidez relativa de cada componente:

$$K_{ab} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3.1} = 0.322$$

$$K_{bc} = \frac{I}{l} = \frac{2.38}{6.5} = 0.366$$

$$K_{cd} = \frac{I}{l} = \frac{2.38}{\infty} = 0$$

- Cálculo de los coeficientes de reparto para cada nudo:

$$\rho_{ba} = \frac{K_{ba}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.322}{0.322 + 0.366} = 0.468$$

$$\rho_{bc} = \frac{K_{bc}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.366}{0.322 + 0.366} = 0.532$$

$$\rho_{cb} = \frac{K_{cb}}{K_{ba} + K_{cb}} = \frac{0.366}{0.366 + 0} = 0.366$$

- Cálculo de los momentos iniciales, inicialmente existirán momentos generados por la carga en el dintel ( $M_{bc}$  y  $M_{cb}$ ):

$$Mbc = Mbc(dist) + Mbc(conc) = 30.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mcb = Mcb(dist) + Mbc(conc) = -21.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mcd = -\frac{5.5 \cdot 1^2}{2} = -2.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

➤ Cálculo de los momentos de Cross (actuantes)

	A	B		C	
		BA	BC	CB	CD
REP	0,00	0,47	0,53	1,00	0,00
Mo	0,00	0,00	30,80	-21,60	2,75
1R	0,00	-14,41	-16,39	21,60	0,00
1T	-7,21		10,80	-8,19	0,00
2R	0,00	-5,05	-5,75	8,19	0,00
2T	-2,53		4,10	-2,87	0,00
3R	0,00	-1,92	-2,18	2,87	0,00
3T	-0,96		1,44	-1,09	0,00
4R	0,00	-0,67	-0,76	1,09	0,00
ΣMactuantes	-10,69	-22,06	22,06	0,00	2,75
ΣMresistentes	10,69	-22,06	-22,06	0	-2,75

Tabla 24: Momentos de Cross y resistentes.

$$Qab = -\frac{-10.69 - 22.06}{3.1} = 10.74 (\rightarrow)$$

$$Qab = -\frac{-10.69 - 22.06}{3.1} = 10.74 (\leftarrow)$$

$$Qbc = 28.24 + \left(-\frac{22.06 + 0}{6.5}\right) = 31.64 (\uparrow)$$

$$Qcb = 28.24 + \left(-\frac{22.06 + 0}{6.5}\right) = 24.84 (\uparrow)$$

$$Qcd = 5.5 + \left(-\frac{-2.75}{1}\right) = 8.25 (\uparrow)$$

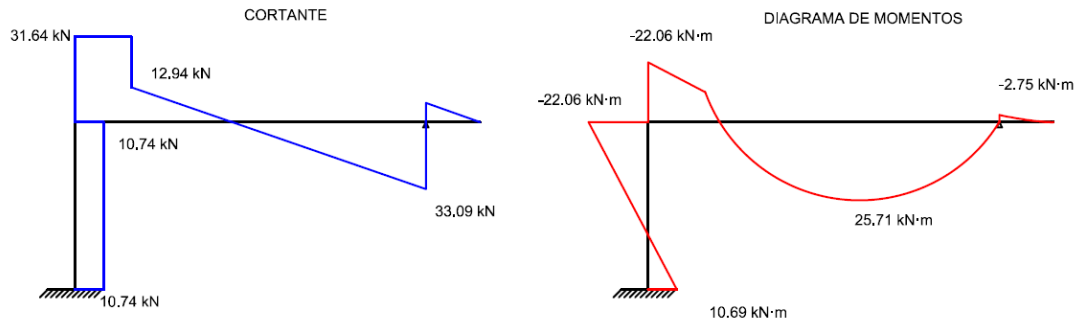


Figura 35: Diagrama de cortantes y de momentos flectores.

$$\begin{aligned}
 M_{\text{máx}} &= M(l = 2.91) \\
 &= 31.64 \cdot 2.91 - 18.7 \cdot (2.91 - 1.05) - 5.5 \cdot \frac{(2.91 - 1.05)^2}{2} - 22.06 \\
 &= 25.71 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

➤ Dimensionado

$$\begin{array}{l}
 \circ \text{ Pilar AB} \left\{ \begin{array}{l} P=31.64 \text{ kN} \\ M_{\text{máx}}=22.06 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

Hay que destacar que el pilar irá embebido en el tabique, por lo que se considera arriostrado y no serán necesarias las comprobaciones de pandeo y de combinación de esfuerzos en la barra, por tanto, se comprueba que cumpla la sección únicamente a combinación de compresión y flexión.

- Combinación de acciones en la sección:

$$\frac{31.64 \cdot 10^3}{4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{22.06 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.57 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\begin{array}{l}
 \circ \text{ Dintel BC} \left\{ \begin{array}{l} P=10.74 \text{ kN} \\ M_{\text{máx}}=25.71 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

Hay que efectuar la comprobación de pandeo y de combinación de acciones en la barra, debido a la presencia de la compresión.



- Combinación de acciones en la sección:

$$\frac{10.74 \cdot 10^3}{3340 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{25.71 \cdot 10^6}{252 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.4 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

- Pandeo en el eje Y:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 27.7 \cdot 10^6}{4550^2} = 2.77 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$Lk = 0.7 \cdot L(\text{biempotrada}) = 0.7 \cdot 6.5 = 4550 \text{ m}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{3340 \cdot 275}{2.77 \cdot 10^6}} = 0.57 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

Curva A:

$$\lambda = 0.57 \rightarrow \chi = 0.9$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.9 \cdot 3340 \cdot \frac{275}{1.05} = 787.28 \cdot 10^3 \text{ N} > 10.74 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Pandeo en el eje Z:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 2.05 \cdot 10^6}{4550^2} = 205.23 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{3340 \cdot 275}{205.23 \cdot 10^3}} = 1.1 < 2 \rightarrow \text{No cumple a esbeltez.}$$

Se toma en consideración que el dintel número 4 ejerce arriostramiento sobre el dintel analizado impidiendo el pandeo en el eje y, por tanto la longitud de pandeo es:

$$Lk = 0.7 \cdot 4450 = 3115 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 2.05 \cdot 10^6}{3115^2} = 437.88 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{3340 \cdot 275}{437.88 \cdot 10^3}} = 1.45 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

$$\lambda = 1.45 \rightarrow \chi = 0.40$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.40 \cdot 3340 \cdot \frac{275}{1.05} = 350 \cdot 10^3 \text{ N} > 10.74 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Interacción de esfuerzos en las piezas: Se comprobará la barra ante esfuerzos de compresión + flexión, siguiendo el apartado 6.3.4.2 del CTE:

$$\frac{10.74 \cdot 10^3}{0.9 \cdot 3340 \cdot \frac{275}{1.05}} + 1.005 \cdot \frac{0.704 \cdot 25.71 \cdot 10^6}{252 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.3 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

- Torsión

$$M_t = 17.71 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

→ Momento flector que el dintel número 4 transmite al empotramiento.

$$M_f(l = 1.05 \text{ m}) = 31.64 \cdot 1.05 - 22.06 = 11.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V = 18.7 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max}(M_t) = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{T}{a^2 \cdot b} = \frac{1}{2} \cdot \frac{17.71 \cdot 10^6}{110^2 \cdot 220} = 3.32 \text{ Mpa}$$

$$\tau(V) = \frac{18.7 \cdot 10^3}{24200} = 0.77 \text{ Mpa}$$

$$\sigma(M_f) = \frac{11.16 \cdot 10^6 \cdot 110}{\frac{110 \cdot 220^3}{12}} = 12.57 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{12.57^2 + 3 \cdot 4.1^2} = 14.43 \text{ Mpa} < 275 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$q_6 = 33.06 + \frac{0.262 \cdot 7.5}{2} \cdot 1.35 = 35 \text{ kN}$$

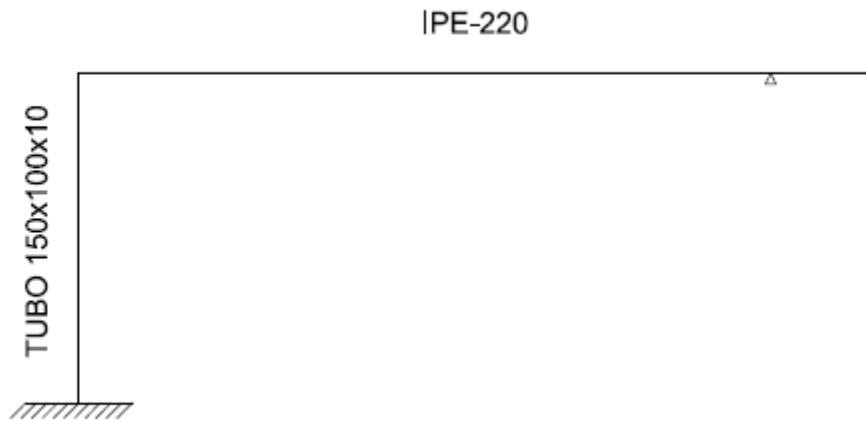


Figura 36: Disposición final pórtico 5.

### 3.2.3.6. Dintel número 6

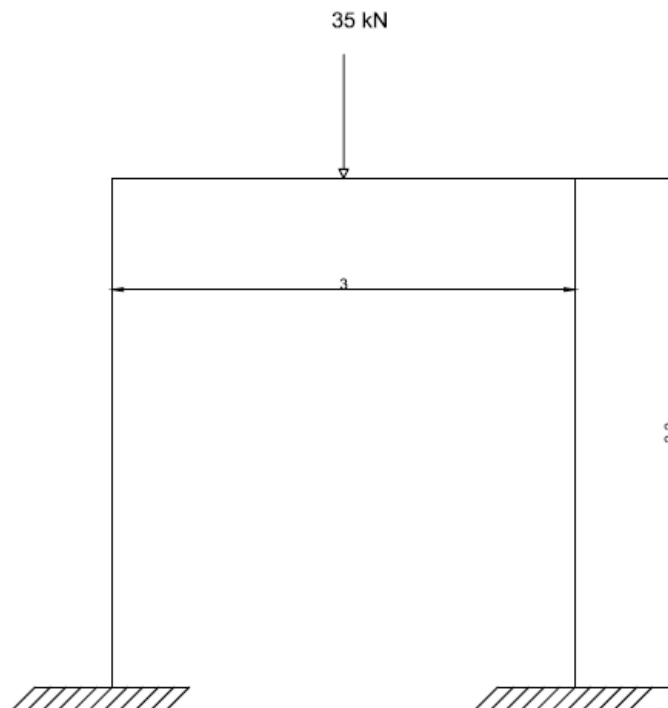


Figura 37: Dintel número 6.

Para el dimensionado de este pórtico se tiene en cuenta que los pilares no irán embebidos en el tabique y por tanto hay que calcular las piezas tanto a pandeo como a flexión combinada con compresión tanto en el eje X como en el eje Y, ya que habrá flexión en ambos, procedente del apoyo articulado del dintel 5 sobre este.

Se van a emplear los siguientes perfiles, elegidos en base al predimensionamiento que se realiza utilizando los esfuerzos en el eje Y, es decir los horizontales originados en la articulación, que serán los más desfavorables:

- Pilares: Perfil rectangular 150x100x10 ( $I = 11.62 \cdot 10^6$  [2.15])
- Dintel: Perfil laminado IPE-140 ( $I = 5.41 \cdot 10^6$  [1])

➤ Cálculo de los coeficientes de rigidez relativa de cada componente:

$$K_{ab} = \frac{I}{l} = \frac{2.15}{3.3} = 0.65$$

$$K_{bc} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$K_{cd} = \frac{I}{l} = \frac{2.15}{3.3} = 0.65$$

➤ Cálculo de los coeficientes de reparto para cada nudo:

$$\rho_{ba} = \frac{K_{ba}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.65}{0.65 + 0.33} = 0.663$$

$$\rho_{bc} = \frac{K_{bc}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.33}{0.65 + 0.33} = 0.337$$

$$\rho_{cb} = \frac{K_{cb}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.33}{0.65 + 0.33} = 0.337$$

$$\rho_{cd} = \frac{K_{cd}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.65}{0.65 + 0.33} = 0.663$$

➤ Cálculo de los momentos iniciales, inicialmente existirán momentos generados por la carga en el dintel ( $M_{bc}$  y  $M_{cb}$ ):

$$M_{bc} = -M_{cb} = 13.125 \text{ kN} \cdot \text{m (prontuario)}$$

## ➤ Cálculo de los momentos de Cross (actuantes)

	A	B		C		D
		BA	BC	CB	CD	
REP	0,000	0,663	0,337	0,337	0,663	0,000
Mo	0,00	0,00	13,13	-13,13	0,00	0,00
1R		-8,70	-4,42	4,42	8,70	
1T	-4,35		2,21	-2,21		4,35
2R		-1,47	-0,75	0,75	1,47	
2T	-0,73		0,37	-0,37		0,73
3R		-0,25	-0,13	0,13	0,25	
3T	-0,12		0,06	-0,06		0,12
4R		-0,04	-0,02	0,02	0,04	
ΣMactuantes	-5,21	-10,46	10,46	-10,46	10,46	5,21
ΣMresistentes	5,21	-10,46	-10,46	-10,46	-10,46	5,21

Tabla 25: Tabla para el cálculo de los momentos de Cross.

## ➤ Cálculo de los esfuerzos cortantes:

$$Q_{ab} = -\frac{-5.21 - 10.46}{3.3} = 4.75 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{ba} = -\frac{-10.46 - 5.21}{3.3} = 4.75 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$Q_{bc} = Q_{cb} = 17.5 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$Q_{cd} = -\frac{10.46 + 5.21}{3.3} = 4.75 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{dc} = -\frac{5.21 + 10.46}{3.3} = 4.75 \text{ kN}(\leftarrow)$$

Una vez conocidos los valores de esfuerzos cortantes y momentos resistentes, se realiza el diagrama de cortantes y de momentos flectores.

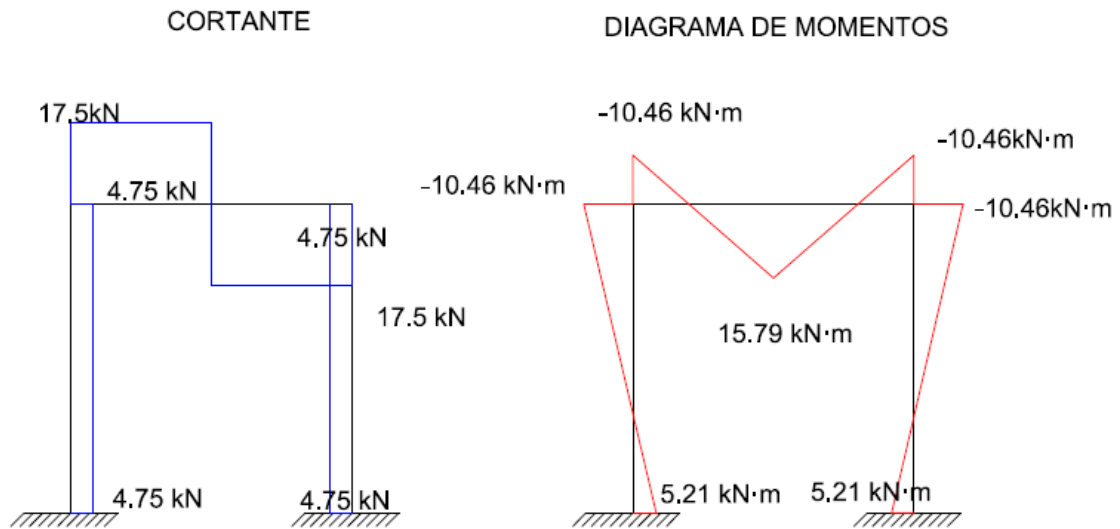


Figura 38: Diagramas de cortantes y momentos flectores.

$$M_{\text{máx}} = M(L = 1.5) = 17.5 \cdot 1.5 - 10.46 = 15.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Dimensionamiento.
  - Pilares AB y CD :
 

P=17.5 kN
M <sub>x</sub> =-10.46 kN·m
M <sub>y</sub> =17.721 kN·m

Se va a realizar la comprobación de un tubo estructural 150x100x10, por tanto, se comprueba directamente la sección a combinación de esfuerzos, para, posteriormente, calcular la combinación de esfuerzos en la barra (incluyendo pandeo en ambos ejes).

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
TUBO 150X100X10	$I_y = 11.62 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$I_z = 6.14 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 4260 \text{ mm}^2$
	$W_y = 155 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
	$W_z = 123 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 26: Características del perfil a comprobar.

Se dispondrá el perfil de forma que el momento máximo (Y) se absorba con el eje fuerte, ya que el momento es superior al generado por los repartos de Cross.

$$\frac{17.5 \cdot 10^3}{4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{10.46 \cdot 10^6}{123 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{17.721 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.77 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Se debe comprobar la resistencia a la barra a combinación de esfuerzos (flexión + compresión), comprobando el pandeo en ambos ejes.

En primer lugar se comprobará el pandeo en ambos ejes. Para calcular el pandeo en pilares de edificios, según marca el CTE.

Los valores de  $K_c$  y  $K_i$  se obtienen a partir de la figura 6.5 del documento básico utilizado.

- Pandeo en el eje Y:

$$K_c = \frac{210000 \cdot 11.62 \cdot 10^6}{3300} = 739.45 \cdot 10^6 N/mm$$

$$K_{i2} = \frac{210000 \cdot 5.41 \cdot 10^6}{3000} = 378.7 \cdot 10^6 N/mm$$

$$\eta_1 = \frac{739.45 \cdot 10^6}{739.45 \cdot 10^6 + 378.7 \cdot 10^6} = 0.661$$

$$\eta_1 = \frac{739.45 \cdot 10^6}{739.45 \cdot 10^6} = 1$$

$$\beta = \frac{lk}{l} = \frac{1 + 0.145 \cdot (0.661 + 1) - 0.265 \cdot 0.661 \cdot 1}{2 - 0.364 \cdot (0.661 + 1) - 0.247 \cdot 0.661 \cdot 1} \leq 1$$

$$\beta = 0.864 \rightarrow lk = 0.864 \cdot 3300 = 2851.2 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 11.62 \cdot 10^6}{2851.2^2} = 2.96 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{4260 \cdot 275}{3.915 \cdot 10^6}} = 0.63 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

En la tabla 6.2, en función de la sección transversal, se obtiene la curva donde se debe obtener el coeficiente  $\chi$ , que se obtiene por interpolación en la tabla 6.3, para un tubo estructural conformado en frío, se elige la curva C.

$$\lambda = 0.63 \rightarrow \chi = 0.77$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.77 \cdot 4260 \cdot \frac{275}{1.05} = 859.1 \cdot 10^3 \text{ N} > 17.5 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Pandeo en el eje Z

$$Lk = 2851.2 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 6.14 \cdot 10^6}{2851.2^2} = 1.26 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{4260 \cdot 275}{1.56 \cdot 10^6}} = 0.86 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

En la tabla 6.2, en función de la sección transversal, se obtiene la curva donde se debe obtener el coeficiente  $\chi$ , que se obtiene por interpolación en la tabla 6.3, para un tubo estructural conformado en frío, se elige la curva C.

$$\lambda = 0.86 \rightarrow \chi = 0.624$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.624 \cdot 4260 \cdot \frac{275}{1.05} = 696.2 \cdot 10^3 \text{ N} > 17.5 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Interacción de esfuerzos en las piezas: Se comprobará la barra ante esfuerzos de compresión + flexión, siguiendo el apartado 6.3.4.2 del CTE:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{yEd} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{zEd} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$



$$\frac{17.5 \cdot 10^3}{0.624 \cdot 4260 \cdot \frac{275}{1.05}} + 1 \cdot \frac{0.40 \cdot 10.46 \cdot 10^6}{123 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} + 0.6 \cdot 1.057 \cdot \frac{0.6 \cdot 17.721 \cdot 10^6}{155 \cdot 10^6 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.16$$

$< 1 \rightarrow$  **Cumple**

No será necesaria la comprobación del pilar CD ya que se trata de un pórtico simétrico, por tanto será igual que el pilar AB.

○ Dintel BC:  $\left\{ \begin{array}{l} M_x = 15.79 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{array} \right.$

Se comprobará que el momento máximo admisible del perfil elegido (IPE-220) no supera al momento máximo aplicado al dintel.

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
IPE-140	$I_y = 5.41 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$W_y = 77.3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 27: Características del perfil a comprobar.

$$M_{\text{máx}} = 77.3 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05} = 20.24 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} > 15.79 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \rightarrow$$
 **Cumple**

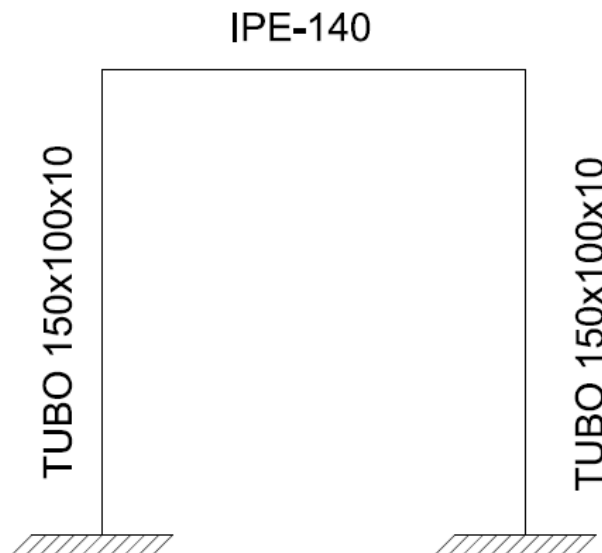


Figura 39: Disposición final pórtico 6.

La disposición final de la estructura portante de la vía aérea será la que se muestra en la figura 37:

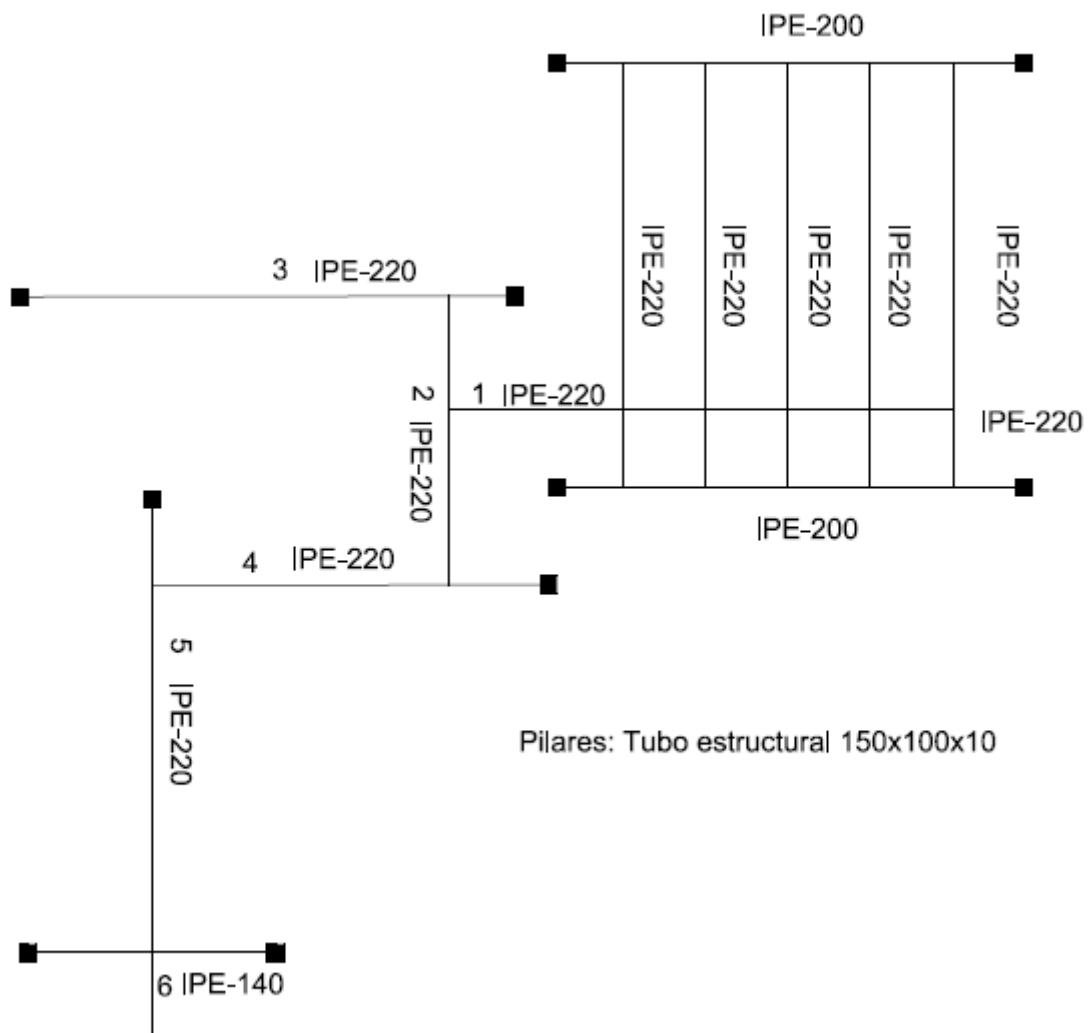


Figura 40: Disposición de la estructura portante en la nave.

En la tabla 15 se muestra un resumen con los perfiles para los dinteles y pilares empleados:

PERFIL	EMPLEO	CANTIDAD	LONGITUD (m)
IPE-140	DINTEL	1	3
IPE-200	DINTEL	2	5,65
IPE-220	DINTEL	5	5,2
		4	1
		1	2,1
		1	3,5
		1	6
		1	4,8

		1	6,5
TUBO150X100X10	PILAR	4	3,1
		6	3,3

Tabla 28: Resumen perfiles a emplear.

### 3.3. Estructura portante de la bodega

#### 3.3.1. Vigas portantes

Se dimensionarán vigas a dos vanos con una longitud entre apoyos de 3.5 metros, resultando vigas de 7 metros de longitud en total. La hipótesis de cálculo es la siguiente:

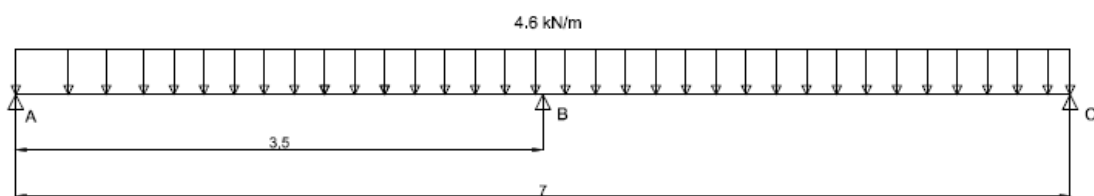


Figura 41: Hipótesis para la viga en la bodega.

Se sabe mediante la consulta de un prontuario que el momento máximo y la reacción máxima se dan en el apoyo B, por tanto se dimensionará la viga para ese momento máximo en ELU y para una deformación máxima en ELS de  $L/400$  (19.5 mm).

$$Ra = Rc = 0.375 \cdot 4.6 \cdot 3.5 = 6.03 \text{ kN}$$

$$Rb = 1.25 \cdot 4.6 \cdot 3.5 = 20.125 \text{ kN}$$

$$M_{\text{máx}} = Mb = -\frac{4.6 \cdot 3.5^2}{8} = 7.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{\text{neces.}} = \frac{7.04 \cdot 10^6 \cdot 1.05}{275} = 26.88 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{IPE} - 100$$

IPE-100	$Wy = 34.2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
	$Iy = 1.71 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Tabla 29: Características del perfil a comprobar.

Se realiza la comprobación en estado límite de servicio, con cargas sin mayorar (3 kN/m), mediante la expresión del prontuario se comprueba si el perfil elegido (IPE-100) cumple esta comprobación.

$$\delta = \frac{0.0054 \cdot 3.1 \cdot 3500^4}{210000 \cdot 1.71 \cdot 10^6} = 7 \text{ mm} < 19.5 \text{ mm} \rightarrow \text{Cumple}$$

Por tanto, para las vigas que soportarán las cargas se emplean IPE-100.

$$R_b = 20.125 \cdot \frac{0.081 \cdot 7}{2} \cdot 1.35 = 20.5 \text{ kN}$$

### 3.3.2. Pórticos portantes

Se dimensionarán 5 pórticos con 4 vanos de 3.5 metros cada uno, se dimensionarán todos para el valor más desfavorable de cargas, que se da en la reacción B de la viga calculada previamente. Al tratarse de un dintel de 9 metros sometido a 9 cargas puntuales de 20.5 kN, los cálculos se realizarán para una carga distribuida de 20.5 kN/m.

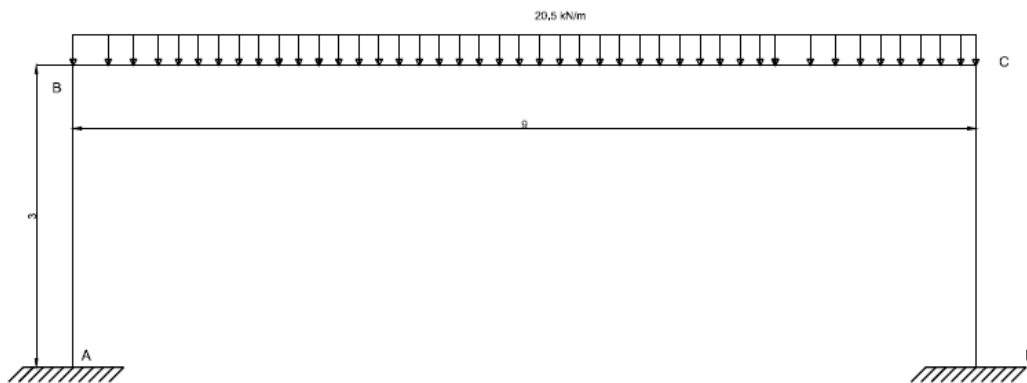


Figura 42: Pórtico para la bodega.

Por facilidad a la hora de la ejecución de la obra, se van a utilizar los mismos perfiles que para la sustentación de la vía aérea en la cámara de canales, concretamente los siguientes perfiles:

- Pilares: Perfil rectangular 150x100x10 ( $I = 11.62 \cdot 10^6$  [1])
- Dintel: Perfil laminado IPE-200 ( $I = 19.4 \cdot 10^6$  [1.67])

Conocida la relación de inercias entre los pilares y el dintel, se procede al cálculo de los coeficientes de rigidez relativa ( $K_i$ ), de reparto ( $\rho_i$ ) y los momentos de Cross o actuantes ( $M_i$ ).

- Cálculo de los coeficientes de rigidez relativa de cada componente:

$$K_{ab} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3} = 0.333$$

$$K_{bc} = \frac{I}{l} = \frac{1.67}{9} = 0.185$$

$$K_{cd} = \frac{I}{l} = \frac{1}{3} = 0.333$$

- Cálculo de los coeficientes de reparto para cada nudo:

$$\rho_{ba} = \frac{K_{ba}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.333}{0.333 + 0.185} = 0.643$$

$$\rho_{bc} = \frac{K_{bc}}{K_{ba} + K_{bc}} = \frac{0.185}{0.333 + 0.185} = 0.357$$

$$\rho_{cb} = \frac{K_{cb}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.333}{0.333 + 0.185} = 0.357$$

$$\rho_{cd} = \frac{K_{cd}}{K_{cd} + K_{bc}} = \frac{0.185}{0.333 + 0.185} = 0.643$$

- Cálculo de los momentos iniciales, inicialmente existirán momentos generados por la carga en el dintel ( $M_{bc}$  y  $M_{cb}$ ):

$$M_{bc} = -M_{cb} = 138.375 \text{ kN} \cdot \text{m (prontuario)}$$

- Cálculo de los momentos de Cross (actuantes)

	A	B		C		D
		BA	BC	CB	CD	
REP	0,000	0,643	0,357	0,357	0,643	0,000
Mo	0,00	0,00	138,38	-138,38	0,00	0,00
1R		-88,98	-49,40	49,40	88,98	

1T	-44,49		24,70	-24,70		44,49
2R		-15,88	-8,82	8,82	15,88	
2T	-7,94		4,41	-4,41		7,94
3R		-2,83	-1,57	1,57	2,83	
3T	-1,42		0,79	-0,79		1,42
4R		-0,51	-0,28	0,28	0,51	
$\Sigma$ Mactuantes	-53,85	-108,20	108,20	-108,20	108,20	53,85
$\Sigma$ Mresistentes	53,85	-108,20	-108,20	-108,20	-108,20	53,85

Tabla 30: Tabla para el cálculo de los momentos de Cross.

➤ Cálculo de los esfuerzos cortantes:

$$Q_{ab} = -\frac{-53.85 - 108.20}{3} = 54.01 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{ba} = -\frac{-53.85 - 108.20}{3} = 54.01 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$Q_{bc} = Q_{cb} = 92.25 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$Q_{cd} = -\frac{53.85 + 108.20}{3} = 54.01 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$Q_{dc} = -\frac{53.85 + 108.20}{3} = 54.01 \text{ kN}(\leftarrow)$$

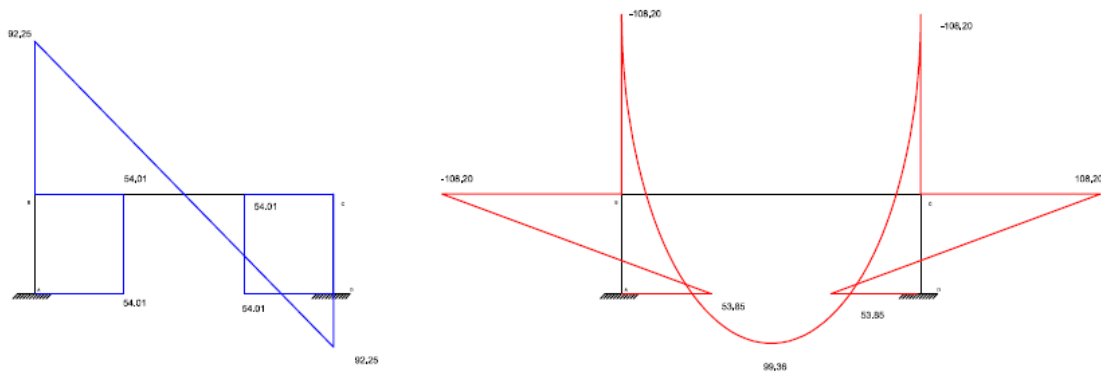


Figura 43: Diagrama de cortantes y de momentos flectores.

➤ Dimensionamiento

- Dintel BC: Se dimensiona para el perfil elegido previamente, utilizando su módulo resistente para obtener el momento máximo que soporta el perfil.

$$M_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}(\text{admisible}) = 194 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05} = 50.80 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

< 108.20 · 10<sup>6</sup> N · mm (Momento máximo) → **No Cumple**

Se busca un perfil que cumpla, para ese momento máximo, el perfil escogido será un IPE-270:

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
IPE-270	$W_y = 484 \cdot 10^3$
	$I_y = 57.9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$

Tabla 30: Características del perfil a comprobar.

- Pilares AB y CD: Se va a dimensionar un tubo estructural 250x150x5, con las siguientes características:

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
TUBO 250x150x5	$A = 3840 \text{ mm}^2$
	$W_y = 264 \cdot 10^3$
	$I_y = 34.67 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$

Tabla 31: Características del perfil a comprobar.

Se comprueba el pilar a combinación de acciones (flexión+compresión), no será necesaria la comprobación a combinación de acciones ya que el pilar irá embebido en los tabiques de la nave.

$$\frac{92.25 \cdot 10^3}{3840 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{53.85 \cdot 10^6}{264 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.81 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

El pórtico estudiado llevará los siguientes perfiles:

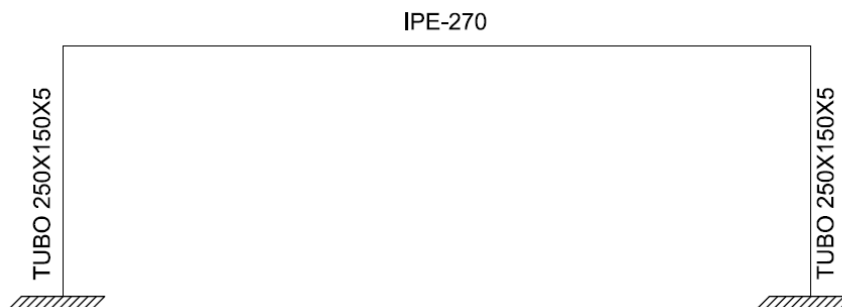


Figura 44: Disposición final.

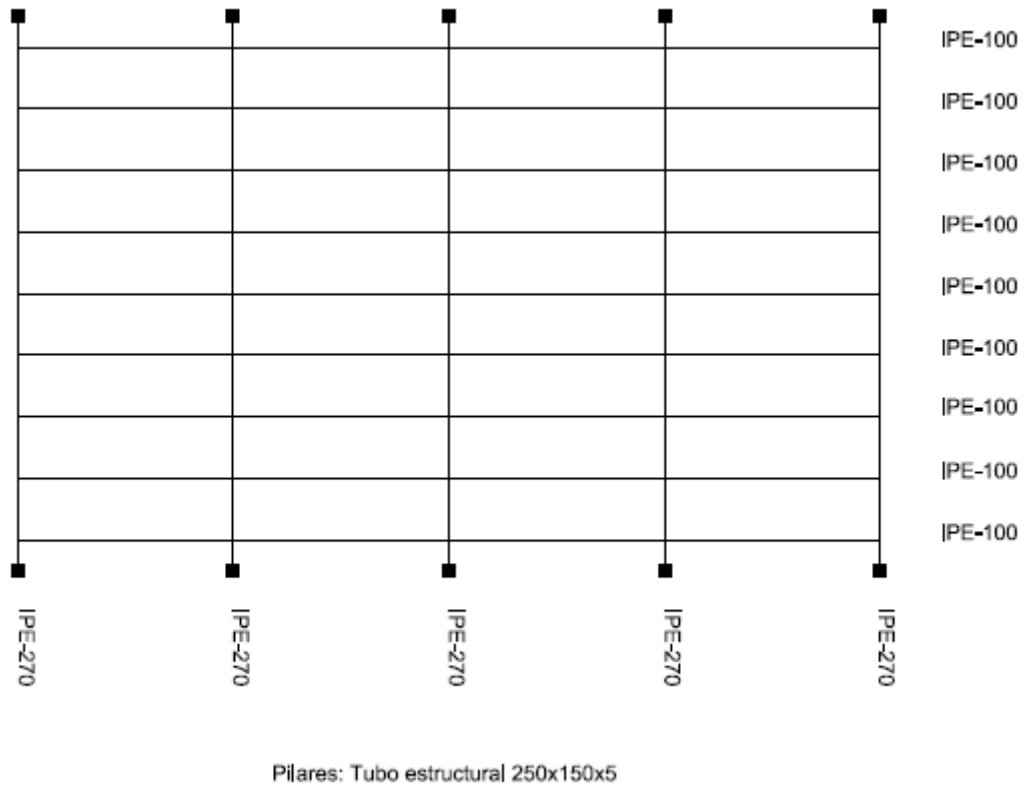


Figura 45: Disposición de los perfiles en la bodega.

PERFIL	EMPLEO	CANTIDAD	LONGITUD (m)
IPE-100	DINTEL	18	7
IPE-270	DINTEL	5	9
TUBO 250X150X5	PILAR	10	3

Tabla 32: Resumen perfiles a emplear.

### 3.4. Cálculo de las placas de anclaje

Se va a realizar el cálculo de las placas de anclaje, y de una cimentación, en caso de que sea necesaria. Se van a distinguir tres casos:

- Placa de anclaje para la estructura de la vía aérea.
- Placa de anclaje para la estructura de la bodega.



### 3.4.1. Placa de anclaje para la estructura de la cámara de canales

La placa de anclaje transmitirá los esfuerzos a la solera de hormigón en masa ( $\sigma = 25 \text{ Mpa}$ ), por tanto, se debe comprobar la superficie de la placa de anclaje para comprobar si es necesaria o no una cimentación.

Los esfuerzos transmitidos por el pilar a la solera son los siguientes:

- $P = 48.48 \text{ kN}$
- $M = 30.88 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$\sigma = \frac{P}{A} \rightarrow A = \frac{P}{\sigma_{\text{hormigón}}} = \frac{48.48 \cdot 10^3}{25} = 1939.2 \text{ mm}^2$$

La placa de anclaje se ancla al pavimento mediante 4 pernos, que se calculan según indicaciones del CTE. Se van a comprobar los pernos a una sollicitación de tracción generada por el momento M. Se establece una distancia de 200 mm entre los pernos de anclaje en la dirección del momento.

$$M = 2 \cdot F \cdot d \rightarrow F = \frac{30.88 \cdot 10^6}{2 \cdot 200} = 77.2 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Se procede a realizar la resistencia a tracción ya que es la sollicitación más desfavorable. No se tiene en cuenta el efecto de la compresión para este cálculo. Se va a estudiar qué diámetro será necesario con un tornillo de calidad 5.6.

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \rightarrow A_s = \frac{F_{t,Rd} \cdot \gamma_{M2}}{0.9 \cdot f_{ub}} = \frac{77.2 \cdot 10^3 \cdot 1.25}{0.9 \cdot 500} = 214.4 \text{ mm}^2 \rightarrow d$$

$$= 20 \text{ mm}$$

Se emplean 4 pernos T20 5.6, con las siguientes limitaciones geométricas.

- $d_0 = 21 \text{ mm}$
- $e_1 = 25.2 \text{ mm}$  [30 mm]
- $e_2 = 31.5 \text{ mm}$  [35 mm]

•p1=46.2 mm [55 mm]

•p2=63 mm [65 mm]

\*Valores obtenidos del CTE DB SE-A.

Se obtiene el espesor de la chapa necesario para que cumpla dicha comprobación.

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot \Phi \cdot t}{\gamma M_2} = 125.68 \cdot 10^3 \rightarrow (48.48 \cdot 10^3 + 77.2 \cdot 10^3)$$

$$t = \frac{125.68 \cdot 10^3 \cdot 1.25}{2.5 \cdot 0.47 \cdot 275 \cdot 20} = 24.31 \text{ mm} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

La placa de anclaje queda definida con las siguientes dimensiones (t=25 mm):

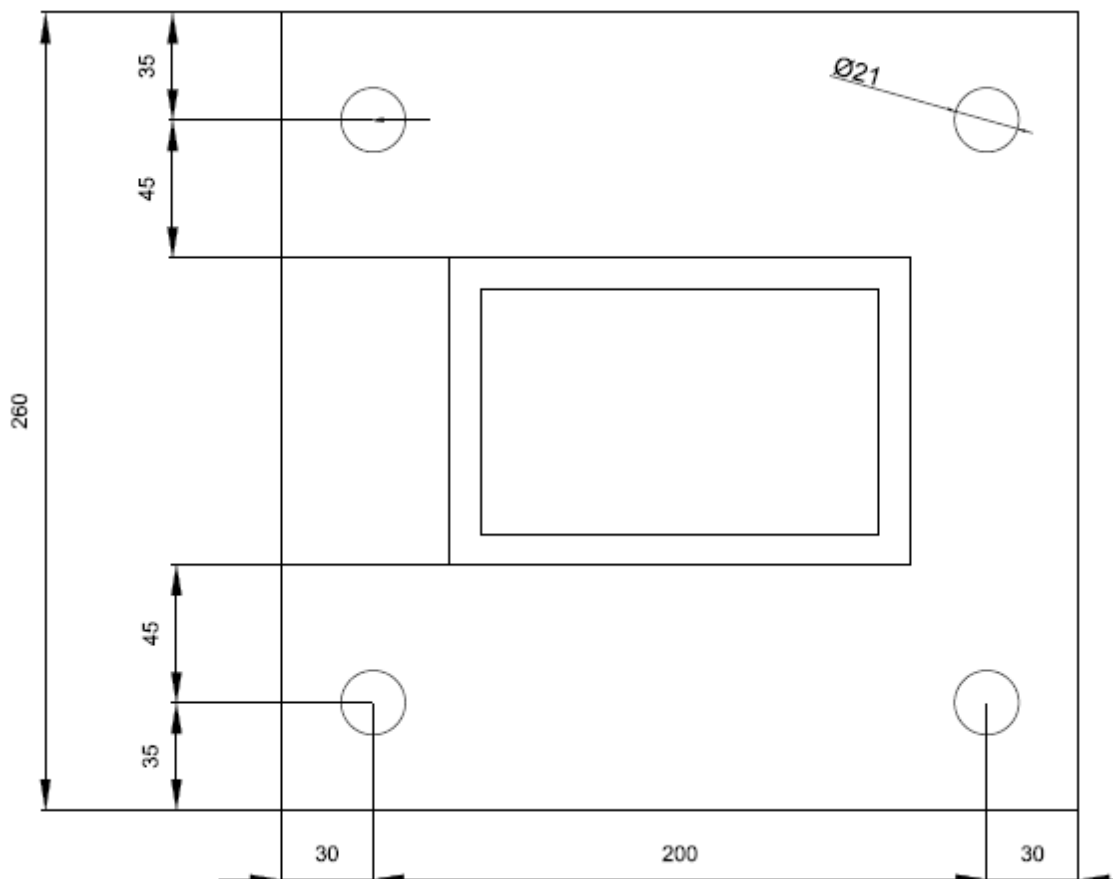


Figura 46: Placa de anclaje para la vía aérea.

### 3.4.2. Placa de anclaje para la estructura de la bodega

La placa de anclaje transmitirá los esfuerzos a la solera de hormigón en masa ( $\sigma = 25 \text{ Mpa}$ ), por tanto, se debe comprobar la superficie de la placa de anclaje para comprobar si es necesaria o no una cimentación.

Los esfuerzos transmitidos por el pilar a la solera son los siguientes:

- $P = 92.25 \text{ kN}$
- $M = 53.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$\sigma = \frac{P}{A} \rightarrow A = \frac{P}{\sigma_{\text{hormigón}}} = \frac{92.25 \cdot 10^3}{25} = 3690 \text{ mm}^2$$

La placa de anclaje se ancla al pavimento mediante 4 pernos, que se calculan según indicaciones del CTE. Se van a comprobar los pernos a una sollicitación de tracción generada por el momento M. Se establece una distancia de 360 mm entre los pernos de anclaje en la dirección del momento.

$$M = 2 \cdot F \cdot d \rightarrow F = \frac{53.85 \cdot 10^6}{2 \cdot 360} = 75 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Se procede a realizar la resistencia a tracción ya que es la sollicitación más desfavorable. No se tiene en cuenta el efecto de la compresión para este cálculo. Se va a estudiar qué diámetro será necesario con un tornillo de calidad 5.6.

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma M_2} \rightarrow A_s = \frac{F_{t,Rd} \cdot \gamma M_2}{0.9 \cdot f_{ub}} = \frac{75 \cdot 10^3 \cdot 1.25}{0.9 \cdot 500} = 208.3 \text{ mm}^2 \rightarrow d$$

$$= 20 \text{ mm}$$

Se emplean 4 pernos T20 5.6, con las siguientes limitaciones geométricas.

- $d_0 = 21 \text{ mm}$
- $e_1 = 25.2 \text{ mm}$  [30 mm]
- $e_2 = 31.5 \text{ mm}$  [35 mm]

•p1=46.2 mm [55 mm]

•p2=63 mm [65 mm]

\*Valores obtenidos del CTE DB SE-A.

Se obtiene el espesor de la chapa necesario para que cumpla dicha comprobación.

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot \Phi \cdot t}{\gamma_{M2}} = 167.25 \cdot 10^3 \rightarrow (92.25 \cdot 10^3 + 75 \cdot 10^3)$$

$$t = \frac{167.25 \cdot 10^3 \cdot 1.25}{2.5 \cdot 0.47 \cdot 275 \cdot 20} = 32.35 \text{ mm} \rightarrow 35 \text{ mm}$$

La placa de anclaje queda definida con las siguientes dimensiones (t=40 mm):

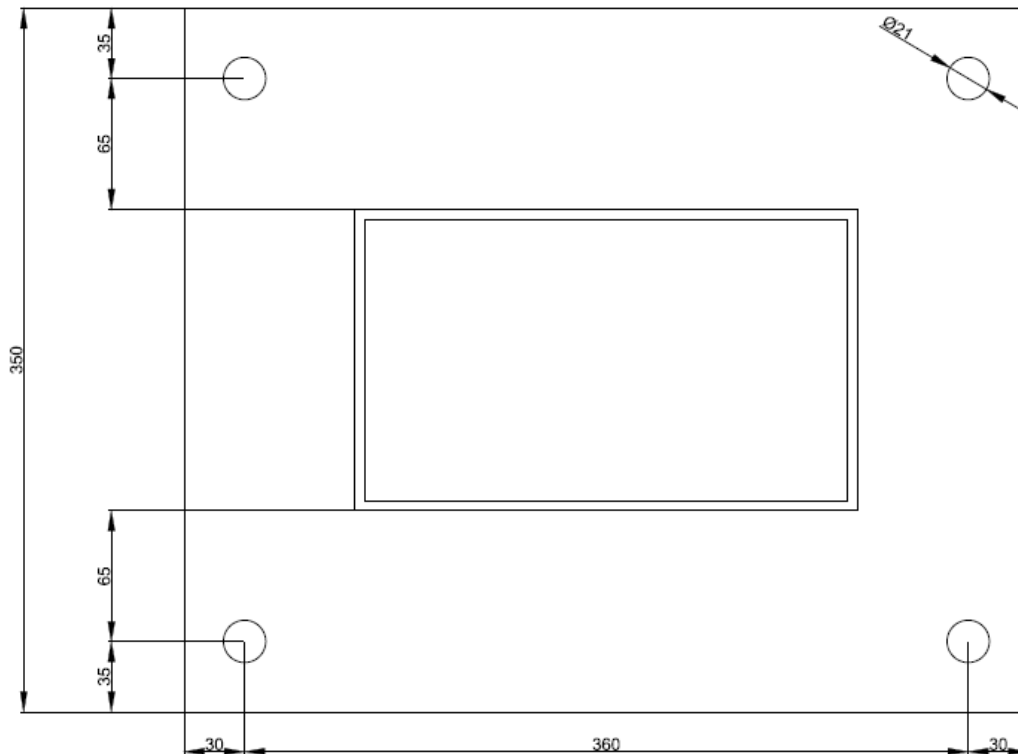


Figura 47: Placa de anclaje para la bodega.

En Béjar, a 04 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# ANEXO 7: TORSIÓN EN SECCIONES ABIERTAS

---

**Índice**

1. Objetivo y Antecedentes.....	3
2. Torsión.....	4
3. Torsión no uniforme o de alabeo .....	5
3.1. Torsión no uniforme con alabeo libre .....	6
3.1.1. Analogía Hidrodinámica .....	6
3.1.2. Analogía de la membrana .....	6
3.2. Torsión no uniforme con alabeo impedido.....	10
4. Cálculos particulares.....	12
4.1. Cálculos analíticos.....	12
4.2. Cálculos mediante Inventor .....	13
4.2.1. Descripción del modelo .....	13
4.2.2. Resultados.....	15
5. Conclusiones.....	16
6. Bibliografía.....	17

## **1. Objetivo y Antecedentes**

En la estructura que soportará la vía aérea serán necesarios puntos en los que una viga se una a otra mediante un brochal en el alma, de tal modo que ese punto actuará como un empotramiento absorbiendo el momento flector transmitido por la viga, y absorbiéndolo como momento torsor.

La disposición de este tipo de unión se muestra en la figura 1:

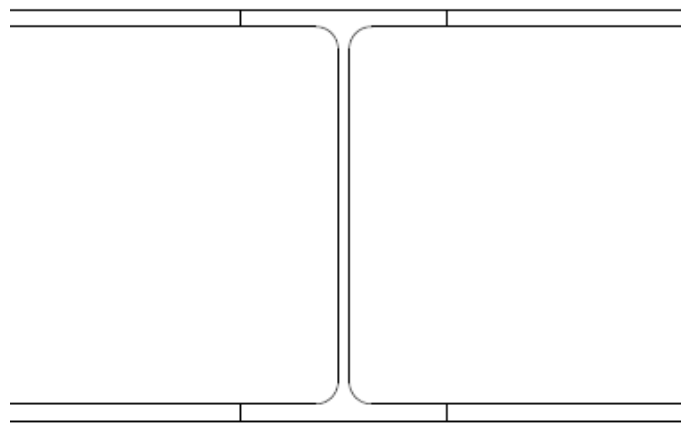


Figura 1: Disposición del brochal.

Ante la necesidad de análisis de la respuesta de perfiles laminados ante un momento torsor, se realiza este anexo, donde se explicará el concepto de torsión, los tipos de torsión que pueden aparecer y se explicará el concepto de torsión en diferentes secciones, además se encontrarán diferentes ecuaciones para el cálculo de la torsión en perfiles abiertos, se realizará una simulación en el entorno de Autodesk Inventor y se discutirán y estudiarán los resultados.



## 2. Torsión

Esta sollicitación tiende a producir deslizamiento por rotación entre las secciones contiguas generando tensiones tangenciales (y normales, en algunos casos); la torsión puede generar tensiones diferentes en función de la sección donde actúe, así pues, es diferente la tensión generada en una sección circular que la generada en una sección rectangular. Tal y como se muestra en la figura 2<sup>1</sup>:

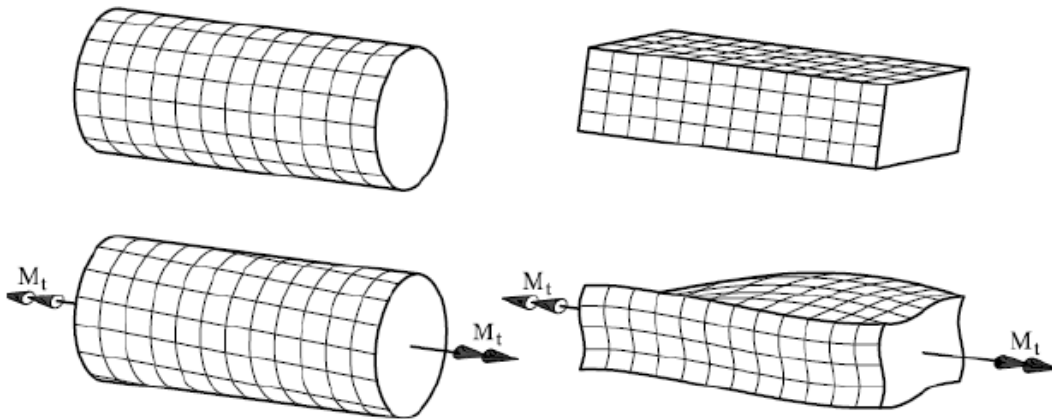


Figura 2: Torsión en secciones circulares y rectangulares.

En la figura 2 se aprecian las siguientes diferencias:

- En la pieza de sección circular se produce una deformación en las generatrices laterales, pero las secciones transversales giran sobre sí mismas alrededor de su propio centro manteniéndose planas.
- En la pieza rectangular, además de la deformación de las generatrices laterales antes indicada, se produce alabeo en las secciones transversales que deforman fuera de su plano, por tanto no es válida la hipótesis de considerar que las secciones permanecen planas después de la deformación.

En el primer caso, se produce únicamente **torsión uniforme**, que se da bajo las siguientes condiciones:

- Sección circular.
- Piezas con eje recto.
- Material homogéneo.
- Peso propio despreciado.

<sup>1</sup> Fuente: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real.

A esta tensión se la conoce como tensión simple de Saint-Venant.

Por otro lado, en el segundo caso, aparece la **torsión de alabeo**, en la que además de las tensiones tangenciales se generan tensiones normales, de mayor magnitud. Está presente en secciones abiertas, como perfiles laminados o conformados abiertos.

Lo más común es que se dé una combinación de ambas torsiones, se denomina torsión mixta, el valor de cálculo del esfuerzo torsor  $T_{ed}$  se divide en dos componentes:

$$T_{ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed} \leq T_{c,Rd}$$

Donde:

- $T_{t,Ed}$ : Componente del esfuerzo torsor correspondiente a la torsión uniforme.
- $T_{w,Ed}$ : Componente del esfuerzo torsor correspondiente a la torsión de alabeo
- $T_{c,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a torsión.

El Código Técnico de la Edificación, Documento Básico SE-A Acero, indica, en el apartado 6.2.7 que "en las piezas formadas por un perfil en doble T (IPE, HEB, etc.) se puede desprestigiar la componente de la torsión uniforme", por tanto, se deben tener en cuenta las tensiones normales ( $\sigma_{w,Ed}$ ) y tangenciales ( $\tau_{w,Ed}$ ) debidas al esfuerzo torsor de torsión de alabeo.

En este anexo se va a llevar a cabo un análisis del método a emplear para calcular las tensiones generadas por la torsión de alabeo en piezas de secciones abiertas.

### **3. Torsión no uniforme o de alabeo**

Cuando la sección no es circular, el planteamiento que se da para la torsión uniforme no es válido, por el alabeo que se produce y porque no se puede admitir que las tensiones en cualquier punto son normales al radio que lo une con el centro de gravedad y proporcionales a su distancia a él. El análisis de esta situación se realiza mediante analogías que permiten estudiar secciones de cualquier forma.

Dentro de la torsión no uniforme o de alabeo se encuentran dos casos diferentes:

- Torsión no uniforme con alabeo libre.
- Torsión no uniforme con alabeo impedido.

Esta torsión se presenta en las piezas que no cumplan los casos indicados previamente, por tanto, en un perfil laminado en doble T, existe la componente no uniforme de la torsión.

### **3.1. Torsión no uniforme con alabeo libre**

Para realizar el análisis en el dominio de la elasticidad se recurre a analogías que permiten estudiar las secciones de cualquier forma mediante procedimientos más sencillos:

#### **3.1.1. Analogía Hidrodinámica**

Se trata de un método cualitativo que se basa en considerar la pieza como un recipiente de fondo horizontal, paredes verticales y contorno como la sección de la viga que queremos analizar a torsión y suponer que contiene un fluido incompresible y no viscoso.

Greenhil demostró que las ecuaciones en derivadas parciales del movimiento de ese fluido son formalmente idénticas a las de torsión obtenidas en Teoría de la Elasticidad. Pero, como se ha indicado, se trata de un método cualitativo.

#### **3.1.2. Analogía de la membrana**

Debida a Prandtl; se considera una membrana homogénea, cuyos bordes se mantienen fijos sobre un contorno igual a la sección a analizar a torsión, sometida a una tracción  $s$  por unidad de longitud del contorno y a una presión normal también uniforme de valor  $q$  por unidad de superficie. Entre la superficie deformada de la membrana y los efectos de la torsión sobre la sección se observan los siguientes paralelismos:

- Las líneas de nivel de la membrana deformada coinciden con las curvas de tensión tangencial de la superficie sometida a torsión, por tanto, sustituyendo el valor de  $q/s$  de las ecuaciones de la membrana por  $2 \cdot G \cdot \theta$ , se verifica:
- La tensión tangencial en cualquier punto de la sección por la torsión, coincide con la pendiente máxima de la membrana en él y su dirección es tangente a la línea de nivel correspondiente.
- El volumen limitado por la superficie de la membrana deformada y su posición inicial, coincide con el valor del momento torsor que actúa sobre la sección.

Esta analogía, a diferencia de la hidrodinámica, proporciona el valor de las tensiones tangenciales. Mediante las relaciones anteriores se puede sustituir el estudio de la torsión sobre una sección por el de la deformada de la membrana así deformada. Mediante esta analogía se puede calcular la tensión en piezas de diferentes secciones.

**3.1.2.1. Sección rectangular**

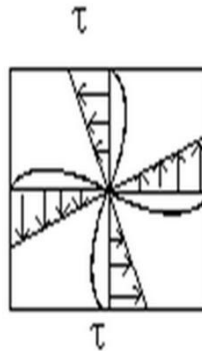


Figura 3: Torsión en sección rectangular.

En un rectángulo con base A y altura B, la tensión máxima se da en el punto medio de las aristas y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{T}{a^2 \cdot b} \text{ (Tensión tangencial máxima)}$$

$$\theta = \frac{T}{C1 \cdot b \cdot a^3 \cdot G} \text{ (Giro por unidad de longitud)}$$

Donde:

$$\alpha = \frac{C1}{C2}; C1; C2; \beta \text{ se obtienen de la siguiente tabla}$$

b/a	1	1.5	2	3	4	∞
$\alpha = \frac{C1}{C2}$	0.208	0.231	0.246	0.267	.282	0.333
C1	0.141	0.196	0.229	0.263	0.281	0.333
C2	0.675	0.852	0.928	0.977	0.990	1
$\beta$	0.208	0.270	0.309	0.354	0.379	0.448

Tabla 1: Coeficientes.

Cuando b/a > 4, se puede recurrir a las siguientes fórmulas aproximadas:

$$C1 = \frac{1}{3} \cdot \left( 1 - \frac{0.630}{\frac{b}{a}} \right) \rightarrow \frac{1}{3}$$

$$C2 = 1 - \frac{0.650}{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^3} \rightarrow 1$$

Cuando el rectángulo es muy alargado, la relación b/a es bastante grande, por tanto, se puede decir que:

$$\alpha = C1 = \frac{1}{3}$$

Por tanto aparecerán una serie de simplificaciones que se verán a continuación.

### 3.1.2.2. Sección rectangular alargada

Cuando se admite que  $b \gg a$ , se puede considerar al aplicar la analogía, que la superficie deformada, salvo en las zonas más próximas a los lados cortos, es un cilindro cuyo contorno corresponde a la línea de equilibrio de un cable cargado uniformemente, de tal modo que, así analizado, la tensión es la siguiente:

$$\tau = 2 \cdot G \cdot \theta \cdot y$$

Donde:

$y \rightarrow$  Distancia al eje longitudinal

$$\theta = \frac{3 \cdot T}{a^2 \cdot b}$$

Si se sustituye en la expresión de  $\tau$ , para  $y=a/2$ , se obtiene la tensión tangencial máxima:

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{3 \cdot T}{a^2 \cdot b}$$

La rigidez torsional es la relación entre el momento torsor y el giro unitario, teniendo en cuenta el momento de inercia polar del rectángulo ( $I_o \equiv I_t$ ), queda de la siguiente manera:

$$Kt = \frac{T}{\theta} = G \cdot I_t = \frac{1}{3} a \cdot G \cdot a^3 \cdot b$$

Todos los valores anteriores se obtienen aplicando la simplificación  $C1=1/3$  a una superficie rectangular cualquiera.

### 3.1.2.3. Secciones abiertas de pared delgada

A partir de esta analogía y los casos ya estudiados, se puede calcular la torsión en perfiles abiertos, usuales en construcciones metálicas. Se puede obtener una buena aproximación con la analogía de la membrana, salvo para las esquinas; la rigidez torsional de la sección a estudiar será resultado de la suma de las correspondientes de los rectángulos que componen la sección, por tanto, la rigidez torsional para este caso resulta:

$$Kt = \frac{T}{\theta} = G \cdot It = \frac{1}{3} a \cdot G \cdot \Sigma(a^3 \cdot b)$$

Además, para perfiles laminados con ángulos entrantes redondeados, lo cual supone un aumento de rigidez, Föppl propone afectar al anterior valor por un coeficiente  $K$ , que tiene los siguientes valores:

- Para perfiles en L:  $K=1$
- Para perfiles en U y en T:  $K=1.1$
- Para perfiles en doble T:  $K=1.25$

Por tanto, la expresión para el cálculo de la rigidez torsional queda del siguiente modo:

$$Kt = K \cdot \frac{1}{3} a \cdot G \cdot \Sigma(a^3 \cdot b)$$

Tensión tangencial máxima:

$$\tau_{\text{máx}} = G \cdot \theta \cdot a \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde  $a$  es el espesor del tramo y  $\theta$ , el giro unitario debido a la torsión:

$$\theta = \frac{T}{Kt} = \frac{T}{K \cdot \frac{1}{3} a \cdot G \cdot \Sigma(a^3 \cdot b)}$$

Incluyendo esta expresión en la de la tensión, se puede obtener la tensión máxima en cualquier punto de la sección. Hay que tener en cuenta que en los ángulos entrantes, se producen tensiones superiores por la concentración de tensiones.

Además de esta expresión se puede encontrar otra con carácter más generalizado, en la que se obtiene la tensión generada por un momento torsor en piezas formadas por varios rectángulos:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{T}{\frac{1}{3} \cdot \Sigma(ti^2 \cdot si)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

ti: Espesor de cada parte.

si= Longitud de cada parte.

### 3.2. Torsión no uniforme con alabeo impedido

Esta situación se produce en una pieza prismática sometida a torsión que tiene impedido el alabeo en alguna sección, normalmente los extremos, entonces, aparecen tensiones normales en las secciones transversales por esta coacción. Se va a estudiar una viga empotrada en un extremo y libre en el otro.

Para este caso, se van a considerar dos momentos torsores, se llamará T1 al generado por la fuerza cortante Vy en las alas.

$$T1 = Vy \cdot h$$

Donde h es el canto del perfil.

T2 será el momento torsor generado como reacción a la propia torsión.

$$T2 = Kt \cdot \theta$$

Donde Kt y  $\theta$  se han definido previamente.

$$T = T1 + T2$$

Vy depende de Mz, que es el momento que se produce en las alas durante su deformación, a su vez Mz viene dado por el desplazamiento de la fibra media a lo largo del eje y (horizontal) (V) y por el momento de inercia de cada ala.

$$Vy = \frac{dMz}{dx}; \quad Mz = E \cdot Izc \cdot \frac{d^2V}{dx^2}$$

$$V = \frac{h}{2} \cdot \varphi$$

$\varphi \rightarrow$  Giro relativo entre la sección libre y el empotramiento.

Por tanto:

$$T1 = \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot E \cdot I_{zc} \cdot \varphi'''$$

Sabiendo que  $\theta = \frac{d\varphi}{dx}$ :

$$T2 = Kt \cdot \varphi'$$

Por tanto:

$$T = Kw \cdot \varphi''' + Kt \cdot \varphi'$$

Donde:

$$Kw = \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot E \cdot I_{zc} \text{ (Rigidez de alabeo)}$$

$$\begin{aligned} Kw = E \cdot I_w \rightarrow I_w &= \frac{Kw}{E} \text{ (Módulo de alabeo)} [I_w \\ &= Iz \cdot \frac{h^2}{4} \text{ (Para perfiles en doble T)}] \end{aligned}$$

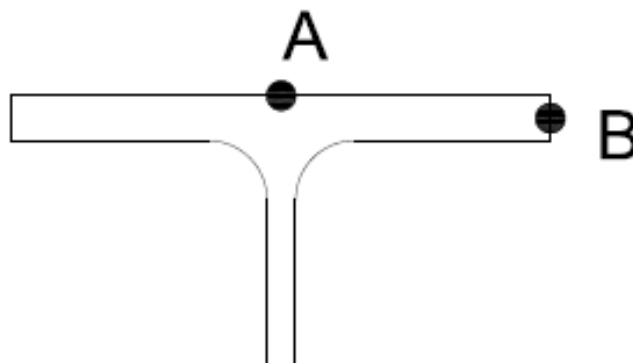


Figura 4: Puntos de análisis

Las tensiones resultantes en los puntos más desfavorables son:

- Punto A:
  - Debido a la torsión uniforme:  $\tau_{xy} = \frac{T2}{0.33 \cdot e^2 \cdot b}$



- Debido al esfuerzo cortante:  $\tau_{xy} = \frac{T_1 \cdot b^2}{8 \cdot h \cdot I_{zc}}$
- Debido al momento flector:  $\sigma_x = 0$
- Punto B:
  - Debido a la torsión uniforme:  $\tau_{xy} = \frac{T_2}{0.448 \cdot e^2 \cdot b}$
  - Debido al esfuerzo cortante:  $\tau_{xy} = 0$
  - Debido al momento flector:  $\sigma_x = \frac{T_1}{I_{zc}} \cdot \frac{b}{2}$

#### **4. Cálculos particulares**

El caso que motivó este estudio es el de un dintel que mediante un brochal apoya en otro y transmite el momento flector, por tanto el dintel que lo recibe está sometido a un momento torsor.

El dintel a estudiar está empotrado en el pilar pero no se impide el alabeo a pesar de ello, por ello, para los cálculos se considerará el alabeo libre.

##### **4.1. Cálculos analíticos**

El caso de análisis es el siguiente:

Se trata de un dintel biempotrado mediante brochales a otros dos, con un momento en el empotramiento  $M=2.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$ , el perfil donde apoya es un IPE-220, cuyas medidas y valores estáticos se obtienen de tablas.

El cálculo se realizara mediante las dos fórmulas vistas para la torsión no uniforme en secciones abiertas de pared delgada, con alabeo libre.

- Ecuación 1:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{T}{Kt} = \frac{T}{K \cdot \frac{1}{3} a \cdot G \cdot \Sigma(a^3 \cdot b)} \\ &= \frac{2.02 \cdot 10^6}{1.25 \cdot \frac{1}{3} \cdot 81000 \cdot (110 \cdot 9.2^2) + (110 + 9.2^2) + (201.6 \cdot 5.9^2)} \\ &= 3.138 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\tau_{\text{máx}} = G \cdot \theta \cdot a$$

$$\tau_{\text{máx}} = 81000 \cdot 3.138 \cdot 10^{-4} \cdot 9.2 = 233.83 \rightarrow \text{En el ala superior.}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 81000 \cdot 3.138 \cdot 10^{-4} \cdot 5.9 = 149.96 \rightarrow \text{En el alma.}$$

- Ecuación 2:

$$\begin{aligned} \tau_{\text{máx}} &= \frac{T}{\frac{1}{3} \cdot \Sigma(ti^2 \cdot si)} = \frac{2.02 \cdot 10^6}{\frac{1}{3} \cdot (110 \cdot 9.2^2) + (110 + 9.2^2) + (201.6 \cdot 5.9^2)} \\ &= 159.68 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Por tanto, mediante la ecuación 1, se puede calcular la tensión máxima tanto en las alas como en el alma para encontrar la zona más desfavorable. Sin embargo, mediante la segunda ecuación, no se sabe dónde se daría la tensión obtenida.

## 4.2. Cálculos mediante Inventor

Se realiza con el programa de elementos finitos Autodesk Inventor una prueba para determinar la tensión máxima que se produce en la sección al aplicar el momento torsor.

### 4.2.1. Descripción del modelo

El modelo es el siguiente, se trata de un perfil IPE-220 de 3.5 metros de longitud al que se le aplica un momento torsor de valor 2.12 kN·m, como el que se da entre los dinteles 1 y 2, tal y como se explica en el correspondiente anexo.

Se realiza un boceto del perfil utilizando las medidas incluidas en las tablas de valores estáticos de los perfiles (figura 5), posteriormente, se realiza una extrusión de 3500 milímetros, para obtener el perfil (figura 6), una vez obtenido el perfil, se crea un archivo "ensamblaje" (.iam) donde importamos la pieza creada, este entorno permite la realización de diferentes simulaciones y análisis (figura 7), se elige el análisis de tensión.

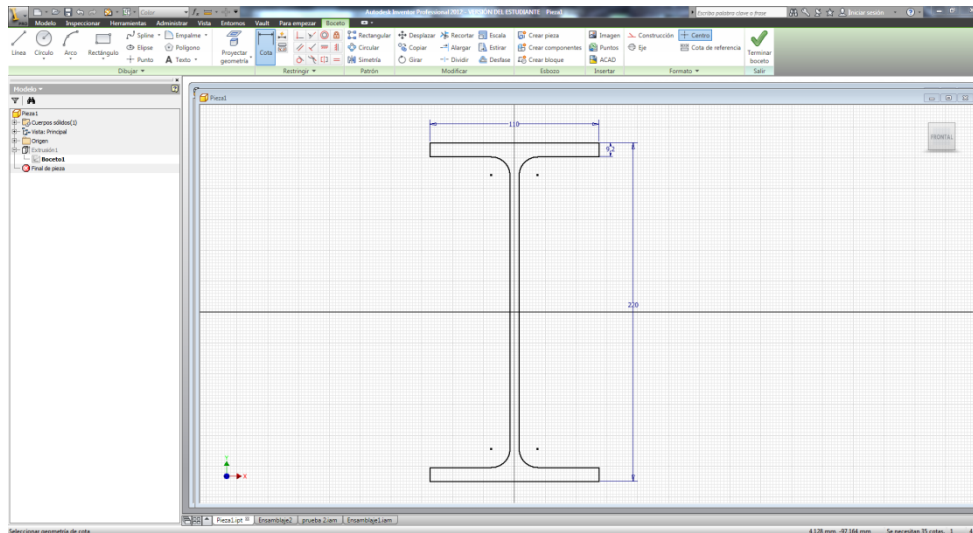


Figura 5: Boceto del perfil en el entorno de Autodesk Inventor.

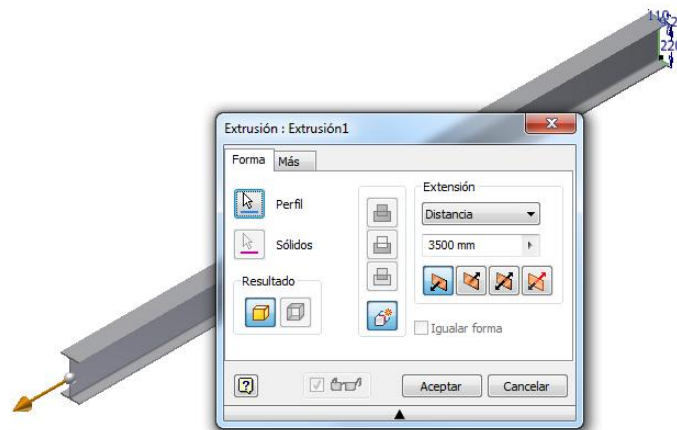


Figura 6: Operación de extrusión.

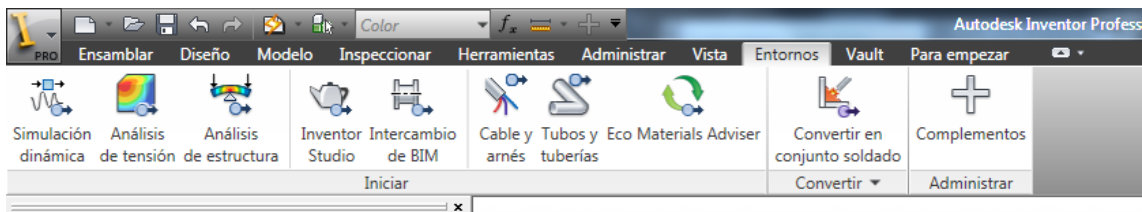


Figura 7: Diferentes análisis y simulaciones que ofrece el entorno de Inventor.

Una vez que se accede al análisis de tensión se deben concretar una serie de datos de partida para la pieza, desde las fuerzas que actúan hasta el material del que está

hecha, pasando por restricciones y demás variables que intervienen en el cálculo (figura 8).



Figura 8: Variables.

#### 4.2.2. Resultados

El apartado resultados aparece cuando se ha realizado el ensayo, y a partir de ahí se obtienen los resultados, en el caso que se estudia interesa la tensión tangencial en el eje Z (figura 9).

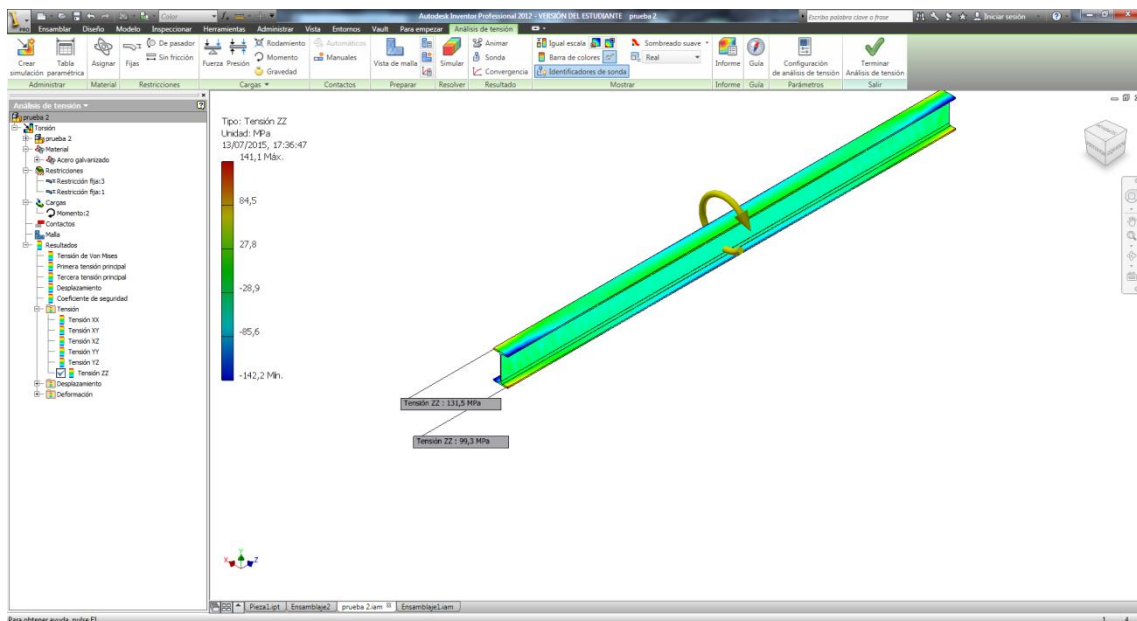


Figura 9: Resultados.

En la figura 9 se puede ver como la mayor tensión tangencial se da en las alas, igual que se vio en el apartado analítico, aunque inferior a la obtenida en los cálculos analíticos. Por tanto, la fuerza máxima tangencial que se da en la sección es:

$$\tau_{\text{máx}} = 141.1 \text{ Mpa}$$

A continuación se calculará el error relativo cometido en cada uno de los casos:

$$\text{Error Relativo. Ec1.1} = \frac{|233.83 - 141.1|}{141.1} \cdot 100 = 65.5 \%$$

$$\text{Error Relativo. Ec1.2} = \frac{|149.96 - 141.1|}{141.1} \cdot 100 = 6.28 \%$$

$$\text{Error Relativo. Ec2} = \frac{|159.68 - 141.1|}{141.1} \cdot 100 = 13.16 \%$$

Se realiza la media de los resultados obtenidos en el caso segundo:

$$\tau_{\text{máx. med}} = \frac{233.83 + 149.96}{2} = 191.9 \text{ Mpa}$$

En base a este valor medio, se calcula el error relativo:

$$\text{Error Relativo. med} = \frac{|191.9 - 141.1|}{141.1} \cdot 100 = 36 \%$$

## **5. Conclusiones**

Los resultados obtenidos de forma analítica se dividen en dos, que parten de una base común, dividir la sección abierta en diferentes rectángulos cuya base es considerablemente mayor a su espesor; pero que difieren en el cálculo, siendo más exacto el primer caso, que permite calcular la tensión tanto en las alas como en el alma de manera independiente. En el caso segundo, al existir una única fórmula, no queda claro dónde se calcula la tensión máxima, cabe entender que pueda ser un valor medio entre los dos máximos.

A la hora de la comparación con los cálculos en Inventor, puede quedar más claro que los resultados obtenidos en el caso primero sean una media de la tensión máxima, ya que se obtiene un valor de error mucho más pequeño cuando se comparan los resultados obtenidos en Inventor con la media de las tensiones del caso primero.

La torsión en perfiles laminados es uno de los casos más desfavorables de torsión debido a la poca sección existente y, sobre todo, la concentración de tensiones que se produce. Se trata además de un fenómeno complejo debido a que las ecuaciones y modos de obtención de esta tensión son aproximaciones y analogías, por lo que no se obtienen resultados del todo exactos y se tiende a utilizar coeficientes de seguridad para aumentar este valor; la solución que se adoptará ante esta mala respuesta será emplear rigidizadores en los puntos donde se produzcan estas uniones, la tipología y situación de los rigidizadores se especificará en el anexo correspondiente.

## **6. Bibliografía**

- Jose Monfort Leonart. *Estructuras metálicas para edificación*. Universidad Politécnica de Valencia, 2006.
- Universidad de Castilla la Mancha. *Capítulo 5. Torsión*. [Consulta: 10 de julio de 2015]. Disponible en: [http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/Trans\\_const/Tema5b.pdf](http://www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/Tema5b.pdf)
- Jaime Santo Domingo Santillana, Escuela Politécnica de Zamora. *Tema 8: Torsión*. [Consulta: 10 de julio de 2015]. Disponible en: <http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/resistencia-de-materiales-ingeniero-tecnico-en-obras-publicas/contenidos/%20Tema8-Torsion.pdf>
- Universidad de Oviedo. *Capítulo X: Piezas a torsión*. [Consulta: 10 de julio de 2015]. Disponible en: [http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/3209/mod\\_resource/content/1/Teoria/Capitulo\\_X.pdf](http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/3209/mod_resource/content/1/Teoria/Capitulo_X.pdf)

En Béjar, a 04 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# ANEXO: CÁLCULOS ESTRUCTURALES

---



**Índice**

1. Antecedentes.....	4
2. Cálculos analíticos.....	4
2.1. Hipótesis para las correas .....	5
2.1.1. Determinación de las acciones .....	5
2.1.2. Dimensionado de las correas .....	11
2.2. Hipótesis para los pilares.....	15
2.2.1. Determinación de las acciones .....	15
2.2.2. Dimensionado de los pilares.....	19
2.3. Hipótesis cercha.....	27
2.3.1. Determinación de acciones .....	27
2.3.2. Dimensionado de la cercha.....	30
2.4. Cálculo de la cimentación .....	38
2.4.1. Antecedentes.....	38
2.4.2. Cálculo de la zapata.....	42
3. Cálculos mediante Cype .....	52
3.1. Cálculo de las correas .....	52
3.2. Cálculo de la estructura metálica.....	59
3.3. Cálculo de la cimentación .....	181
3.3.1. Comprobación zapata .....	181
3.3.2. Comprobación viga de atado .....	183
3.4. Cálculo de las placas de anclaje .....	184
3.4.1. Memoria de cálculo .....	184
4. Mediciones de los materiales.....	192
4.1. Estructura metálica .....	192
4.1.1. Materiales utilizados.....	192
4.1.2. Características mecánicas .....	193

4.1.3. Mediciones .....	195
4.2. Cimentación.....	204
4.2.1. Zapatas.....	204
4.2.2. Vigas de atado .....	205
4.3. Placas de anclaje.....	206

## **1. Antecedentes**

El objetivo de este anexo es el cálculo tanto analítico como mediante elementos finitos de la estructura portante de la nave industrial. Se estudiará el efecto de las diferentes acciones en la cubierta y paramentos laterales, tales como el viento y la nieve para determinar las cargas que actúan en la misma siguiendo las indicaciones del CTE DB SE y SE-AE.

La estructura tendrá la función de cerramiento y la única sollicitación a mayores de las cargas externas será la de soportar el peso del falso techo, del que más adelante se ampliará información. Ante la necesidad de emplear un falso techo se opta por la opción de diseñar una cercha con una altura de cuatro metros, altura a la que se instalará el falso techo, dicha cercha será del tipo americana y tendrá 16 tramos, con la intención de que las correas apoyen directamente sobre los nudos y la cercha se comporte como una estructura de nudos articulados.

La cubierta estará formada por un panel sándwich unido a las correas mediante fijación rígida, el uso previsto para esa cubierta es únicamente de mantenimiento, no se prevé ningún uso ni ninguna carga adicional aparte de las ya mencionadas, se dispondrán 18 correas.

La estructura estará compuesta por 11 cerchas iguales con 10 vanos de 4.2 metros de luz entre pórticos. Cada pilar apoyará sobre una zapata aislada, ya que se trata de un terreno consolidado; las zapatas llevarán vigas de atado entre ellas longitudinalmente, lo que a su vez servirá de apoyo para el cerramiento lateral que se realizará mediante placa alveolar de hormigón, por tanto, no se tendrá en cuenta el peso de esta a la hora de calcular la cimentación.

## **2. Cálculos analíticos**

El cálculo de las acciones sobre la estructura se va a realizar de la siguiente manera, realizando tres hipótesis:

- Hipótesis para las correas: Donde se incluyen las acciones sobre las mismas, a partir de la acción más desfavorable, independientemente de succión o presión, se calculan las correas y su unión tanto con la estructura como con la cubierta

- Pilares: Se calcula la situación más desfavorable para los pilares y se calcula la reacción de la cercha para dicha situación.
- Hipótesis para la cercha: Se calcula la acción del viento en un dintel y la carga obtenida se divide entre los nudos para realizar el cálculo. Cargas de presión (?).

## 2.1. Hipótesis para las correas

Se parte de los siguientes datos de partida para el cálculo de las correas:

- Correas a dos vanos (8.4 metros de longitud).
- Pendiente de la cubierta: 15.8°.
- Fijación rígida al cerramiento.
- Apoyo de las correas en los nudos de la cercha.
- Se dimensionarán las correas empleando perfiles IPE.
- Limitación de flecha, según CTE: L/300
- Se calculará la penúltima correa, entendida como la más desfavorable.

Se dispondrá un panel sandwich, el cual es autoportante y soporta luces de hasta 4 metros, las características<sup>1</sup> son las siguientes:

Espesor de aislante mm	K COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA GLOBAL		PESO PANEL CON SOPORTES DE ACERO externo e interno 0,5 mm kg / m <sup>2</sup>
	Kcal / m <sup>2</sup> h C	Watt / m <sup>2</sup> K	
30	0,51	0,59	9,20
40	0,40	0,46	9,60
50	0,33	0,38	10,00
60	0,28	0,32	10,40
80	0,22	0,25	11,20
100	0,18	0,20	12,00
120	0,15	0,17	12,80

Tabla 1: Características del panel de cubierta.

Se empleará un panel de 80 mm de espesor, con una separación entre correas de 1.6 metros.

### 2.1.1. Determinación de las acciones

- Peso propio del cerramiento [permanente]:  $Q = 11.20 \frac{kg}{m^2} = 0.112 \frac{kN}{m^2}$

<sup>1</sup>Catálogo "Garcopanel": <http://garcopanel.com/cubierta.html>

- Uso [variable]:  $Q = 0.4 \frac{kN}{m^2}$  (*distribuida*);  $Q = 1 kN$  (*concentrada*)

Según tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso (DB SE-AE)

- Nieve [variable]: La carga debida a la nieve se obtiene según el DB SE-AE.

Valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, según el apartado 3.5.1-2:

$$qn = \mu \cdot Sk \text{ (Ecuación 3.2 del DB)}$$

Donde:

- $\mu$ : Coeficiente de forma de la cubierta según 3.5.2

- $sk$ : Valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2.

El valor del coeficiente de forma ( $\mu$ ) será 1, porque se trata de una inclinación menor a  $30^\circ$  ( $15.8^\circ$ ).

Para obtener el valor característico de carga de nieve se acude al anexo E, donde se elegirá una zona climática en la figura E.2 "zonas climáticas de invierno", y, posteriormente, en la tabla E.2 "Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal ( $kN/m^2$ )".

Datos de partida:

Altitud (m)	970
Zona de clima invernal (según figura E2)	Zona 3

Por tanto, interpolando en la tabla E2 se obtiene que  $sk = 0.67 \frac{kN}{m^2}$

Por tanto:

$$qn = 1 \cdot 0.67 = 0.67 \frac{kN}{m^2}$$

No se considera carga lineal (DB SE-AE Apartado 3.5.1-4) porque la cubierta de la nave no vuela sobre el cerramiento.

- Viento [Variable]: Las cargas debidas al viento se calculan según el CTE DB SE-AE.

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

- $q_b$ : Coeficiente de presión dinámica.

- $C_e$ : Coeficiente de exposición.

- $C_p = C_{p_{ext}} + (-C_{p_{int}})$ : Coeficiente de presión con huecos abiertos:  $C_p = C_{p_{ext}}$  coeficiente de presión con huecos cerrados.

Para el coeficiente de presión dinámica ( $q_b$ ) se va al anexo D, D1, párrafo 4:

Béjar se sitúa en la zona A, luego  $q_b = 0.42 \frac{kN}{m^2}$

El coeficiente de exposición se obtiene en el punto 3.3.3, en la tabla 3.4 "Valores del coeficiente de exposición", en función del grado de aspereza del entorno y la altura de la correa.

El edificio estará situado en el Polígono Industrial de Béjar, luego se considerará una zona IV "Zona urbana en general, industrial o forestal" y la penúltima correa estará situada a 7.05 metros de altura. Por tanto  $C_e = 1.51$

El coeficiente de presión eólico ( $C_p$ ) se obtiene a partir del punto 3.3.5, anexo D, tablas, D.3, D.6a y D.6b. Se plantean en el edificio cuatro zonas, las cuales abarcan cualquier posible dirección del viento (figura 1):

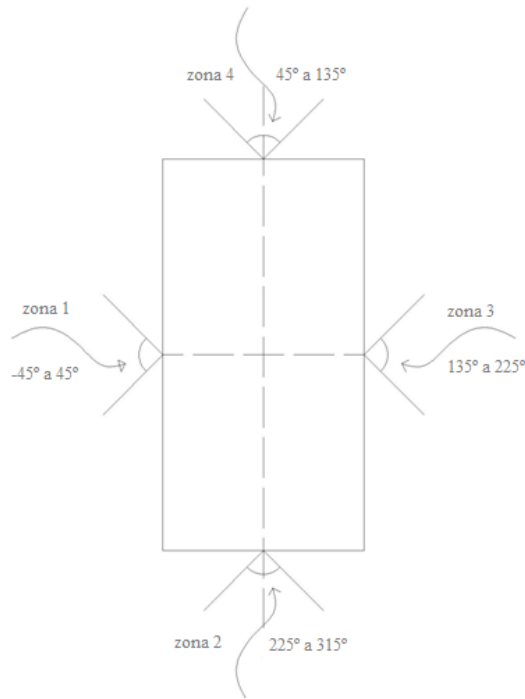


Figura 1: Zonas de acción del viento.

A continuación se calculará el coeficiente de presión exterior:

► Viento por zonas 1 y 3:

-Pendiente:  $15.80^\circ$

$-A = 1.6 \cdot 4.2 = 6.72 \text{ m}^2$  (área de influencia de la correa).

$-e = \text{mín}(b, 2h) = \text{mín}(42, 15) = 15$

	F	G	H	I	J
$C_{pe,10}(15,8^\circ)$	-0,87	-0,78	-0,29	-0,4	-0,97
	0,22	0,22	0,21	0	0
$C_{pe,1}(15,8^\circ)$	-1,97	-1,5	-0,29	-0,4	-1,44
	0,22	0,22	0,21	0	0
$C_{pe,6,78}(15,8^\circ)$	-1,06	-0,904	-0,29	-0,4	-1,05
	0,22	0,22	0,21	0	0

Tabla 2: Coeficientes de exposición V.Z.1 y 3.

$$C_{pe,4.8} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \cdot \log_{10} 4.8$$

En la figura 2 se muestra cómo quedan las diferentes zonas de acción del viento en la cubierta por las zonas 1 y 3:

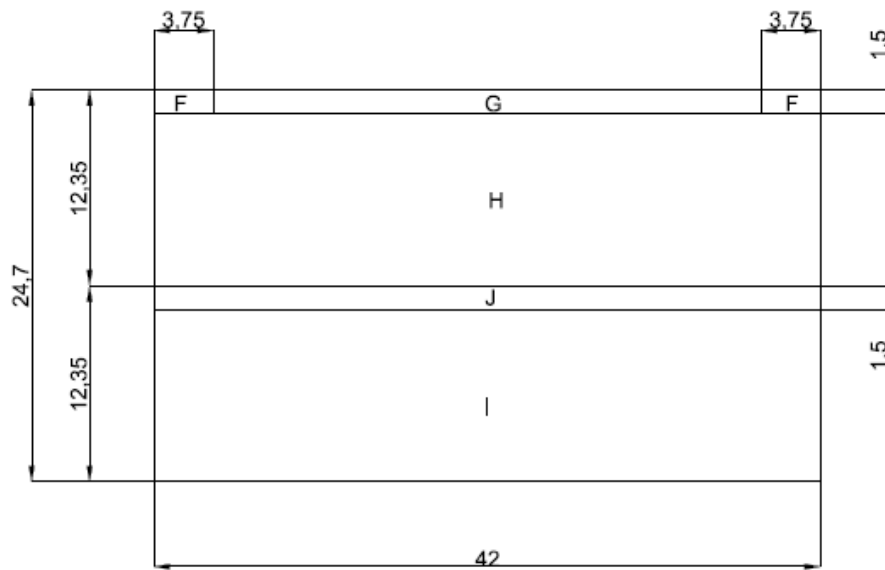


Figura 2: Distribución de la cubierta para viento por zonas 1 y 3.

► Viento por zona 4:

$$-e = \min(24,7, 2 \cdot 7,5) = 15$$

	F	G	H	I
Cpe,10(15,8º)	-1,29	-1,3	-0,61	-0,5
Cpe,1(15,8º)	-1,97	-2	-1,2	-0,5
Cpe,6,78(15,8º)	-1,4	0,1042	-0,71	-0,5

Tabla 3: Coeficientes de exposición V.Z.4.

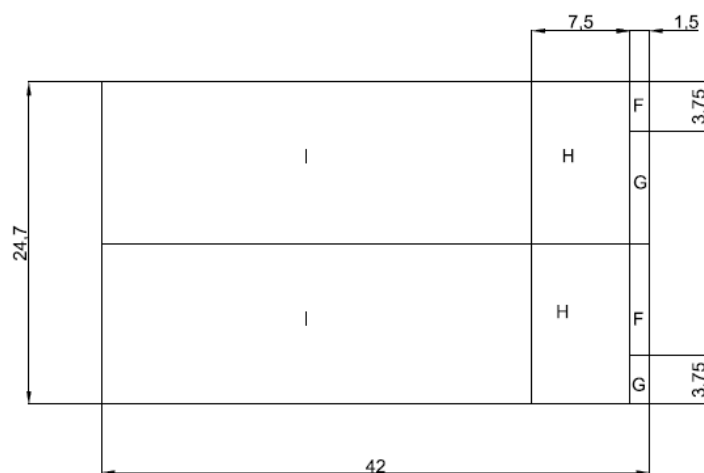


Figura 3: Distribución de la cubierta para viento por zona 4.



A continuación se calculará el coeficiente de presión interior:

	Esbeltez	Ahuecos/Atotal	Cpint
Zona 1	$8/24,7=0,32<1$	$13,85/336=0,041$	0,7
Zona 2	$8/42=0,19<1$	$9,05/154,37=0,06$	0,7
Zona 3	$0,32<1$	$12/336=0,035$	0,7
Zona 4	$0,19<1$	$34,75/154,37=0,22$	0,56

Tabla 4: Coeficiente de presión interior.

$$Ahuecos (zona 1) = 4.25(\text{puerta}) + 2.4 \cdot 4(\text{ventanas}) = 13.85 \text{ m}^2$$

→ Se calcula el área de huecos en la zona opuesta a la de la acción del viento.

$$Ahuecos (zona 2) = 4.25 + 2 \cdot 2.4 = 9.05 \text{ m}^2$$

$$Ahuecos (zona 3) = 2.4 \cdot 5 = 12 \text{ m}^2$$

$$Ahuecos (zona 4) = 12.95 \cdot 2 + 2.2 + 2.4 + 4.25 = 34.75 \text{ m}^2$$

A continuación se generan las diferentes hipótesis que aparecen y se buscarán los casos más desfavorables:

► Viento por zonas 1 y 3: Correas en H y en J.

\*Correa H:

- $qe(h) = 0.42 \cdot 1.51 \cdot [-0.29 + (-0.7)] = -0.63 \text{ kN/m}^2 \text{ [H. A.]}$
- $qe(h) = 0.42 \cdot 1.51 \cdot [0.21 + (-0.7)] = -0.31 \text{ kN/m}^2 \text{ [H. A.]}$
- $qe(h) = 0.42 \cdot 1.51 \cdot [0.21] = 0.13 \text{ kN/m}^2 \text{ [H. C.]}$

\*Correa J

- $qe(j) = 0.42 \cdot 1.51 \cdot [-1.05 + (-0.7)] = -1.11 \text{ kN/m}^2 \text{ [H. A.]}$
- $qe(j) = 0.42 \cdot 1.51 \cdot [0 + (-0.7)] = -0.44 \text{ kN/m}^2 \text{ [H. A.]}$
- $qe(j) = 0.42 \cdot 1.51 \cdot [0] = 0 \text{ kN/m}^2 \text{ [H. C.]}$

► Viento por zona 2: Correas en F, G, H. Solo se tendrán en cuenta hipótesis con huecos abiertos ya que los valores de  $C_{pext}$  para este caso son todos de succión.

$$C_{pe}(F - H) = \frac{1.5 \cdot -1.40 + 6.9 \cdot -0.712}{8.4} = -0.83$$

$$C_{pe}(G - H) = \frac{1.5 \cdot -1.40 + 6.9 \cdot -0.712}{8.4} = -0.83$$

$$q_e = 0.42 \cdot 1.51 \cdot [-0.5 + (-0.56)] = -0.65 \text{ kN/m}^2$$

Se observa que todos los efectos del viento, en hipótesis de huecos abiertos, son de succión salvo en un caso en el que es nulo. Se han determinado las hipótesis de huecos cerrados que llevan a efectos de presión ya que se tendrán que sumar al resto de acciones gravitatorias.

### 2.1.2. Dimensionado de las correas

En la tabla 1 se van a realizar todas las combinaciones de acciones acorde con lo que se indica en el CTE DB SE, tanto para estado límite último como para estado límite de servicio. Las combinaciones de cargas, según el CTE son las siguientes:

#### 4.2.2 Combinación de acciones

- 1 El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.3)$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), incluido el pretensado ( $\gamma_P \cdot P$ );
- una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ( $\gamma_Q \cdot Q_k$ ), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ( $\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$ ).

Los valores de los coeficientes de seguridad,  $\gamma$ , se establecen en la tabla 4.1 para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente.

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad,  $\psi$ , se establecen en la tabla 4.2

Para el estado límite de servicio, se acude a la ecuación 4.6, similar a la 4.3 con la salvedad de que no emplea coeficiente de mayoración, mediante la tabla 1, a continuación se obtendrán las diferentes combinaciones de cargas para buscar la combinación más desfavorable.

Para la combinación de acciones se han elegido las hipótesis más desfavorables del viento, tanto la de succión y presión:

$$q_e = 0.13 \text{ [H.C.]}$$

$$q_e = -1.11 \text{ [H.A.]}$$

ESTADO LÍMITE ÚLTIMO														
Acción		Tipo	Valor unitario (kN/m <sup>2</sup> )	Franja de carga (m)	Carga (kN/m)	$\gamma$	$\psi 01$		$\psi 02$		$\psi 03$		$\psi 04$	
Peso del cerramiento		G	0,11	1,60	0,18	1,35	1,00	0,24	1,00	0,24	1,00	0,24	1,00	0,24
Viento	Presión	Q	0,13	1,60	0,21	1,50	0,00	0,00	0,60	0,19	1,00	0,31	0,00	0,00
	Succión	Q	-1,11	1,60	-1,78	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-2,66
Nieve		Q	0,67	1,60	1,07	1,50	0,00	0,00	1,00	1,61	0,50	0,80	0,00	0,00
Uso	Uniforme	Q	0,40	1,60	0,64	1,50	1,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Concentrado (kN)	Q	1,00	-	1,00	1,50	1,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hipótesis (kN/m <sup>2</sup> )														
G+uso (uniforme)								1,16						
G+uso (concentrada)								1,68						
G+viento (presión)+nieve (nieve principal)										1,97				
G+viento (presión)+nieve (viento principal)												1,32		
G+viento succión														-2,43

Tabla 5: Combinación de acciones en ELU.

ESTADO LÍMITE DE SERVICIO														
Acción		Tipo	unitario (kN/m2)	Franja de carga (m)	Carga (kN/m)	$\gamma$	$\psi01$		$\psi02$		$\psi03$		$\psi04$	
Peso del cerramiento		G	0,11	1,60	0,18	0,00	1,00	0,18	1,00	0,18	1,00	0,18	1,00	0,18
Viento	Presión	Q	0,13	1,60	0,21	0,00	0,00	0,00	0,60	0,12	1,00	0,21	0,00	0,00
	Succión	Q	-1,11	1,60	-1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-1,78
Nieve		Q	0,67	1,60	1,07	0,00	0,00	0,00	1,00	1,07	0,50	0,54	0,00	0,00
Uso	Uniforme	Q	0,40	1,60	0,64	0,00	1,00	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Concentrado (kN)	Q	1,00	-	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hipótesis														
G+uso (uniforme)							0,79							
G+uso (concentrada)							1,13							
G+viento (presión)+nieve (nieve principal)									1,33					
G+viento (presión)+nieve (viento principal)											0,90			
G+viento succión													-1,60	

Tabla 6: Combinación de acciones en ELS.

En estado límite último, se va a estudiar el siguiente caso, elegido como más desfavorable para la correa.

- G+viento (succión):  $P = - - 2.43 \frac{kN}{m}$

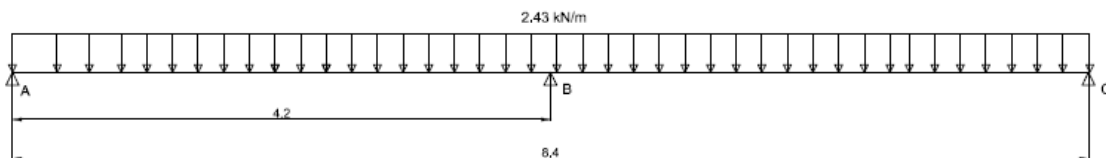


Figura 4: Hipótesis más desfavorable.

Al tratarse de una pendiente pequeña ( $15.8^\circ$ ), se desprecia la componente horizontal (respecto de la pendiente), para la comprobación de las correas.

$$R_a = R_c = 0.375 \cdot 2.43 \cdot 4.2 = 3.82 \text{ kN}$$

$$R_b = 1.25 \cdot 2.43 \cdot 4.2 = 12.76 \text{ kN}$$

$$M_{\text{máx}} = M_b = - \frac{2.43 \cdot 4.2^2}{8} = 5.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{\text{neces.}} = \frac{5.35 \cdot 10^6 \cdot 1.05}{275} = 20.42 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{IPE} - 100$$

$$W_y = 34.2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

IPE-100

$$I_y = 1.71 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Tabla 7: características del perfil a emplear.

Para el estado límite de servicio se emplea el valor de esta hipótesis pero sin mayoración de cargas, el esfuerzo es el siguiente:

- G+viento (succión):  $P = -1.60 \frac{kN}{m}$

Según el CTE, la deformación máxima será de  $L/300$  (28 mm)

$$\delta = \frac{0.0054 \cdot 1.60 \cdot 4200^4}{210000 \cdot 1.71 \cdot 10^6} = 7.5 \text{ mm} < 28 \text{ mm} \rightarrow \text{Cumple}$$

## 2.2. Hipótesis para los pilares

Dentro de este apartado se comenzará calculando la acción del viento en pilares laterales y hastiales y, una vez encontrada la situación más desfavorable, se calculará su valor para el dintel y así obtener la reacción generada por la cercha.

### 2.2.1. Determinación de las acciones

Los datos de partida para dicho cálculo son los mismos que para el cálculo de la acción del viento en las correas.

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

$$C_p = C_{pext} + (-C_{pint})$$

Se calcula el coeficiente de exposición para la altura media de los pilares, que es de 4 metros, por tanto, manteniendo la zona IV,  $C_e = 1.33$

$C_{pint}$  mantiene los mismos valores que en el caso del cálculo de la acción del viento en las correas:

	Esbeltez	Ahuecos/Atotal	$C_{pint}$
Zona 1	$8/24,7=0,32<1$	$13,85/336=0,041$	0,7
Zona 2	$8/42=0,19<1$	$9,05/154,37=0,06$	0,7
Zona 3	$0,32<1$	$12/336=0,035$	0,7
Zona 4	$0,19<1$	$34,75/154,37=0,22$	0,56

Tabla 7: Coeficiente de presión interior.

A continuación se calculará el  $C_{pext}$  para los paramentos laterales para las diferentes direcciones del viento, tal y como se muestra en la figura 1.

- Pilares laterales: El cálculo de la acción del viento sobre los pilares laterales se realiza mediante la tabla D.3. (CTE DB SE-AE).
  - Viento por zona 1: Los pilares a estudiar en este caso quedan en las zonas D y E.

$$A = 4 \cdot 4.2 = 16.8 \text{ m}^2 \text{ (Área de influencia)}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{7.5}{24.7} = 0.3 \text{ (Esbeltez del plano paralelo a la dirección del viento)}$$

Interpolando entre 0.25 y 1 se obtienen los valores de  $C_{pe}$  en D y en E.

$$C_{peD} = 0.706; C_{peE} = -0.31$$

- Viento por zona 3: Los pilares a estudiar quedan en las zonas opuestas a las que quedaban en la zona 1, por tanto:

$$C_{peE} = 0.706; C_{peD} = -0.31$$

- Viento por zona 2: Los pilares a estudiar quedan en zonas A, B, C.

$$e = \text{mín}(b, 2h) = \text{mín}(24.7, 2 \cdot 7.5) = 24.7 \text{ m}$$

$$A = \frac{e}{10} = 2.47 \text{ m}$$

$$B = 24.7 - 2.47 = 22.23 \text{ m}$$

$$C = d - e = 42 - 24.7 = 17.3 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{7.5}{42} = 0.18$$

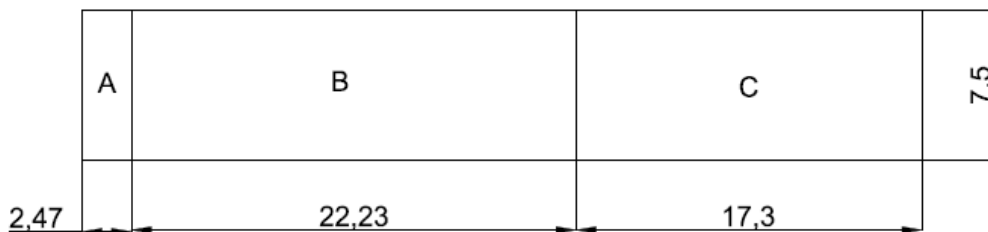


Figura 5: Acción del viento en la zona 2.

Por tanto, los valores se toman de la tabla D.3, para el valor de  $h/d$  de 0.25:

$$C_{peA} = -1.2; C_{peB} = -0.8; C_{peC} = -0.5;$$

- Viento por zona 4: Los pilares a estudiar se encuentran en las mismas zonas, pero cambia el orden.
- Pilares hastiales (frontal y trasero).
  - Viento por zona 1: Pilares en zonas A, B, C. Se calcula el ancho de cada superficie:

$$e = \text{mín}(b, 2h) = \text{mín}(42, 2 \cdot 7.5) = 42 \text{ m}$$

$$A = \frac{e}{10} = 4.2 \text{ m}$$

$$B = 42 - 4.2 = 37.8 \text{ m}$$

No hay zona C porque  $B > D$ , por tanto, solo habrá correas en A y B.

$$\frac{h}{d} = \frac{7.5}{24.7} = 0.3$$

Por tanto, interpolando en la tabla D.3:

$$C_{peA} = -1.2; C_{peB} = -0.8;$$

- Viento por zona 3: Iguales pero con distinto orden.
- Viento por zona 2: Los hastiales quedan en zonas D y E.

$$A > 10 \text{ m}^2$$

$$\frac{h}{d} = \frac{7.5}{42} = 0.18$$

Por tanto:

$$C_{peD} = 0.7; C_{peE} = -0.3;$$

- Viento por zona 4: Quedan igual pero cambiados de orden.

Por tanto, las hipótesis son las siguientes:

- Pilares laterales
  - Viento por zona 1:

$$Q_{eD} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (0.706 + (-0.7)) = 0 \text{ [H. A.]}$$

$$Q_{eD} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot 0.706 = 0.4 \frac{kN}{m^2} \text{ [H. C.]}$$

$$Q_{eE} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.31 + (-0.7)) = -0.56 \frac{kN}{m^2} \text{ [H. A.]}$$

$$Q_{eE} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.31) = -0.17 \frac{kN}{m^2} \text{ [H. C.]}$$



- Viento por zona 3:

$$Q_{eD} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.31) = -0.17 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

$$Q_{eD} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.31 + (-0.7)) = -0.56 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

$$Q_{eE} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (0.706 + (-0.7)) = 0 [H. A.]$$

$$Q_{eE} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot 0.706 = 0.4 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

- Viento por zona 2: Para esta zona, al tener pilares en diferentes zonas (A, B, C) se opta por seleccionar el valor más desfavorable de coeficiente de exposición. Se emplea el valor de  $C_{pe} = -0.8$ .

$$Q_{eB} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.8 + (-0.7)) = -0.84 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

$$Q_{eB} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.8) = -0.45 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

- Viento por zona 4:

$$Q_{eB} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.8 + (-0.56)) = -0.76 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

$$Q_{eB} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.8) = -0.45 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

- Pilares hastiales: Se consideran los dos delanteros y traseros, con franja de carga de 12.35 m.

- Viento por zona 1:

$$q_{bA} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-1.2 + (-0.7)) = -1.1 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

$$q_{bA} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-1.2) = -0.67 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

$$q_{bB} = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.8 + (-0.7)) = -0.84 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

$$qbB = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.8) = -0.45 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

- Viento por zona 3: Los valores quedan en diferente orden, como se va a dimensionar el más desfavorable, no se repite el cálculo.
- Viento por zona 2:

$$qbD = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (0.7 + (-0.7)) = 0 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

$$qbD = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (0.7) = 0.4 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

$$qbE = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.3 + (-0.7)) = -0.56 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

$$qbE = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.3) = -0.17 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

- Viento por zona 4: Los valores llevan el orden opuesto, además el coeficiente de presión interior cambia.

$$qbE = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (0.7 + (-0.56)) = 0.08 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

$$qbE = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (0.7) = 0.4 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

$$qbD = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.3 + (-0.56)) = -0.5 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

$$qbD = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.3) = -0.7 \frac{kN}{m^2} [H. C.]$$

## 2.2.2. Dimensionado de los pilares

### 2.2.2.1. Pilares laterales

Como todos los pilares de la estructura serán iguales (salvo los hastiales, en caso de que sea necesario, se va a seleccionar la hipótesis más desfavorable para cada zona de acción del viento y para cada zona de la nave (según CTE). Posteriormente se calculará el efecto del viento sobre la cercha para dicha hipótesis.

- Viento por zona 1

$$QeE = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.31 + (-0.7)) = -0.56 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

- Viento por zona 2

$$QeB = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.8 + (-0.7)) = -0.84 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

- Viento por zona 3

$$QeD = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.31 + (-0.7)) = -0.56 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

- Viento por zona 4

$$QeB = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.8 + (-0.56)) = -0.76 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

Por tanto, se van a dimensionar los pilares laterales para la hipótesis de viento por zona 2, con huecos abiertos. Dicha hipótesis, para el caso de la cercha, deja el valor de presión estática del viento siguiente, según las diferentes zonas de la cubierta (figura 3):

F	G	H	I
-1.29	-1.31	-0.61	-0.5

$$q_{edintel} = 0.42 \cdot 1.51 \cdot (-1.29 - 0.7) = -1.26 \frac{kN}{m^2}$$

Por tanto, se realiza la siguiente combinatoria: G+Viento (succión):

$$Q = 0.112 \cdot 1.35 \cdot 1 - 1.26 \cdot 1.5 \cdot 1 = -1.73 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{dintel} = -1.73 \frac{kN}{m^2} \cdot 4.2 = -7.26 \frac{kN}{m}$$

$$q_{pilares} = -0.84 \frac{kN}{m^2} \cdot 4.2 m = -3.53 \frac{kN}{m}$$

La acción del viento en la nave, bajo la hipótesis de viento por zona 2 es la que se muestra en la figura 6. Como toda succión se considerará favorable en lo que a los pilares se refiere, no se tendrá

en cuenta para su cálculo, por tanto, se dimensionarán los pilares laterales sometidos a la acción del viento y al peso propio estimado de la cercha (17.5 kN), tal y como se muestra en la figura 7.

Determinación del peso propio de la cercha:

- Peso de la propia cercha:  $P = 13 \text{ kN}$  (Dato obtenido de mediciones)
- Peso de la cubierta:  $P = 5 \text{ kN}$
- Peso del falso techo:  $P = 7.5 \text{ kN}$

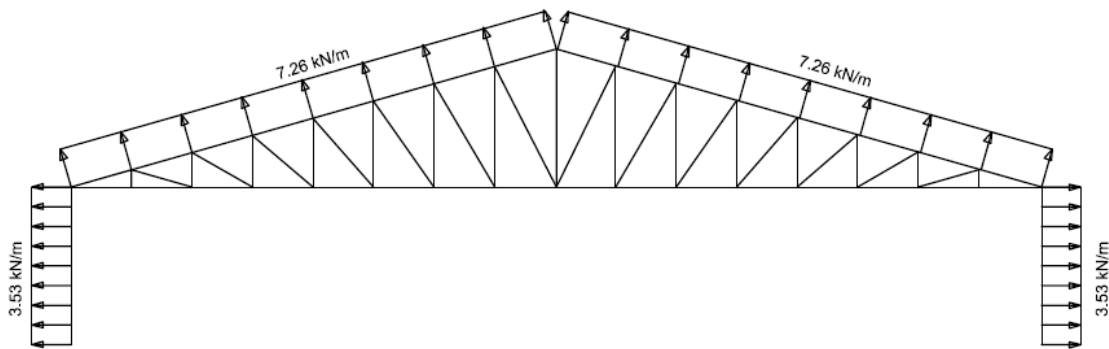


Figura 6: Estructura para la hipótesis más desfavorable de los pilares laterales.

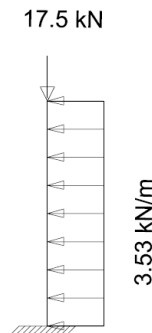


Figura 7: Hipótesis tomada para los pilares laterales.

$$Ra = 3.53 \cdot 4 = 14.12 \text{ kN}$$

$$Mt = \frac{3.53 \cdot 4^2}{2} = 28.24 \text{ kN} \cdot m$$

$$W_{neces.} = \frac{44.4 \cdot 10^6 \cdot 1.05}{275} = 107.82 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
HEB-140	$I_y = 15.1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 4300 \text{ mm}^2$
	$W_y = 216 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 8: Características del perfil a emplear.

Para este caso se podría elegir un perfil inferior, como un HEB-120, pero, se elige el perfil 140 ya que es el perfil que el programa Cype indica para esta barra, la diferencia de aprovechamiento se debe a que la combinatoria del programa de cálculo de estructuras Cype es más desfavorable que la que se puede calcular analíticamente.

Se procede a comprobar el perfil a pandeo en el eje de flexión, ya que en el eje Z se encuentra arriostrada por el cerramiento.

Para que se cumpla la condición de estructura isostática de la cercha, implica que debe de ir articulada en un apoyo y simplemente apoyada en el otro, por tanto se dimensionará el pilar más desfavorable, empotrado-libre, se consideran los pilares arriostrados en su eje débil.

$$lk = 2 \cdot l = 2 \cdot 4 = 8 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 15.1 \cdot 10^6}{8000^2} = 489 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{4300 \cdot 275}{489 \cdot 10^3}} = 1.55 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

En la tabla 6.3, en la curva B, según la geometría del perfil:

$$\lambda = 1.55 \rightarrow \chi = 0.33$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.33 \cdot 4300 \cdot \frac{275}{1.05} = 371.64 \cdot 10^3 \text{ N} > 17.5 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

Se comprueba la sección a combinación de acciones, según el apartado 6.2.8: Interacción de esfuerzos en secciones. (flexión+compresión):

$$\frac{17.5 \cdot 10^3}{4300 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{28.24 \cdot 10^6}{216 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.51 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Se comprueba la barra a combinación de acciones según el apartado 6.3.4: Interacción de esfuerzos en piezas (6.3.4.2: Elementos comprimidos y flectados).

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{yEd} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{zEd} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Donde:

$\chi_y$ : Coeficiente de pandeo en el eje de flexión (eje X en el caso actual).

$A^* = A$ , ya que se trabaja con piezas dentro de su límite elástico.

$k_y$ : Se obtiene a partir de la tabla 6.9 del DB.

$c_{m,y}$ : Se obtiene a partir de la tabla 6.10.

$e_{N,y}$ : Se obtiene a partir de la tabla 6.8.

$W_y = W_x$

$$\frac{17.5 \cdot 10^3}{0.33 \cdot 4300 \cdot \frac{275}{1.05}} + 1.036 \cdot \frac{0.95 \cdot 28.24 \cdot 10^6}{216 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.52 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Por tanto, para los pilares laterales se elige un perfil IPE-140.

### 2.2.2.2. Pilares hastiales

Se selecciona la hipótesis más desfavorable para los pilares hastiales, tanto delanteros como traseros, y se calcula dicha hipótesis en la cercha.

- Viento por zona 1:

$$qbA = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-1.2 + (-0.7)) = -1.1 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

- Viento por zona 2: Los pilares delanteros quedan en zona D y los traseros en zona E.

$$qbE = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (-0.3 + (-0.7)) = -0.56 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

- Viento por zona 3: Resulta como valor más desfavorable el mismo valor para la hipótesis de viento por zona 1.
- Viento por zona 4:

$$qbE = 0.42 \cdot 1.33 \cdot (0.7 + (-0.56)) = 0.08 \frac{kN}{m^2} [H. A.]$$

Por tanto, los pilares hastiales se van a dimensionar con una hipótesis de viento por zona 1 con huecos abiertos. Del cálculo de dicha hipótesis sobre la cercha, se obtienen dos resultados, para succión y para presión, ambos con huecos abiertos.

$$qe = 0.42 \cdot 1.51 \cdot (0.22 - 0.7) = -0.3 \frac{kN}{m^2}$$

$$qe = 0.42 \cdot 1.51 \cdot (-0.87 - 0.7) = -1 \frac{kN}{m^2}$$

$$Q = 0.112 \cdot 1.35 \cdot 1 - 1 \cdot 1.5 \cdot 1 = -1.35 \frac{kN}{m^2}$$

Como se trata de una succión, no se va a tener en cuenta y se va a dimensionar el pilar, al igual que en el caso de los pilares laterales, con los siguientes esfuerzos:

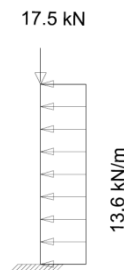


Figura 8: Hipótesis para los pilares hastiales.

$$qpilar = -1.1 \cdot 12.35 = 13.6 \frac{kN}{m}$$

$$Mt = \frac{13.6 \cdot 4^2}{2} = 108.8 kN \cdot m$$

$$Wneces. = \frac{108.8 \cdot 10^6 \cdot 1.05}{275} = 415.42 \cdot 10^3 mm^3$$

Para cubrir dicha sollicitación será necesario un perfil HEB-180, en posición más favorable, con el eje fuerte sollicitado a flexión. Con el fin de reducir dicho perfil, se van a montar cruces de San Andrés con el fin de transmitir los esfuerzos derivados de los pórticos hastiales a los intermedios y reducir su sección. Por tanto, el pilar trabaja del siguiente modo:

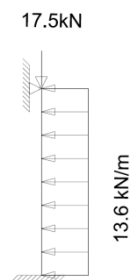


Figura 10: Hipótesis de pilares hastiales con cruz de San Andrés.

Se va a calcular el apoyo para posteriormente calcular el redondo que formará la cruz de San Andrés, que se dimensionará para trabajar a tracción únicamente.

$$R_{apoyo} = \frac{3}{8} \cdot 13.6 \cdot 4 = 20.4 \text{ kN}$$

$$R_{empotramiento} = \frac{5}{8} \cdot 13.6 \cdot 4 = 34 \text{ kN}$$

$$A_{necesaria} = \frac{20.4 \cdot 10^3 \cdot 1.05}{275} = 77.89 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{R12}$$

A continuación se calcula el momento máximo que se da en el pilar con este nuevo modelo:

$$M_{\text{máx}} = Mb = \frac{13.6 \cdot 4^2}{8} = 27.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{neces.} = \frac{27.2 \cdot 10^6 \cdot 1.05}{275} = 103.85 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Se elige un perfil HEB-180, ya que es el que se obtiene con el cálculo mediante Cype, trabajando para esta sollicitación con el eje débil para favorecer la construcción. Se comprueba el perfil a pandeo y a combinación de acciones, sometido a compresión ya flexión en dos planos debido a la sollicitación como pilar lateral del viento, por zona 1, que deja un momento:

$$q_{pilar} = -0.56 \cdot 4.2 = -2.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_t = \frac{2.35 \cdot 4^2}{2} = 18.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{neces.} = \frac{18.8 \cdot 10^6 \cdot 1.05}{275} = 71.78 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{Solicitando el eje fuerte del perfil (Wy)}$$



PERFIL	CARACTERÍSTICAS
HEB-180	$I_y = 38.3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$I_z = 13.6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 6530 \text{ mm}^2$
	$W_y = 426 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
	$W_z = 151 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 9: Características del perfil a emplear.

$$lk = 2 \cdot l = 2 \cdot 4 = 8 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 38.3 \cdot 10^6}{8000^2} = 1.24 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{6530 \cdot 275}{1.24 \cdot 10^6}} = 1.2 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

En la tabla 6.3, en la curva B, según la geometría del perfil:

$$\lambda = 1.2 \rightarrow \chi = 0.48$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.48 \cdot 6530 \cdot \frac{275}{1.05} = 820.91 \cdot 10^3 \text{ N} > 17.5 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

Se comprueba la sección a combinación de acciones, según el apartado 6.2.8: Interacción de esfuerzos en secciones. (flexión [en dos planos]+compresión):

$$\frac{17.5 \cdot 10^3}{6530 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{18.8 \cdot 10^6}{426 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} + \frac{27.2 \cdot 10^6}{151 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.86 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Se comprueba la barra a combinación de acciones según el apartado 6.3.4: Interacción de esfuerzos en piezas (6.3.4.2: Elementos comprimidos y flectados).

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Donde:

$\chi_y$ : Coeficiente de pandeo en el eje de flexión (eje X en el caso actual).

$A^* = A$ , ya que se trabaja con piezas dentro de su límite elástico.

$K_y, K_z$ : Se obtiene a partir de la tabla 6.9 del DB.

$C_{m,y}$ : Se obtiene a partir de la tabla 6.10.

$e_{N,y}$ : Se obtiene a partir de la tabla 6.8.

$W_y = W_x$

$$\frac{17.5 \cdot 10^3}{0.48 \cdot 6530 \cdot \frac{275}{1.05}} + 1.036 \cdot \frac{0.95 \cdot 18.8 \cdot 10^6}{426 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} + 1 \cdot \frac{0.95 \cdot 27.2 \cdot 10^6}{151 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1.05}} = 0.83 < 1 \rightarrow \text{Cumple}$$

Por tanto, para los pilares hastiales se elige un perfil IPE-180.

## 2.3. Hipótesis cercha

### 2.3.1. Determinación de acciones

- Dinteles
  - Viento por zona 1:

$$\alpha = 15.8^\circ$$

$$A = 4.2 \cdot 12.83 = 53.9 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Se interpola  $C_{pe}$  entre  $15^\circ$  y  $30^\circ$ :

F	G	H	I	J
-0.87	-0.78	-0.29	-0.4	-0.97
0.22	0.22	0.21	0	0

$$e = \min(42,2 \cdot 7.5) = 15 \text{ m}; \frac{e}{10} = 1.5; \frac{e}{4} = 3.75$$

Las zonas son las mismas que para el cálculo de las correas (figura 2). El viento por zona 3 repite las mismas hipótesis, solo que se modifican las zonas.

- Viento por zona 2:

$$\alpha = 15.8^\circ; A > 10 \text{ m}^2$$

F	G	H	I
-1.29	-1.31	-0.61	-0.5

Las zonas son las mismas que las que se muestran en la figura 3.

Para el dimensionado de la cercha se emplea la hipótesis de viento en presión por zona 1 con huecos cerrados, ya que en este caso, toda succión se considera favorable:

$$qe(V.Z.1) = 0.42 \cdot 2.1 \cdot 0.22 = 0.25 \frac{kN}{m^2}$$

Atendiendo a la combinación de acciones realizada en el cálculo de las correas, se elige el caso de G+V(p)+Nieve, se utilizan los mismos coeficientes de simultaneidad y de mayoración.

$$G + Uso = 0.512 \frac{kN}{m^2}$$

$$Nieve = 0.67 \frac{kN}{m^2}$$

$$Nieve \text{ principal: } Q = 0.512 \cdot 1.35 \cdot 1 + 0.67 \cdot 1.5 \cdot 1 + 0.25 \cdot 1.5 \cdot 0.6 = 2.1 \frac{kN}{m^2}$$

$$Viento \text{ principal: } Q = 0.512 \cdot 1.35 \cdot 1 + 0.67 \cdot 1.5 \cdot 0.5 + 0.25 \cdot 1.5 \cdot 1 = 1.65 \frac{kN}{m^2}$$

La cercha se dimensionará para una carga de 2.1 kN/m<sup>2</sup>, el área de influencia de cada cercha es de 4.2 metros, para la más desfavorable, por tanto:

$$q = 2.1 \frac{kN}{m^2} \cdot 4.2 m = 8.82 \frac{kN}{m}$$

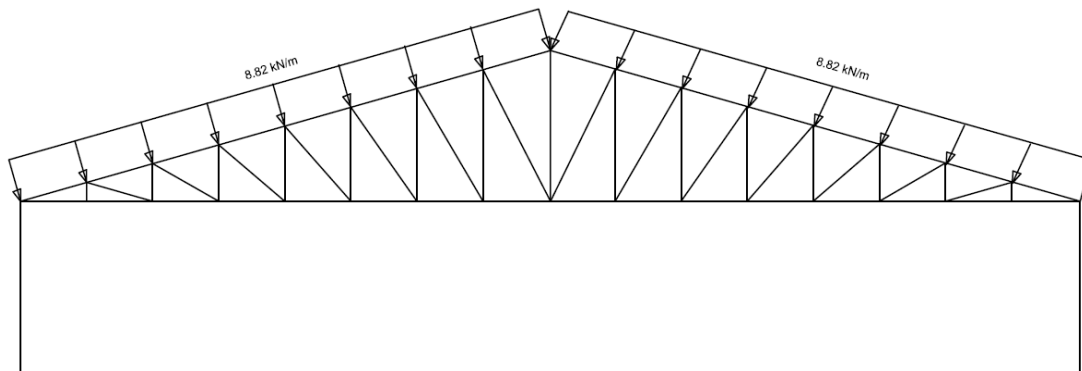


Figura 11: Cargas sobre el dintel.

Se divide la carga distribuida en cargas puntuales situadas en los nudos, además, se le suma el peso propio de las correas (IPE-100) y se tiene en cuenta el peso del falso techo en el cordón inferior.

$$Qt = 8.82 \cdot (16 \cdot 1.6) = 225.8 kN \rightarrow \text{Carga total en el dintel.}$$

$$P = \frac{Qt}{N^{\circ} \text{ nudos}} = \frac{225.8 kN}{17} = 13.28 kN$$

Se tiene en cuenta el peso propio de las correas en los nudos:

$$P = 13.28 + \frac{0.081 \cdot 8.4}{3} \cdot 1.35 = 13.6 kN$$

El área de carga de cada nudo para sostener el falso techo es la siguiente:

$$A = 4.2 m \cdot 1.543 m = 6.5 m^2$$

El peso del falso techo a instalar<sup>2</sup> es de 2.12 kg/m<sup>2</sup>, es decir 0.0212 kg/m<sup>2</sup>, por tanto:

$$P = 0.0212 \cdot 6.5 \cdot 1.35 = 0.2 kN$$

Teniendo en cuenta cargas derivadas de conducciones de instalaciones tales como eléctrica, de suministro de agua o frigorífica:

<sup>2</sup> Grupo panel sándwich (www.panelsandwich.com)  
Panel sandwich de 50 mm de espesor.

$$P = 0.2 \text{ kN} + 0.3 \text{ kN} = 0.5 \text{ kN}$$

En la figura 12 se muestra el esquema de la hipótesis realizada:

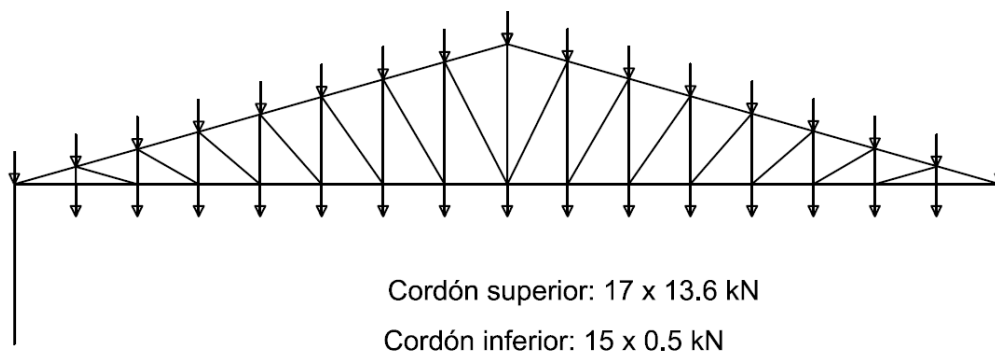


Figura 12: Hipótesis realizada.

### 2.3.2. Dimensionado de la cercha

Se va a dimensionar la cercha mostrada en la figura 12, se va a realizar el cálculo de los esfuerzos en cada barra calculando los nudos de una mitad, ya que, al ser simétrica los esfuerzos van a ser iguales. En la figura 13 se muestra seccionada la cercha para el cálculo.

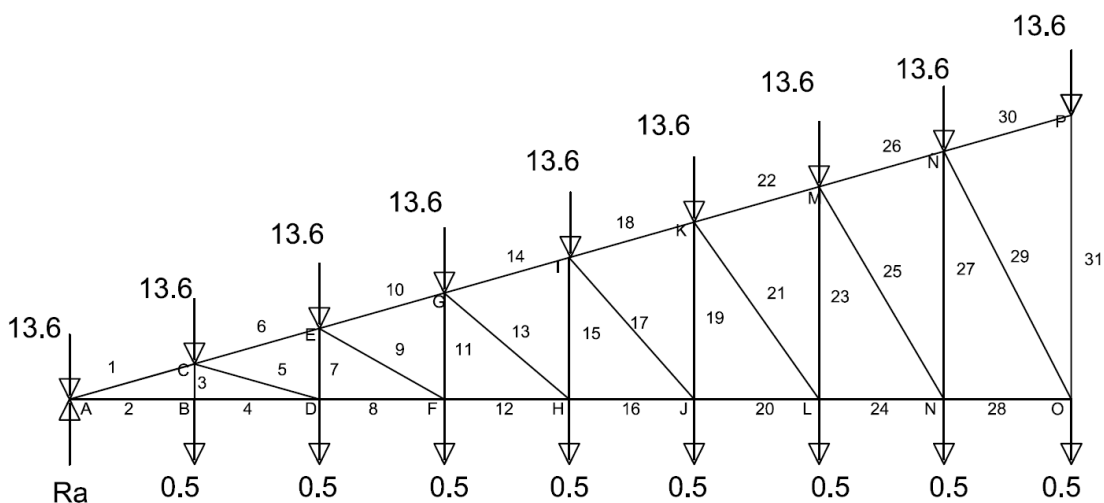


Figura 13: Sección de la cercha a estudiar.

$$R_a = R_b = \frac{\Sigma F}{2} = \frac{17 \cdot 13.6 + 15 \cdot 0.5}{2} = \frac{238.7 \text{ kN}}{2} = 119.35 \text{ kN}$$

- Nudo A

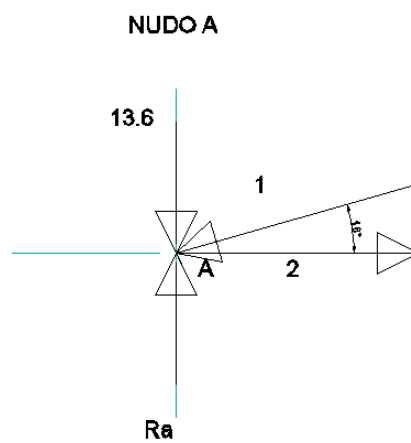


Figura 14: Esquema de fuerzas para el nudo A.

$$\Sigma F_x = 0; T_2 + T_1 \cdot \cos 16 = 0$$

$$\Sigma F_y = 0; 119.35 - 13.6 + T_1 \cdot \sin 16 = 0 \rightarrow T_1 = 383.65 \text{ kN [Compresión]}$$



Dicho cálculo se repite para todos los nudos, obteniéndose los siguientes valores de tensión para las barras de la cercha:

BARRA	ESFUERZO (kN)	TIPO
1	383,65	COMPRESIÓN
2	368,8	TRACCIÓN
3	0,5	TRACCIÓN
4	368,8	TRACCIÓN
5	25,25	COMPRESIÓN
6	358,52	COMPRESIÓN
7	7,5	TRACCIÓN
8	344,53	TRACCIÓN
9	-28	COMPRESIÓN
10	333,35	COMPRESIÓN
11	14,5	TRACCIÓN
12	320,28	TRACCIÓN
13	13,75	COMPRESIÓN
14	309,12	COMPRESIÓN
15	9,33	TRACCIÓN
16	309,75	TRACCIÓN
17	24,4	COMPRESIÓN
18	293	COMPRESIÓN
19	18,91	TRACCIÓN
20	293,74	TRACCIÓN
21	32,9	COMPRESIÓN
22	273,56	COMPRESIÓN
23	27,45	TRACCIÓN
24	274,87	TRACCIÓN
25	40,37	COMPRESIÓN
26	252,62	COMPRESIÓN
27	35,46	TRACCIÓN
28	254,7	TRACCIÓN
29	48	COMPRESIÓN



30	230,2	COMPRESIÓN
31	0,5	TRACCIÓN

Tabla 10: Tensión de las barras

Para la selección del perfil se van a poner unas condiciones que se describirán a continuación:

- Todas las barras del cordón superior, inferior y montantes y diagonales, hasta la barra 15 (incluida), llevarán el mismo perfil.
- Para cada grupo de perfiles se comprobará que cumplen la barra con mayor esfuerzo de compresión y la barra más larga, independientemente de su esfuerzo.
- Se emplearán perfiles tubulares rectangulares.

### 2.3.2.1. Cordón superior

Se va a analizar la barra 1 (T1), ya que todas las barras tienen la misma longitud (1,6 m) y están sometidas a esfuerzos de compresión.

$$T1 = 383.65 \text{ kN [Compresión]}$$

Se debe comprobar la barra a pandeo, primero se comienza eligiendo un perfil en función del área mínima necesaria según el CTE DB SE-A. Los perfiles de los cordones superior e inferior se ejecutarán con perfil tubular de modo que el eje fuerte quede en sentido horizontal, ya que en el montaje se pueden dar situaciones de pandeo con mayor facilidad que en el sentido vertical.

La expresión para el cálculo de las secciones a esfuerzos axiales es la siguiente, según el CTE.

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

Por tanto:

$$A_{neces.} = \frac{N_{t,Rd}}{f_{yd}} = \frac{383.65 \cdot 10^3 \cdot 1.05}{275} = 1464.84 \text{ mm}^2$$

Se va a realizar una primera comprobación con un perfil 160x110x5, cuyas características son las siguientes:

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
--------	-----------------

TUBO 160x110x5	$I_y = 5.04 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 2534 \text{ mm}^2$

Tabla 11: Características del perfil a emplear.

\*Se colocarán con el eje débil en horizontal, tal y como se muestra en la figura 17.

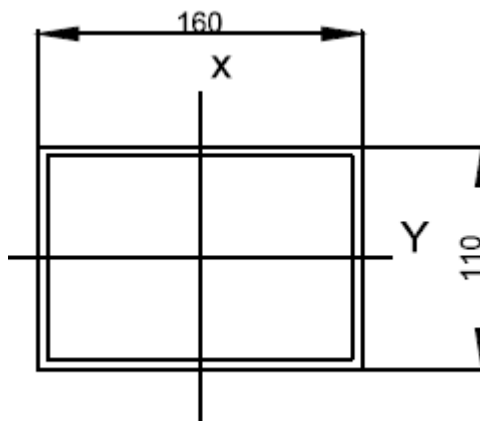


Figura 17: Perfil para cordón superior.

Se comprueba que la barra cumple a pandeo, según el CTE, para estructuras trianguladas, se establecen las siguientes condiciones para calcular las longitudes de pandeo, en el caso que se estudia:

- 3 En vigas planas trianguladas formadas por perfiles huecos de cordones continuos y diagonales y montantes soldados de forma continua en todo el perímetro, se podrán tomar como longitudes de pandeo las definidas en el apartado anterior, aplicando el factor 0,9 a los cordones, y 0,75 a los montantes y diagonales.

En el caso que se estudia, al emplear perfiles tubulares, serán soldados en todo el perímetro, por tanto para los cordones se empleará el factor 0.9.

$$lk = l \cdot 0.9 = 1.6 \cdot 0.9 = 1.44 \text{ m}$$

Las expresiones para el cálculo de la esbeltez reducida, que según el CTE, no puede ser superior a 2, son las siguientes:

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

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I$$

Por tanto:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 5.04 \cdot 10^6}{1440^2} = 5.07 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{2534 \cdot 275}{5.07 \cdot 10^6}} = 0.37 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez.}$$

En la tabla 6.2, en función de la sección transversal, se obtiene la curva donde se debe obtener el coeficiente  $\chi$ , que se obtiene por interpolación en la tabla 6.3, para un tubo estructural conformado en frío, se elige la curva C.

$$\lambda = 0.37 \rightarrow \chi = 0.92$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b,Rd} = 0.92 \cdot 2534 \cdot \frac{275}{1.05} = 610.57 \cdot 10^3 \text{ N} > 383.65 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

El perfil cumple y resulta, según cálculos analíticos, sobredimensionado, pero, como se verá en el apartado de "cálculo de la estructura mediante Cype", el programa tiene en cuenta muchas más combinaciones que el método analítico, así como el peso propio de las barras, lo cual genera flexión y, por tanto, combinación de acciones que provocan un aumento de la sección de la pieza.

### 2.3.2.2. Cordón inferior

Todas las barras del cordón inferior se encuentran traccionadas y tienen la misma longitud (1.54 m), luego se realizará el dimensionado de la barra más cargada (T2):

$$T2 = 368.8 \text{ kN [Tracción]}$$

$$A_{neces.} = \frac{N_{t,Rd}}{f_{yd}} = \frac{368.8 \cdot 10^3 \cdot 1.05}{275} = 1408.14 \text{ mm}^2$$

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
TUBO 90x60x6.3	$I_y = 0.838 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 1627 \text{ mm}^2$

Tabla 12: Características del perfil a emplear.

\*Se colocarán con el eje débil en horizontal.

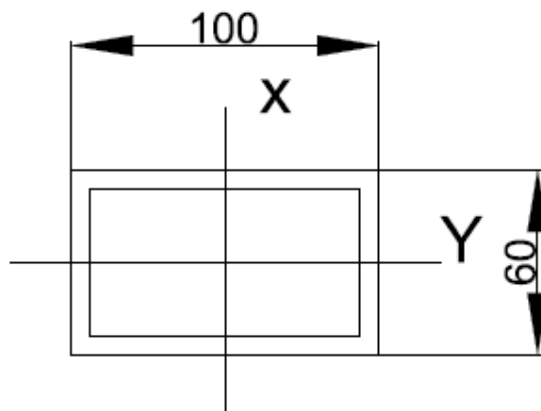


Figura 18: Perfil para cordón inferior.

Según el CTE, la esbeltez reducida no puede ser superior a 3 en barras traccionadas.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 0.838 \cdot 10^6}{(1540 \cdot 0.9)^2} = 904.14 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{1627 \cdot 275}{904.14 \cdot 10^3}} = 0.7 < 3 \rightarrow \text{Cumple}$$

### 2.3.2.3. Montantes y diagonales

Se comprobará la barra 29, barra con mayor esfuerzo de compresión (T29) y longitud de 3.4 metros.

$$T_{29} = 48 \text{ kN [Compresión]}$$

$$A_{neces.} = \frac{N_{t,Rd}}{f_{yd}} = \frac{48 \cdot 10^3 \cdot 1.05}{275} = 183.27 \text{ mm}^2$$

PERFIL	CARACTERÍSTICAS
TUBO 80X60X3.6	$I_x *= 0.56 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
	$E = 210000 \text{ Mpa}$
	$A = 1010 \text{ mm}^2$
	$W_x *= 18.7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 13: Características del perfil a emplear.

\*Se colocarán con el eje débil en horizontal.

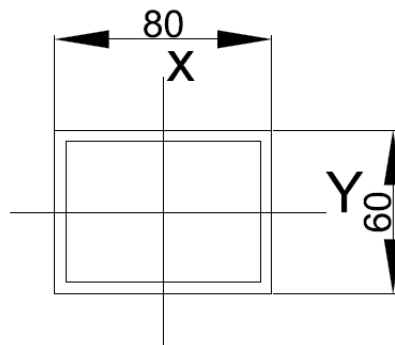


Figura 19: Perfil para montantes y diagonales.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 0.56 \cdot 10^6}{(3400 \cdot 0.9)^2} = 123.95 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{1010 \cdot 275}{123.95 \cdot 10^3}} = 1.49 < 2 \rightarrow \text{Cumple a esbeltez}$$

$$\lambda = 1.49 \rightarrow \chi = 0.32$$

Por tanto, el esfuerzo a compresión máximo de la barra será:

$$N_{b, Rd} = 0.32 \cdot 1010 \cdot \frac{275}{1.05} = 84.64 \cdot 10^3 \text{ N} > 48 \cdot 10^3 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

## 2.4. Cálculo de la cimentación

### 2.4.1. Antecedentes

En este apartado se va a comprobar de forma analítica los resultados obtenidos con Cype para la cimentación, los listados se muestran más adelante. Para realizar la comprobación se realizará una

envolvente de esfuerzos teniendo en cuenta las diferentes hipótesis realizadas para el cálculo de los elementos y se seleccionará el mayor esfuerzo de cada una:

- $N = 119.35 + 8.5 (p.p.) = 127.85 \text{ kN} \rightarrow$  Hipótesis para la cercha.
- $M = 28.24 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow$  Hipótesis para pilares laterales.
- $V = 34 \text{ kN} \rightarrow$  Hipótesis para pilares hastiales.

La cimentación se realiza mediante zapatas aisladas unidas con vigas de atado, las características de la obra serán las siguientes:

- Acero B-400 S para armaduras pasivas, con límite elástico de 410 Mpa
- Hormigón HA-25/B/30/IIa
- Resistencia característica del terreno
  - $\sigma = 300 \text{ kN/m}^2$ , para situaciones persistentes
  - $\sigma = 450 \text{ kN/m}^2$ , para situaciones accidentales
- Ángulo de rozamiento interno del terreno:  $\varphi = 48^\circ$
- La zapata está situada sobre una capa de 10 cm de hormigón de limpieza.
- Soporte para pilar HEB-180 con placa de anclaje de  $350 \times 350 \text{ mm}^2$

La zapata de cimentación, según las dimensiones elegidas será rígida, y será calculada con arreglo a las siguientes normativas:

- CTE DB SE-C, mediante la cual, la zapata se calcula como sólido rígido, se incluyen las siguientes comprobaciones:
  - Comprobación al vuelco

$$M (\text{estabilizador}) \geq M (\text{desestabilizador})$$

$$(N + P) \cdot (a'/2) \cdot \gamma_E \geq (M + V \cdot h) \cdot \gamma_E$$

Tabla 2.1 CTE/DB-SE-C

-Situación persistente o transitoria:

$$\gamma_E = 0.9$$

$$\gamma_E = 1.8$$

-Situación extraordinaria:

$$\gamma_E = 1.2$$

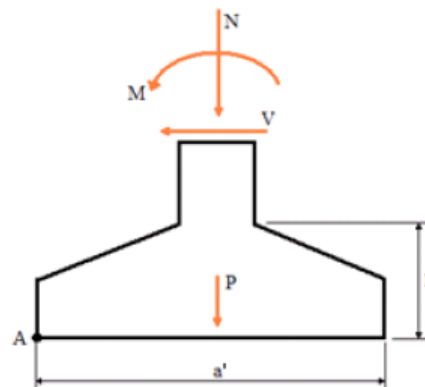


Figura 20: Comprobación al vuelco según CTE.

- Comprobación al deslizamiento

Sólo en zapatas aisladas no arriostradas, sometidas a acciones horizontales.

-Sobre terrenos granulares (arenas):

$$(N + P) \cdot \operatorname{tg} \varphi_d \geq \gamma \cdot V$$

-Sobre terrenos cohesivos (arcillas):

$$(N + P) \cdot \operatorname{tg} \varphi_d + A \cdot C_d \geq \gamma \cdot V$$

Siendo:

$$\varphi_d = 2/3 \varphi$$

$\varphi$  = ángulo de rozamiento interno del terreno

$$C_d = 0'5 \cdot C$$

C = valor de cálculo de la cohesión

A = superficie de a base de la zapata

$\gamma$  = coeficiente de seguridad al deslizamiento:

-situación persistente o transitoria = 1'5

-situación extraordinaria = 1'1

Figura 21: Comprobación al deslizamiento según CTE.

- Comprobación de tensiones en el terreno

Se pueden dar dos situaciones con respecto a la excentricidad,  $e = M/N$  :

1ª.-  $e \leq a' / 6 \Rightarrow$  RECOMENDABLE

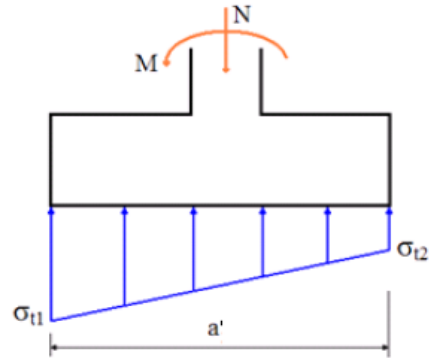
Las presiones sobre el suelo siguen la Ley de NAVIER.

$$\sigma_t = \frac{N}{a'} \pm \frac{6 \cdot M}{a'^2}$$

Siendo,  $\sigma_{t1} = \frac{N}{a'} + \frac{6 \cdot M}{a'^2}$

$$\sigma_{t2} = \frac{N}{a'} - \frac{6 \cdot M}{a'^2}$$

Como  $\sigma_{t2} > 0$ , toda la sección está comprimida.

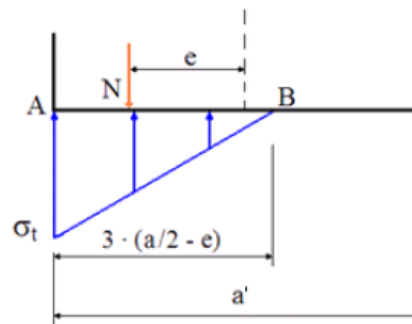


Se deberá cumplir que:  $\frac{3\sigma_{t1} + \sigma_{t2}}{4} \leq \sigma_{adm,t}$

2ª.-  $e > a' / 6 \Rightarrow$  La resultante sale fuera del tercio central.

La respuesta del terreno pasa de trapezoidal a triangular.

$$\sigma_t = \frac{2N}{3 \left( \frac{a'}{2} - e \right)}$$



Deberá cumplirse que,

$$\sigma_t \leq 1'25 \cdot \sigma_{adm,t}$$

Figura 22: Comprobación de tensiones del terreno según Cte.



- Comprobaciones EHE-08, se comprobará el elemento como elemento de hormigón armado siguiendo las prescripciones de la EHE-08 Artículo 58.

### 2.4.2. Cálculo de la zapata

En la figura 23 se muestra la zapata a comprobar con sus dimensiones y acciones transmitidas por la estructura metálica:

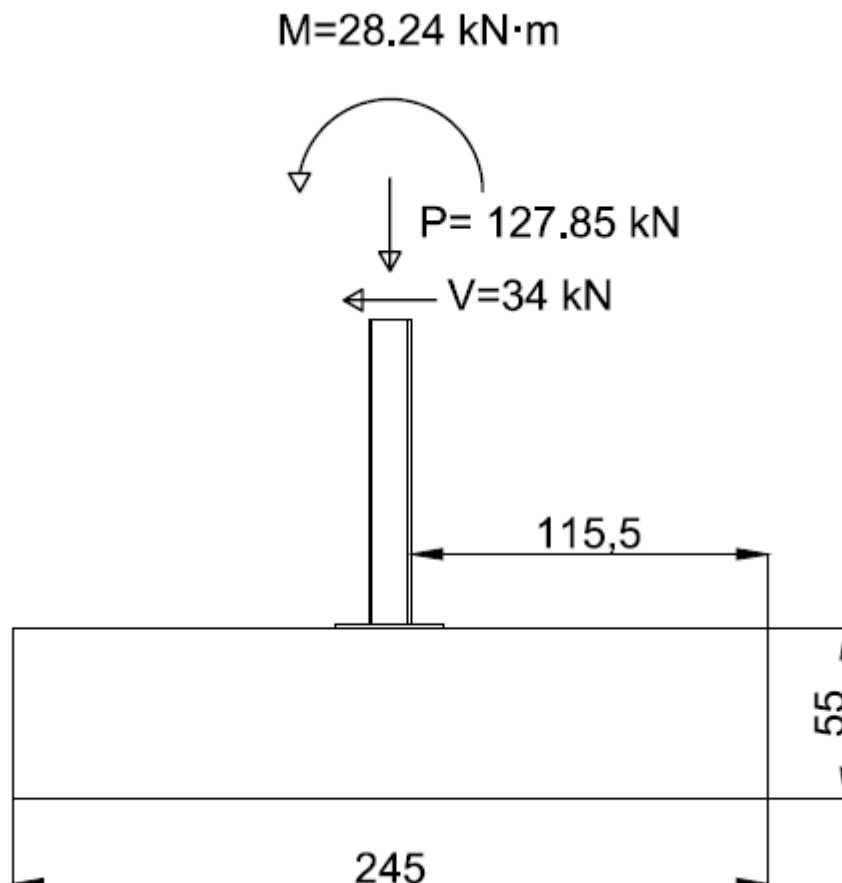


Figura 23: Zapata a comprobar (cotas en cm).

El canto mínimo para zapatas aisladas es de 0.5 m, por tanto, el canto de la zapata ( $h=0.55$ ) es suficiente, se realiza la comprobación para ver que la zapata es flexible:

$$V \geq 2h \rightarrow 115.5 > 2 \cdot 55 \rightarrow \textit{Se va a dimensionar una zapata flexible}$$

$$\text{Peso de la zapata: } \textit{Peso} = V_{\text{zapata}}(\text{m}^3) \cdot D_{\text{hormigón}} \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\textit{Peso} = 2.45 \cdot 2.45 \cdot 0.55 \cdot 25 = 82.53 \text{ kN}$$

**2.4.2.1. Comprobaciones CTE**

- Comprobación al vuelco

Se debe cumplir:

$$M_{estabilizador} > M_{desestabilizador}$$

$$M_{est.} = (127.65 + 82.53) \cdot \frac{2.45}{2} \cdot 0.9 = 231.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{des.} = (28.24 + 34 \cdot 0.55) \cdot 1.8 = 84.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$231.72 > 84.5 \rightarrow \text{Cumple la comprobación al vuelco.}$$

- Comprobación al deslizamiento

Se efectúa la comprobación para terrenos granulares (arenas), ya que, según el estudio geotécnico el suelo está formado por arenas ligeramente arcillosas, por tanto, se elige la opción más desfavorable. Se debe cumplir:

$$(N + P) \cdot \text{tg}\varphi_d \geq \gamma \cdot V$$

$$(127.65 + 82.53) \cdot \text{tg}32 \geq 1.5 \cdot 34 \rightarrow 179.22 \geq 51$$

$$\rightarrow \text{Cumple la comprobación al deslizamiento.}$$

- Comprobación de las tensiones del terreno

$$e = \frac{M}{N} = \frac{28.24}{127.65} = 0.221$$

$$\text{Lo recomendable, según el CTE es que } e \leq \frac{a'}{6} = \frac{2.45}{6} = 0.4$$

$$e = 0.221 < 0.4 \rightarrow \text{Las presiones sobre el suelo siguen la Ley de NAVIER}$$

$$\sigma_{t1} = \frac{127.65}{2.45^2} + \frac{6 \cdot 28.24}{2.45^3} = 32.78 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{t2} = \frac{127.65}{2.45^2} - \frac{6 \cdot 28.24}{2.45^3} = 9.74 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{adm,t} = \frac{3 \cdot 32.78 + 9.74}{4} = 27.02 \frac{kN}{m^2} < \frac{300kN}{m^2}$$

→ **Cumple la comprobación de las tensiones del terreno.**

#### 2.4.2.2. Comprobaciones EHE-08

Se va a emplear la siguiente nomenclatura para este apartado:

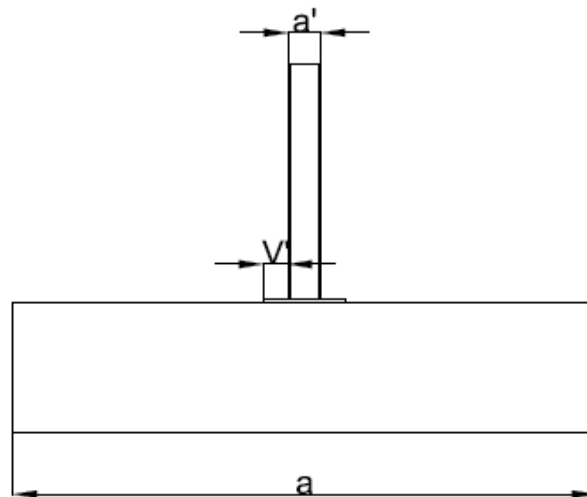


Figura 24: Nomenclatura con arreglo a la EHE-08.

Se comienza calculando una sección de referencia S1:

$$S1 = \frac{a - a' - v'}{2} = \frac{2.45 - 0.180 - 0.105}{2} = 1.083 \text{ m}$$

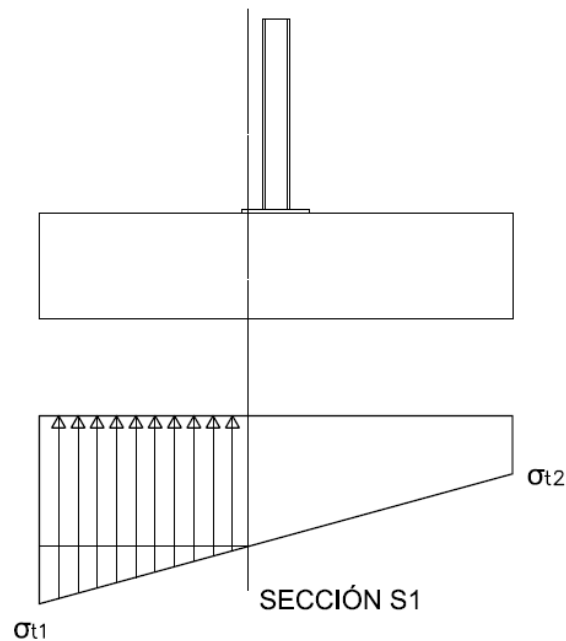


Figura 25: Sección S1.

Se sabe que:

$$\sigma_{t1} = 32.78 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{t2} = 9.74 \frac{kN}{m^2}$$

Por tanto, interpolando se obtiene el valor de  $\sigma$  en la sección 1:

$$\sigma_{s1} = 21.74 \frac{kN}{m^2}$$

A continuación, se calcula el área del prisma de momentos ( $M_s$ ) (momento del área), marcado en la figura 25. El área se divide en el área de un rectángulo más la de un triángulo.

$$M_s = 1.083 \cdot 21.74 \cdot \frac{1.083}{2} + \frac{1}{2} \cdot 1.083 \cdot (32.78 - 21.74) \cdot \frac{2}{3} \cdot 1.083 = 17.06 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

→ Valor por unidad de ancho de la zapata.

A continuación se calcula el momento reducido ( $\mu$ )

$$\mu = \frac{Md}{d \cdot U_c} = \frac{17.06 \cdot 10^6 \cdot 1.5}{\frac{25}{1.5} \cdot 1000 \cdot 495} = 0.0067$$

Donde

-Md: Momento mayorado:  $Md = Ms \cdot 1.5$

-d: Canto útil:  $d = h - r(\%) \cdot h$ . El recubrimiento es del 10%

- $U_c = f_{cd} \cdot b \cdot d$ .  $b = 1000$ , porque se está calculando por metro lineal.

Si se entra en la Tabla Universal Para Flexión Simple o Compuesta se obtiene el valor de  $\omega$ .

$$\mu = 0.0067 \rightarrow \omega = 0.0310$$

$U_s$  expresa el valor de la cuantía de acero en la zona de tracción necesario para armar la zapata.

$$U_s = \omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} = 0.0310 \cdot 1000 \cdot 495 \cdot \frac{25}{1.5} = 255.75 \cdot 10^3 \rightarrow 255.75 \text{ kN}$$

Con el valor de  $U_s$ , se accede al ábaco de dimensionamiento de hormigón armado y se obtiene la armadura superior, el valor que indica Cype es de  $12\Phi 12$ , lo cual da un valor de  $U_s = 472.06 \text{ kN}$ , por lo que es admisible.

### 2.4.2.3. Comprobación de cortante

$$V_{rd} = V_d + V_{pd}(\text{pretensado}) + V_{cd}(\text{sección variable})$$

En el presente caso:  $V_{rd} = V_{ds2}$

Se toma una sección de referencia S2, que se encuentra a una distancia de un canto útil ( $d$ ) del borde del pilar:

$$S2 = \frac{a - a'}{2} - d = \frac{2.45 - 0.180}{2} - 0.495 = 0.64 \text{ m}$$

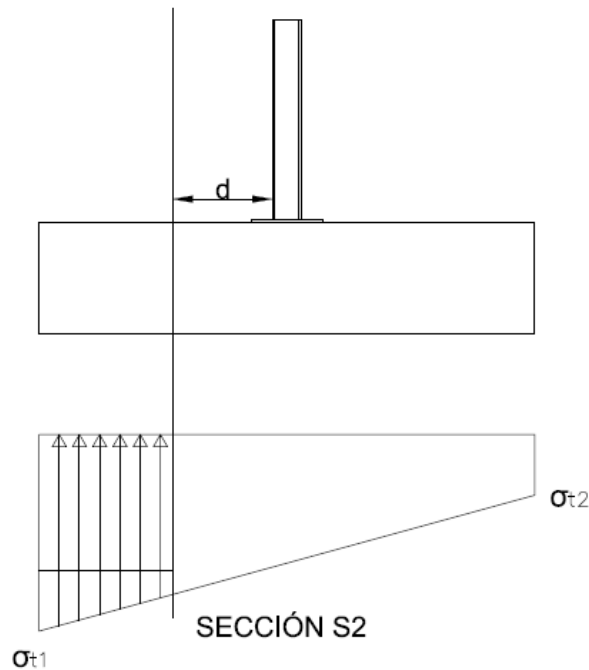


Figura 26: Sección S2.

$$\sigma_{s2} = 26.25 \frac{kN}{m^2}$$

Se calcula el cortante de cálculo:

$$V_{ks2} = \frac{32.78 + 24.98}{2} \cdot 0.64 \cdot 1 = 18.48 \text{ kN} \rightarrow \text{Valor por unidad de ancho de la zapata.}$$

$$V_{ds2} = 1.5 \cdot 18.48 \text{ kN} = 27.72 \text{ kN}$$

Se calcula, a continuación, el cortante último:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.078}{\gamma_c} \cdot \xi^3 \cdot f_{cv}^{\frac{1}{2}} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$$

- $\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) < 2 \rightarrow \xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{495}} \right) = 1.63 < 2$
- $f_{cv} = 15 \frac{N}{mm}$
- $\sigma'_{cd} = \frac{Nd}{Ac} < 0.3 \cdot f_{cd} \nrightarrow 12 \text{ Mpa} \rightarrow \sigma'_{cd} = \frac{127.85}{1 \cdot 0.55} = 232.45 \frac{kN}{m^2} < 0.3 \cdot 25 \cdot 10^3 \nrightarrow 12000 \frac{kN}{m^2}$

Por tanto:

$$Vu2 = \left[ \frac{0.075}{1.5} \cdot 1.63^{\frac{3}{2}} \cdot 15^{\frac{1}{2}} + 0.15 \cdot 0.232 \right] \cdot 1000 \cdot 495 = 211225 \text{ N}$$

$$\rightarrow 211.225 \text{ kN (por unidad de ancho)}$$

Luego:

$$Vrd = 27.72 \text{ kN} < Vu2 = 211.225 \text{ kN} \rightarrow$$

**La sección no es crítica frente al esfuerzo cortante.**

#### 2.4.2.4. Comprobación de punzonamiento

$$\tau_{sd} \leq \tau_{rd}$$

$$\tau_{sd} = \frac{f_{sd,ef}}{U1 \cdot d} = \frac{287.66}{6 \cdot 0.495} = 96.85 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- $F_{sd,ef} = \beta \cdot \gamma_f \cdot N = 1.5 \cdot 1.5 \cdot 127.85 = 287.66 \text{ kN}$
- $U1 = 2.45^2 = 6 \text{ m}^2$
- $d=0.495 \text{ m}$

$$\tau_{rd} = \frac{0.075}{1.5} \cdot \xi^{\frac{3}{2}} \cdot f_{cv}^{\frac{1}{2}} + 0.1 \cdot \sigma'_{cd}$$

- $f_{cv} = 15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
- $\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) < 2 \rightarrow \xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{495}} \right) = 1.63 < 2$
- $\sigma'_{cd} = \frac{\sigma'_{cdx} + \sigma'_{cdy}}{2} < 0.3 \cdot f_{cd} \not\geq 12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \frac{25.23 + 25.23}{2} = 25.23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < 0.3 \cdot \frac{25 \cdot 10^3}{1.2} \not\geq 12000 \text{ kN/m}^2$

$$\circ \sigma'_{cdx} = \sigma'_{cdy} = \frac{34}{2.45 \cdot 0.55} = 25.23 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_{rd} = \frac{0.075}{1.5} \cdot 1.63^{\frac{3}{2}} \cdot 15^{\frac{1}{2}} + 0.1 \cdot 0.0252 = 0.405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow 405.51 \text{ kN/m}^2$$

Luego:

$$\tau_{sd} = 96.85 \frac{kN}{m^2} < \tau_{rd} = 405.51 \frac{kN}{m^2}$$

→ **La sección no es crítica al esfuerzo de punzonamiento.**

#### 2.4.2.5. Anclaje de las armaduras

Las barras del armado se encuentran en posición I de buena adherencia.

La armadura debe estar anclada desde una sección S3, situada a la distancia de un canto útil de la sección S1 de referencia.

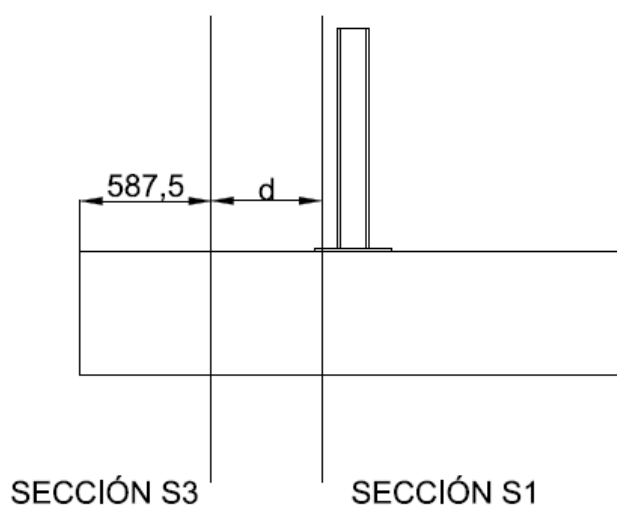


Figura 27: Sección S3.

Por tanto, se disponen de 0.587 m de longitud para anclar la armadura.

A continuación se calcula la longitud básica de anclaje en posición I:

$$l_{bI} = m \cdot \Phi^2 \leq \frac{f_{yk}}{20} \cdot \Phi$$

- $m = 1.2$  → Tabla 69.5.1.2.a en función de la resistencia de las barras y del hormigón empleado.
- $\Phi = 12 \text{ mm}$
- $f_{yk} = 400 \frac{N}{mm^2}$

$$l_{bI} = 1.2 \cdot 12^2 = 172.8 < \frac{400}{20} \cdot 12 \rightarrow \text{Se toma } 240 \text{ mm}$$



$$lb = 300 \text{ mm}$$

Este valor no debe ser menor que:

- $10 \cdot \Phi = 10 \cdot 12 = 120 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm}$
- $\frac{1}{3} \cdot lb$

$$lb = \frac{\Phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot \tau_{bd}} =$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1.1} = 363.63$$

$$\tau_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$\eta_1 = 1 \text{ (buena adherencia)}$$

$$\eta_2 = 1 (\Phi < 32 \text{ mm})$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot 25^{\frac{2}{3}} = 2.56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{Resistencia a la tracción media.}$$

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ct,m} = 0.7 \cdot 2.56 = 1.79 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

→ Resistencia del hormigón a tracción característica.

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{1.79}{1.5} = 1.19 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

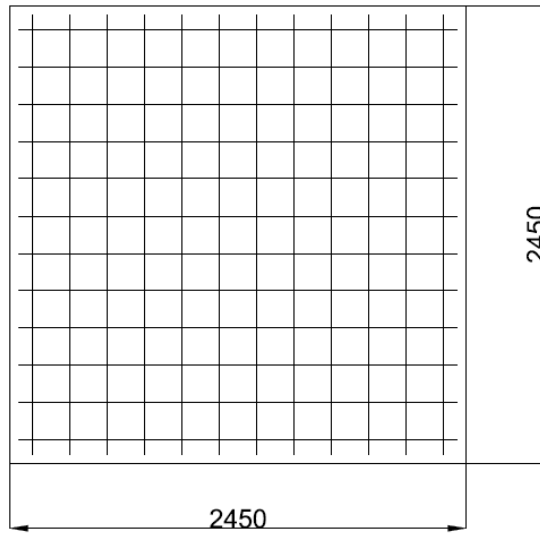
Por tanto:

$$\tau_{bd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.19 = 2.69 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$lb = \frac{12 \cdot 363.63}{4 \cdot 2.69} = 405.53 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{3} \cdot lb = \frac{1}{3} \cdot 405.53 = 135.18 \rightarrow \text{Se elige } 300 \text{ mm.}$$

Por tanto, se prolonga la armadura de lado a lado, sin necesidad de doblarla ni propagarla en vertical. Se dejan 50 mm de recubrimiento mínimo en la armadura, por lo que se cumple la norma.



12φ12 c/200 mm L=2350 mm

Figura 28: Zapata armada (cotas en mm).

Se dispondrá de la misma cuantía de armadura en la parte superior de la zapata, tal y como se indica en el apartado "cálculos mediante cype > Cálculo de la cimentación".

### 3. Cálculos mediante Cype

Se va a emplear el programa Cype para el dimensionado de la estructura. A continuación se van a adjuntar a este documento los listados obtenidos de Cype para los diferentes elementos constructivos.

#### 3.1. Cálculo de las correas

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 64.53 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 100 Material: S275																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="4">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm<sup>2</sup>)</th> <th>I<sub>y</sub>(<sup>1</sup>) (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>z</sub>(<sup>1</sup>) (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>t</sub>(<sup>2</sup>) (cm<sup>4</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23.930, 0.000, 4.218</td> <td>23.930, 4.200, 4.218</td> <td>4.200</td> <td>10.30</td> <td>171.00</td> <td>15.90</td> <td>1.20</td> </tr> </tbody> </table>	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> ( <sup>2</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	23.930, 0.000, 4.218	23.930, 4.200, 4.218	4.200	10.30	171.00	15.90	1.20									
	Nudos		Longitud (m)		Características mecánicas																									
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> ( <sup>2</sup> ) (cm <sup>4</sup> )																							
	23.930, 0.000, 4.218	23.930, 4.200, 4.218	4.200	10.30	171.00	15.90	1.20																							
	<p>Notas:</p> <p>(1) Inercia respecto al eje indicado</p> <p>(2) Momento de inercia a torsión uniforme</p>																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>L<sub>K</sub></td> <td>0.000</td> <td>4.200</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>m</sub></td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub></td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </tbody> </table>		Pandeo		Pandeo lateral		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	$\beta$	0.00	1.00	0.00	0.00	L <sub>K</sub>	0.000	4.200	0.000	0.000	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	C <sub>1</sub>	-		1.000	
			Pandeo		Pandeo lateral																									
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.																									
	$\beta$	0.00	1.00	0.00	0.00																									
	L <sub>K</sub>	0.000	4.200	0.000	0.000																									
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000																										
C <sub>1</sub>	-		1.000																											
<p>Notación:</p> <p><math>\beta</math>: Coeficiente de pandeo</p> <p>L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos</p> <p>C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p>																														

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\lambda$	$\lambda_{w}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
pésima en cubierta	N.P.(1)	x: 0.7 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(2)	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(3)	x: 4.2 m $\eta = 64.5$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(4)	x: 4.2 m $\eta = 12.8$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(5)	x: 0.7 m $\eta < 0.1$	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(9)	N.P.(10)	N.P.(10)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 64.5$
<p>Notación:</p> <p><math>\lambda</math>: Limitación de esbeltez</p> <p><math>\lambda_w</math>: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</p> <p>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</p> <p>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</p> <p>M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p>V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y</p> <p>V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z</p> <p>M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p>M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión</p> <p>M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p>M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.</p> <p>(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> <p>(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</p> <p>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p>(5) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>(6) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>(7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>(8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>(9) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p>(10) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>																

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$21.61 \leq 246.60 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{88.60} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{3.63} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

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

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.645} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 23.930, 4.200, 4.218, para la combinación de acciones  $1.35\cdot G1 + 1.35\cdot G2 + 1.50\cdot Q + 0.75\cdot N(EI) + 0.90\cdot V(180^\circ) H4$ .

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

$$M_{Ed-} : \underline{6.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

**Clase :** 1

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

**$W_{pl,y}$  :** 39.40 cm<sup>3</sup>

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

**$f_{yd}$  :** 261.90 MPa

Siendo:

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

**$f_y$  :** 275.00 MPa

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

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

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

**$\eta$  :** 0.128 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 23.930, 4.200, 4.218, para la combinación de acciones 1.35\*G1 + 1.35\*G2 + 1.50\*Q + 0.75\*N(EI) + 0.90\*V(180°) H4.

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

**$V_{Ed}$  :** 7.93 kN

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

**$V_{c,Rd}$  :** 62.00 kN

Donde:

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

**$A_v$  :** 4.10 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$h$ :** Canto de la sección.

**$h$  :** 100.00 mm

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

**$t_w$  :** 4.10 mm

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

**$f_{yd}$  :** 261.90 MPa

Siendo:

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

**$f_y$  :** 275.00 MPa

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

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

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

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

$$21.61 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{21.61}$$

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

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

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

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

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

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

$$2.64 \text{ kN} \leq 31.00 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.700 m del nudo 23.930, 0.000, 4.218, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 1.50 \cdot Q + 0.75 \cdot N(EI) + 0.90 \cdot V(180^\circ) H4$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{2.64} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{62.00} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 96.21 %

Coordenadas del nudo inicial: 23.930, 8.400, 4.218

Coordenadas del nudo final: 23.930, 12.600, 4.218

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(R) 1 + 1.00 \cdot V(180^\circ) H4$  a una distancia 2.100 m del origen en el primer vano de la correa.

( $I_y = 171 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 16 \text{ cm}^4$ )





### 3.2. Cálculo de la estructura metálica

#### ÍNDICE

<b>1.- CARGAS</b>	60
<b>1.1.- Nudos</b>	60
<b>1.2.- Barras</b>	60
<b>2.- RESULTADOS</b>	78
<b>2.1.- Barras</b>	78
2.1.1.- Comprobaciones E.L.U. (Completo)	79
2.1.2.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)	177

## 1.- CARGAS

### 1.1.- Nudos

Cargas en nudos					
Referencia	Hipótesis	Cargas puntuales (kN)	Dirección		
			X	Y	Z
N210	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N212	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N214	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N216	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N218	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N220	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N222	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N224	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N225	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N227	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N229	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N231	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N233	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N235	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000
N237	Peso propio	0.35	0.000	0.000	-1.000

### 1.2.- Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

### Cargas en barras

Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N2	Peso propio	Uniforme	0.503	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N2	V(0°) H1	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H1	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H1	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H1	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(0°) H1	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(0°) H1	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H2	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H2	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H2	Uniforme	5.988	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H2	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H2	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H2	Uniforme	1.018	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H3	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H3	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(0°) H3	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H3	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H3	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(0°) H3	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H4	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H4	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H4	Uniforme	1.018	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H4	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H4	Uniforme	5.988	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N1/N2	V(0°) H4	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(90°) H1	Uniforme	5.815	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N1/N2	V(90°) H1	Uniforme	4.393	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(90°) H1	Uniforme	1.557	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(90°) H1	Uniforme	0.747	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(90°) H1	Uniforme	0.092	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(90°) H2	Uniforme	1.557	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(90°) H2	Uniforme	0.092	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(90°) H2	Uniforme	1.189	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N1/N2	V(90°) H2	Uniforme	6.991	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N1/N2	V(90°) H2	Uniforme	5.815	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N1/N2	V(180°) H1	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H1	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(180°) H1	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(180°) H1	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H1	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(180°) H1	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(180°) H2	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(180°) H2	Uniforme	1.188	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H2	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(180°) H2	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H2	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H2	Uniforme	6.984	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N2	V(180°) H3	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(180°) H3	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H3	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H3	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(180°) H3	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(180°) H3	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(180°) H4	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H4	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(180°) H4	Uniforme	1.188	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H4	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(180°) H4	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(180°) H4	Uniforme	6.984	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N1/N2	V(270°) H1	Uniforme	2.492	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(270°) H1	Uniforme	4.393	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N1/N2	V(270°) H1	Uniforme	0.747	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(270°) H1	Uniforme	0.706	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(270°) H2	Uniforme	5.020	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N1/N2	V(270°) H2	Uniforme	2.492	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N1/N2	V(270°) H2	Uniforme	0.706	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N1/N2	V(270°) H2	Uniforme	0.854	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	Peso propio	Uniforme	0.503	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N4	V(0°) H1	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H1	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H1	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H1	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(0°) H1	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H1	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H2	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H2	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H2	Uniforme	5.988	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H2	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H2	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H2	Uniforme	1.018	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	V(0°) H3	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H3	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H3	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H3	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H3	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(0°) H3	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H4	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H4	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H4	Uniforme	1.018	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	V(0°) H4	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H4	Uniforme	5.988	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N3/N4	V(0°) H4	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(90°) H1	Uniforme	5.815	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N3/N4	V(90°) H1	Uniforme	4.393	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(90°) H1	Uniforme	1.557	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(90°) H1	Uniforme	0.747	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(90°) H1	Uniforme	0.092	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(90°) H2	Uniforme	1.557	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(90°) H2	Uniforme	0.092	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(90°) H2	Uniforme	1.189	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	V(90°) H2	Uniforme	6.991	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N3/N4	V(90°) H2	Uniforme	5.815	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N3/N4	V(180°) H1	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H1	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(180°) H1	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(180°) H1	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H1	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H1	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	V(180°) H2	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	V(180°) H2	Uniforme	1.188	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	V(180°) H2	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(180°) H2	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H2	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H2	Uniforme	6.984	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H3	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(180°) H3	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H3	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H3	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(180°) H3	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	V(180°) H3	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H4	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H4	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(180°) H4	Uniforme	1.188	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	V(180°) H4	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	V(180°) H4	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(180°) H4	Uniforme	6.984	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N3/N4	V(270°) H1	Uniforme	2.492	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(270°) H1	Uniforme	4.393	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N3/N4	V(270°) H1	Uniforme	0.747	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(270°) H1	Uniforme	0.706	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(270°) H2	Uniforme	5.020	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N3/N4	V(270°) H2	Uniforme	2.492	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N3/N4	V(270°) H2	Uniforme	0.706	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N3/N4	V(270°) H2	Uniforme	0.854	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	Peso propio	Uniforme	0.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N205/N206	V(0°) H1	Uniforme	1.998	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N205/N206	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(0°) H2	Uniforme	1.998	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N205/N206	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N205/N206	V(0°) H3	Uniforme	1.998	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N205/N206	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(0°) H4	Uniforme	1.998	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N205/N206	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N205/N206	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N205/N206	V(180°) H1	Uniforme	0.888	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(180°) H2	Uniforme	0.888	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N205/N206	V(180°) H3	Uniforme	0.888	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(180°) H4	Uniforme	0.888	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N205/N206	V(270°) H1	Uniforme	0.369	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(270°) H1	Uniforme	1.182	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(270°) H2	Uniforme	0.369	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(270°) H2	Uniforme	1.182	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N205/N206	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	Peso propio	Uniforme	0.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N207/N208	V(0°) H1	Uniforme	0.888	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(0°) H2	Uniforme	0.888	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N207/N208	V(0°) H3	Uniforme	0.888	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(0°) H4	Uniforme	0.888	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N207/N208	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N207/N208	V(180°) H1	Uniforme	1.998	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N207/N208	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(180°) H2	Uniforme	1.998	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N207/N208	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N207/N208	V(180°) H3	Uniforme	1.998	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N207/N208	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(180°) H4	Uniforme	1.998	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N207/N208	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N207/N208	V(270°) H1	Uniforme	0.369	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(270°) H1	Uniforme	1.182	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N207/N208	V(270°) H2	Uniforme	0.369	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(270°) H2	Uniforme	1.182	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N207/N208	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N206/N211	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N206/N211	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N206/N211	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N206/N211	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(0°) H1	Faja	0.832	-	1.559	1.605	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(0°) H1	Faja	2.214	-	0.000	1.559	Globales	-0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(0°) H2	Faja	0.832	-	1.559	1.605	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(0°) H2	Faja	2.214	-	0.000	1.559	Globales	-0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(0°) H3	Faja	0.596	-	1.559	1.605	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(0°) H3	Faja	0.642	-	0.000	1.559	Globales	0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(0°) H4	Faja	0.642	-	0.000	1.559	Globales	0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(0°) H4	Faja	0.596	-	1.559	1.605	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(180°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(180°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N206/N211	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N206/N211	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N206/N211	N(R) 1	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N206/N211	N(R) 2	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N211/N213	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N211/N213	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N211/N213	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N211/N213	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(0°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(0°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N211/N213	V(0°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N211/N213	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(0°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N211/N213	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962



Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N211/N213	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N211/N213	V(180°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(180°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N211/N213	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N211/N213	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N211/N213	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N211/N213	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N211/N213	N(R) 1	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N211/N213	N(R) 2	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N213/N215	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N213/N215	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N213/N215	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N213/N215	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(0°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(0°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N213/N215	V(0°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N213/N215	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(0°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N213/N215	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N213/N215	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N213/N215	V(180°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(180°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N213/N215	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N213/N215	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N213/N215	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N213/N215	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N213/N215	N(R) 1	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N213/N215	N(R) 2	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N215/N217	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N215/N217	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N215/N217	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N215/N217	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(0°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(0°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N215/N217	V(0°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N215/N217	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(0°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N215/N217	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N215/N217	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N215/N217	V(180°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(180°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N215/N217	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N215/N217	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N215/N217	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N215/N217	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N215/N217	N(R) 1	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N215/N217	N(R) 2	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N217/N219	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N217/N219	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N217/N219	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N217/N219	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(0°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(0°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N217/N219	V(0°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N217/N219	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(0°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N217/N219	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N217/N219	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N217/N219	V(180°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(180°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N217/N219	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N217/N219	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N217/N219	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N217/N219	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N217/N219	N(R) 1	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N217/N219	N(R) 2	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N219/N221	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N219/N221	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N219/N221	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N219/N221	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(0°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(0°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N219/N221	V(0°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N219/N221	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(0°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N219/N221	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N219/N221	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N219/N221	V(180°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(180°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N219/N221	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N219/N221	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N219/N221	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N219/N221	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N219/N221	N(R) 1	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N219/N221	N(R) 2	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N221/N223	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N221/N223	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N221/N223	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N221/N223	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(0°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(0°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N221/N223	V(0°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N221/N223	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N221/N223	V(0°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N221/N223	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N221/N223	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N221/N223	V(180°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(180°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N221/N223	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N221/N223	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N221/N223	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N221/N223	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N221/N223	N(R) 1	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N221/N223	N(R) 2	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N223/N209	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N223/N209	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N223/N209	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N223/N209	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(0°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N223/N209	V(0°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(0°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N223/N209	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(0°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N223/N209	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N223/N209	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N223/N209	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(180°) H1	Faja	1.130	-	0.000	0.046	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(180°) H1	Faja	2.748	-	0.046	1.605	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N223/N209	V(180°) H2	Faja	1.130	-	0.000	0.046	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(180°) H2	Faja	2.748	-	0.046	1.605	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N223/N209	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962
N223/N209	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	-0.962
N223/N209	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	0.962

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N223/N209	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N223/N209	N(R) 1	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N223/N209	N(R) 2	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N208/N226	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N208/N226	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N208/N226	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N208/N226	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(0°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(0°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(180°) H1	Faja	0.832	-	1.559	1.605	Globales	0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(180°) H1	Faja	2.214	-	0.000	1.559	Globales	0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(180°) H2	Faja	0.832	-	1.559	1.605	Globales	0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(180°) H2	Faja	2.214	-	0.000	1.559	Globales	0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(180°) H3	Faja	0.596	-	1.559	1.605	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(180°) H3	Faja	0.642	-	0.000	1.559	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(180°) H4	Faja	0.596	-	1.559	1.605	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(180°) H4	Faja	0.642	-	0.000	1.559	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N208/N226	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N208/N226	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N208/N226	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N208/N226	N(R) 1	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N208/N226	N(R) 2	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N226/N228	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N226/N228	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N226/N228	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N226/N228	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(0°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(0°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N226/N228	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N226/N228	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962



Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N226/N228	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N226/N228	V(180°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(180°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N226/N228	V(180°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N226/N228	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(180°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N226/N228	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N226/N228	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N226/N228	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N226/N228	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N226/N228	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N226/N228	N(R) 1	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N226/N228	N(R) 2	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N228/N230	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N228/N230	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N228/N230	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N228/N230	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(0°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(0°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N228/N230	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N228/N230	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N228/N230	V(180°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(180°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N228/N230	V(180°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N228/N230	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(180°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N228/N230	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N228/N230	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N228/N230	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N228/N230	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N228/N230	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N228/N230	N(R) 1	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N228/N230	N(R) 2	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N230/N232	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N230/N232	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N230/N232	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N230/N232	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(0°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(0°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N230/N232	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N230/N232	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N230/N232	V(180°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(180°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N230/N232	V(180°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N230/N232	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(180°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N230/N232	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N230/N232	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N230/N232	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N230/N232	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N230/N232	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N230/N232	N(R) 1	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N230/N232	N(R) 2	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N232/N234	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N232/N234	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N232/N234	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N232/N234	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(0°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(0°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N232/N234	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N232/N234	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N232/N234	V(180°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(180°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N232/N234	V(180°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N232/N234	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N232/N234	V(180°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N232/N234	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N232/N234	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N232/N234	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N232/N234	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N232/N234	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N232/N234	N(R) 1	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N232/N234	N(R) 2	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N234/N236	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N234/N236	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N234/N236	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N234/N236	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(0°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(0°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N234/N236	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N234/N236	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N234/N236	V(180°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(180°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N234/N236	V(180°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N234/N236	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(180°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N234/N236	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N234/N236	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N234/N236	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N234/N236	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N234/N236	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N234/N236	N(R) 1	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N234/N236	N(R) 2	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N236/N238	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N236/N238	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N236/N238	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N236/N238	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(0°) H1	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(0°) H2	Uniforme	1.130	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N236/N238	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962



Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N236/N238	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N236/N238	V(180°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(180°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N236/N238	V(180°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N236/N238	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(180°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N236/N238	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N236/N238	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N236/N238	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N236/N238	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N236/N238	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N236/N238	N(R) 1	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N236/N238	N(R) 2	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N238/N209	Peso propio	Uniforme	0.195	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N238/N209	Peso propio	Uniforme	0.670	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N238/N209	Q	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N238/N209	V(0°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(0°) H1	Faja	1.130	-	0.000	0.046	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(0°) H1	Faja	2.748	-	0.046	1.605	Globales	0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(0°) H2	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N238/N209	V(0°) H2	Faja	1.130	-	0.000	0.046	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(0°) H2	Faja	2.748	-	0.046	1.605	Globales	0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(0°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(0°) H4	Uniforme	2.037	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N238/N209	V(90°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(90°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(90°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(90°) H2	Uniforme	2.377	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N238/N209	V(180°) H1	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(180°) H1	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(180°) H2	Uniforme	0.832	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(180°) H2	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N238/N209	V(180°) H3	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N238/N209	V(180°) H3	Uniforme	1.509	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(180°) H4	Uniforme	0.596	-	-	-	Globales	-0.000	-0.273	-0.962
N238/N209	V(180°) H4	Uniforme	2.375	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N238/N209	V(270°) H1	Uniforme	1.494	-	-	-	Globales	-0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(270°) H1	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962
N238/N209	V(270°) H2	Uniforme	1.707	-	-	-	Globales	0.000	-0.273	-0.962
N238/N209	V(270°) H2	Uniforme	1.413	-	-	-	Globales	0.000	0.273	0.962

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N238/N209	N(EI)	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N238/N209	N(R) 1	Uniforme	2.663	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N238/N209	N(R) 2	Uniforme	1.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N206/N210	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N210/N212	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N212/N214	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N214/N216	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N216/N218	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N218/N220	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N220/N222	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N222/N224	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N224/N237	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N237/N235	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N235/N233	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N233/N231	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N231/N229	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N229/N227	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N227/N225	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N225/N208	Peso propio	Uniforme	0.125	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N210/N211	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N212/N211	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N212/N213	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N214/N213	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N214/N215	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N216/N215	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N216/N217	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N218/N217	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N218/N219	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N220/N219	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N220/N221	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N222/N221	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N222/N223	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N224/N223	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N224/N209	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N225/N226	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N227/N226	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N227/N228	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N229/N228	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N229/N230	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N231/N230	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N231/N232	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N233/N232	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N233/N234	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N235/N234	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N235/N236	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N237/N236	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N237/N238	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N224/N238	Peso propio	Uniforme	0.071	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N341/N342	Peso propio	Uniforme	0.503	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N341/N342	V(0°) H1	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H1	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H1	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H1	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(0°) H1	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(0°) H1	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N341/N342	V(0°) H2	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H2	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H2	Uniforme	5.988	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H2	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H2	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N341/N342	V(0°) H2	Uniforme	1.018	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N341/N342	V(0°) H3	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N341/N342	V(0°) H3	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(0°) H3	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H3	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H3	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(0°) H3	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H4	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H4	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H4	Uniforme	1.018	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N341/N342	V(0°) H4	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N341/N342	V(0°) H4	Uniforme	5.988	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N341/N342	V(0°) H4	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(90°) H1	Uniforme	2.492	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(90°) H1	Uniforme	4.393	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(90°) H1	Uniforme	0.747	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(90°) H1	Uniforme	0.706	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(90°) H2	Uniforme	0.706	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(90°) H2	Uniforme	1.189	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N341/N342	V(90°) H2	Uniforme	6.991	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N341/N342	V(90°) H2	Uniforme	2.492	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(180°) H1	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(180°) H1	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(180°) H1	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(180°) H1	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(180°) H1	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(180°) H1	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(180°) H2	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(180°) H2	Uniforme	1.188	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N341/N342	V(180°) H2	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(180°) H2	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(180°) H2	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N341/N342	V(180°) H2	Uniforme	6.984	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N341/N342	V(180°) H3	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(180°) H3	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(180°) H3	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(180°) H3	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(180°) H3	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(180°) H3	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(180°) H4	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(180°) H4	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(180°) H4	Uniforme	1.188	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N341/N342	V(180°) H4	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(180°) H4	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N341/N342	V(180°) H4	Uniforme	6.984	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N341/N342	V(270°) H1	Uniforme	5.815	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N341/N342	V(270°) H1	Uniforme	4.393	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N341/N342	V(270°) H1	Uniforme	1.557	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(270°) H1	Uniforme	0.747	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(270°) H1	Uniforme	0.092	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(270°) H2	Uniforme	5.815	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N341/N342	V(270°) H2	Uniforme	5.020	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N341/N342	V(270°) H2	Uniforme	1.557	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(270°) H2	Uniforme	0.092	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N341/N342	V(270°) H2	Uniforme	0.854	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	Peso propio	Uniforme	0.503	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N343/N344	V(0°) H1	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H1	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H1	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H1	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(0°) H1	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(0°) H1	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(0°) H2	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H2	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H2	Uniforme	5.988	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H2	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H2	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(0°) H2	Uniforme	1.018	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N343/N344	V(0°) H3	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(0°) H3	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(0°) H3	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H3	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H3	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(0°) H3	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H4	Uniforme	0.147	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H4	Uniforme	2.353	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H4	Uniforme	1.018	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N343/N344	V(0°) H4	Uniforme	0.444	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N343/N344	V(0°) H4	Uniforme	5.988	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N343/N344	V(0°) H4	Uniforme	2.622	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(90°) H1	Uniforme	2.492	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(90°) H1	Uniforme	4.393	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(90°) H1	Uniforme	0.747	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(90°) H1	Uniforme	0.706	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(90°) H2	Uniforme	0.706	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(90°) H2	Uniforme	1.189	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N343/N344	V(90°) H2	Uniforme	6.991	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N343/N344	V(90°) H2	Uniforme	2.492	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H1	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H1	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(180°) H1	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(180°) H1	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H1	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N343/N344	V(180°) H1	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(180°) H2	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N343/N344	V(180°) H2	Uniforme	1.188	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N343/N344	V(180°) H2	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(180°) H2	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H2	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H2	Uniforme	6.984	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H3	Uniforme	4.438	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(180°) H3	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H3	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H3	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(180°) H3	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N343/N344	V(180°) H3	Uniforme	0.755	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(180°) H4	Uniforme	4.104	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H4	Uniforme	2.274	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(180°) H4	Uniforme	1.188	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N343/N344	V(180°) H4	Uniforme	0.999	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N343/N344	V(180°) H4	Uniforme	0.641	-	-	-	Globales	1.000	0.000	0.000
N343/N344	V(180°) H4	Uniforme	6.984	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N343/N344	V(270°) H1	Uniforme	5.815	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N343/N344	V(270°) H1	Uniforme	4.393	-	-	-	Globales	1.000	0.000	-0.000
N343/N344	V(270°) H1	Uniforme	1.557	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(270°) H1	Uniforme	0.747	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(270°) H1	Uniforme	0.092	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(270°) H2	Uniforme	5.815	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	-0.000
N343/N344	V(270°) H2	Uniforme	5.020	-	-	-	Globales	-1.000	-0.000	0.000
N343/N344	V(270°) H2	Uniforme	1.557	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(270°) H2	Uniforme	0.092	-	-	-	Globales	-0.000	1.000	-0.000
N343/N344	V(270°) H2	Uniforme	0.854	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000

## 2.- RESULTADOS

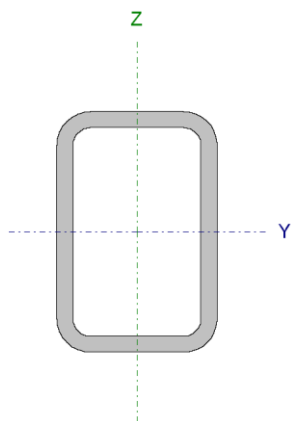
**2.1.- Barras**

**2.1.1.- Comprobaciones E.L.U. (Completo)**

Nota: Se muestra el listado completo de comprobaciones realizadas para las 10 barras con mayor coeficiente de aprovechamiento.

Barra N227/N225

Perfil: 90x60x6.3							
Material: Acero ( S275 )							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N227	N225	1.544	16.27	160.30	83.84	191.50	
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	1.00	1.00	1.00	1.00			
L <sub>K</sub>	1.543	1.543	1.544	1.544			
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							



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

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.78 ✓

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 :** 16.27 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 729.84 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** 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<sub>cr,y</sub> :** 1395.50 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 729.84 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,t</sub> :** 103369.59 kN

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y$ : <u>160.30</u> cm <sup>4</sup>
$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z$ : <u>83.84</u> cm <sup>4</sup>
$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t$ : <u>191.50</u> cm <sup>4</sup>
$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.	$I_w$ : <u>33.78</u> cm <sup>6</sup>
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ : <u>210000</u> MPa
$G$ : Módulo de elasticidad transversal.	$G$ : <u>81000</u> MPa
$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky}$ : <u>1.543</u> m
$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz}$ : <u>1.543</u> m
$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt}$ : <u>1.544</u> m
$i_o$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_o$ : <u>3.87</u> cm

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y$ : <u>3.14</u> cm
	$i_z$ : <u>2.27</u> cm
$y_o, z_o$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_o$ : <u>0.00</u> mm
	$z_o$ : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

$$12.29 \leq 367.97 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ : <u>77.40</u> mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ : <u>6.30</u> mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ : <u>9.75</u> cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ : <u>3.78</u> cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ : <u>0.30</u>
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ : <u>210000</u> MPa
$f_{vf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{vf}$ : <u>275.00</u> MPa

Siendo:



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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.815} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$N_{t,Ed} : \underline{347.02} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{426.02} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.272} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.404} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$N_{c,Ed} : \underline{115.75} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{426.02} \text{ kN}$$

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 :** 16.27 cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>vd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub> :** 286.67 kN

Donde:

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

**A :** 16.27 cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>vd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub> :** 1.05

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub> :** 0.81

**χ<sub>z</sub> :** 0.67

**χ<sub>T</sub> :** 1.00

Siendo:

**φ<sub>y</sub> :** 0.75

**φ<sub>z</sub> :** 0.95

**φ<sub>T</sub> :** 0.47

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub> :** 0.49

**α<sub>z</sub> :** 0.49

**α<sub>T</sub> :** 0.49

**λ̄:** Esbeltez reducida.

**λ̄<sub>y</sub> :** 0.57

**λ̄<sub>z</sub> :** 0.78

**λ̄<sub>T</sub> :** 0.07

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub> :** 729.84 kN

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 1395.50 kN

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 729.84 kN

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 103369.59 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ . $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ . $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{13.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{50.51} \text{ cm}^3$$

 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.20}$$

 $M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{336.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

 $M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} : \underline{336.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

 $M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} : \underline{13.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{35.62} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{83.84} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{191.50} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.544} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.544} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{2.07} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{2.07} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.163} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{9.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{37.53} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.011 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N227, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$V_{Ed}$  : 1.12 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 98.50 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 6.51 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 16.27 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 77.40 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 6.30 mm

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

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

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

**9.52 < 64.71** ✓

Donde:

 $\lambda_w$ : Esbeltez del alma. $\lambda_w$  : 9.52 $\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71 $\varepsilon$ : Factor de reducción. $\varepsilon$  : 0.92

Siendo:

 $f_{ref}$ : Límite elástico de referencia. $f_{ref}$  : 235.00 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

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

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

$$1.12 \text{ kN} \leq 49.25 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 1.12 kN $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$  : 98.50 kN**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.978} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.163} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen en el nudo N225, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$$N_{t,Ed} : \underline{347.02} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^- : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{1.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

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

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{426.02} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{13.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{9.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{50.51} \text{ cm}^3$$

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{13.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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 p<sup>s</sup>imo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$1.12 \text{ kN} \leq 49.25 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$$V_{Ed,y} : \underline{1.12} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,y} : \underline{98.50} \text{ kN}$$

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

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

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

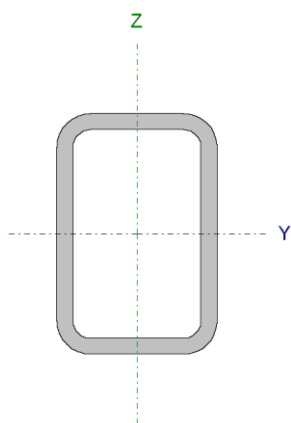
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

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

Barra N225/N208

Perfil: 90x60x6.3 Material: Acero ( S275 )						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N225	N208	1.544	16.27	160.30	83.84	191.50
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	1.00	1.00		
L <sub>K</sub>	1.543	1.543	1.544	1.544		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						



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

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.78 ✓

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** : 16.27 cm<sup>2</sup>

**f<sub>v</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>v</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 729.84 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** 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<sub>cr,v</sub>** : 1395.50 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : \underline{729.84} \text{ kN}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  $N_{cr,T} : \underline{103369.59} \text{ kN}$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : \underline{160.30} \text{ cm}^4$
$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : \underline{83.84} \text{ cm}^4$
$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : \underline{191.50} \text{ cm}^4$
$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : \underline{33.78} \text{ cm}^6$
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{210000} \text{ MPa}$
$G$ : Módulo de elasticidad transversal.	$G : \underline{81000} \text{ MPa}$
$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : \underline{1.543} \text{ m}$
$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : \underline{1.543} \text{ m}$
$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : \underline{1.544} \text{ m}$
$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : \underline{3.87} \text{ cm}$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : \underline{3.14} \text{ cm}$
	$i_z : \underline{2.27} \text{ cm}$
$y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$
	$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$

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

Se debe satisfacer:

$$12.29 \leq 367.97 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w : \underline{77.40} \text{ mm}$
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w : \underline{6.30} \text{ mm}$
$A_w$ : Área del alma.	$A_w : \underline{9.75} \text{ cm}^2$
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : \underline{3.78} \text{ cm}^2$
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k : \underline{0.30}$
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{210000} \text{ MPa}$



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

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.811} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$N_{t,Ed} : \underline{345.56} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{426.02} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.271} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.402} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$N_{c,Ed} : \underline{115.27} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{426.02} \text{ kN}$$

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.

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

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

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

**$f_{vd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

**$f_v$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$$N_{b,Rd} : \underline{286.67} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

**$f_{vd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

**$f_v$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

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

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_v : \underline{0.81}$$

$$\chi_z : \underline{0.67}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_v : \underline{0.75}$$

$$\phi_z : \underline{0.95}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

**$\alpha$ :** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_v : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_v : \underline{0.57}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.78}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.07}$$

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

$$N_{cr} : \underline{729.84} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{1395.50} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{729.84} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{103369.59} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N208, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N208, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{13.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{50.51} \text{ cm}^3$$

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.20}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{336.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} : \underline{336.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} : \underline{13.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{35.62} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{83.84} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{191.50} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.544} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.544} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{2.07} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{2.07} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.163} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N225, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{9.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{37.53} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.012} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N208, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{1.16} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{98.50} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.51} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{77.40} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.30} \text{ mm}$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$9.52 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{9.52}$$

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

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

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

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

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

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

$$0.90 \text{ kN} \leq 49.25 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{0.90} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{98.50} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.975} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.163} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen en el nudo N225, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$$N_{t,Ed} : \underline{345.56} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^- : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{1.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

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

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{426.02} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{13.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{9.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{50.51} \text{ cm}^3$$

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{13.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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 p<sup>s</sup>imo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$0.90 \text{ kN} \leq \underline{49.25} \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,v}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$$V_{Ed,v} : \underline{0.90} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,v} : \underline{98.50} \text{ kN}$$

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

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

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

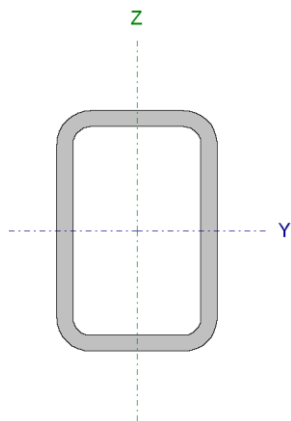
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

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

Barra N210/N212

Perfil: 90x60x6.3		Material: Acero ( S275 )					
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N210	N212	1.544	16.27	160.30	83.84	191.50	
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		1.00	1.00	1.00	1.00		
L <sub>K</sub>		1.543	1.543	1.544	1.544		
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							



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

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.78 ✓

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.

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

**f<sub>v</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**Clase :** 1

**A :** 16.27 cm<sup>2</sup>

**f<sub>v</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub> :** 729.84 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.  $N_{cr,y} : \underline{1395.50} \text{ kN}$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : \underline{729.84} \text{ kN}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  $N_{cr,T} : \underline{103369.59} \text{ kN}$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : \underline{160.30} \text{ cm}^4$
$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : \underline{83.84} \text{ cm}^4$
$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : \underline{191.50} \text{ cm}^4$
$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : \underline{33.78} \text{ cm}^6$
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{210000} \text{ MPa}$
$G$ : Módulo de elasticidad transversal.	$G : \underline{81000} \text{ MPa}$
$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : \underline{1.543} \text{ m}$
$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : \underline{1.543} \text{ m}$
$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : \underline{1.544} \text{ m}$
$i_o$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_o : \underline{3.87} \text{ cm}$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : \underline{3.14} \text{ cm}$
	$i_z : \underline{2.27} \text{ cm}$
$y_o, z_o$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_o : \underline{0.00} \text{ mm}$
	$z_o : \underline{0.00} \text{ mm}$

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

Se debe satisfacer:

$$12.29 \leq 367.97 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w : \underline{77.40} \text{ mm}$
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w : \underline{6.30} \text{ mm}$

$A_w$ : Área del alma.  
 $A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.  
 $k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.  
 $E$ : Módulo de elasticidad.  
 $f_{vf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.  
 Siendo:

$A_w$  : 9.75 cm<sup>2</sup>  
 $A_{fc,ef}$  : 3.78 cm<sup>2</sup>  
 $k$  : 0.30  
 $E$  : 210000 MPa  
 $f_{vf}$  : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.789} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$N_{t,Ed}$  : 336.31 kN

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

$N_{t,Rd}$  : 426.02 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  
 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$A$  : 16.27 cm<sup>2</sup>  
 $f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.272} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.404} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$N_{c,Ed} : \underline{115.73} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{426.02} \text{ kN}$$

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.

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

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

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$$N_{b,Rd} : \underline{286.67} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.81}$$

$$\chi_z : \underline{0.67}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.75}$$

$$\phi_z : \underline{0.95}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.57}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.78}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

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

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

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

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.07}$$

$$N_{cr} : \underline{729.84} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{1395.50} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{729.84} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{103369.59} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N210, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N210, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{13.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{50.51} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.20}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{336.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} : \underline{336.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} : \underline{13.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{35.62} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{83.84} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{191.50} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.544} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.544} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{2.07} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{2.07} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.162} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N210, para la combinación de acciones  $1.35\cdot PP + 0.8\cdot ft + 1.5\cdot Q + 0.9\cdot V(180^\circ)H4 + 0.75\cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N210, para la combinación de acciones  $0.8\cdot PP + 0.8\cdot ft + 1.5\cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{9.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

**Clase :** 1

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

**$W_{pl,z}$  :** 37.53 cm<sup>3</sup>

**$f_{vd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{vd}$  :** 261.90 MPa

Siendo:

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

**$f_y$  :** 275.00 MPa

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

**$\gamma_{M0}$  :** 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·ft+1.5·V(0°)H3.

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

**$V_{Ed}$  :** 0.00 kN

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

**$V_{c,Rd}$  :** 147.47 kN

Donde:

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

**$A_v$  :** 9.75 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$d$ :** Altura del alma.

**$d$  :** 77.40 mm

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

**$t_w$  :** 6.30 mm

**$f_{vd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{vd}$  :** 261.90 MPa

Siendo:

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

**$f_y$  :** 275.00 MPa

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

**$\gamma_{M0}$  :** 1.05

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

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

$$12.29 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{12.29}$$

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

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

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N212, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{1.22} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{98.50} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.51} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{77.40} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.30} \text{ mm}$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

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

$\gamma_{M0}$  : 1.05

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

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

$$9.52 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 9.52

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

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

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

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

$f_y$  : 275.00 MPa

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

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

$$0.00 \text{ kN} \leq 73.73 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

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

$V_{Ed}$  : 0.00 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 147.47 kN

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

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



$$0.96 \text{ kN} \leq 49.25 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{0.96} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{98.50} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.953} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.162} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N210, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{336.31} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{1.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

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

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{426.02} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{13.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{9.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{50.51} \text{ cm}^3$$

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{13.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$0.96 \text{ kN} \leq 49.25 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,v} : \frac{0.96}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,v} : \frac{98.50}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

Barra N206/N210

**Perfil: 90x60x6.3**  
**Material: Acero ( S275 )**

Perfil: 90x60x6.3 Material: Acero ( S275 )						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N206	N210	1.544	16.27	160.30	83.84	191.50
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		1.00	1.00	1.00	1.00	
L <sub>K</sub>		1.543	1.543	1.544	1.544	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

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

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} : \underline{0.78}$  ✓

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 :** 16.27 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 729.84 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** 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<sub>cr,y</sub> :** 1395.50 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 729.84 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 103369.59 kN

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 160.30 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 83.84 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 191.50 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 33.78 cm<sup>6</sup>

<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa
<b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.	<b>G</b> : $\frac{81000}{}$ MPa
<b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	<b>L<sub>ky</sub></b> : $\frac{1.543}{}$ m
<b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	<b>L<sub>kz</sub></b> : $\frac{1.543}{}$ m
<b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	<b>L<sub>kt</sub></b> : $\frac{1.544}{}$ m
<b>i<sub>0</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	<b>i<sub>0</sub></b> : $\frac{3.87}{}$ cm

Siendo:

<b>i<sub>y</sub></b> , <b>i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	<b>i<sub>y</sub></b> : $\frac{3.14}{}$ cm
	<b>i<sub>z</sub></b> : $\frac{2.27}{}$ cm
<b>y<sub>0</sub></b> , <b>z<sub>0</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	<b>y<sub>0</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm
	<b>z<sub>0</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm

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

Se debe satisfacer:

$$12.29 \leq 367.97 \quad \checkmark$$

Donde:

<b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.	<b>h<sub>w</sub></b> : $\frac{77.40}{}$ mm
<b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub></b> : $\frac{6.30}{}$ mm
<b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.	<b>A<sub>w</sub></b> : $\frac{9.75}{}$ cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.	<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : $\frac{3.78}{}$ cm <sup>2</sup>
<b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	<b>k</b> : $\frac{0.30}{}$
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa
<b>f<sub>vf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida.	<b>f<sub>vf</sub></b> : $\frac{275.00}{}$ MPa

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.786} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$N_{t,Ed}$  : 334.86 kN

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

$N_{t,Rd}$  : 426.02 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 16.27 cm<sup>2</sup>

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

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

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

$f_v$  : 275.00 MPa

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

$\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.271 ✓

$\eta$  : 0.402 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$N_{c,Ed}$  : 115.24 kN

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

$N_{c,Rd}$  : 426.02 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.

$A$  : 16.27 cm<sup>2</sup>

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

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$$N_{b,Rd} : \underline{286.67} \text{ kN}$$

Donde:

$$A: \text{Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.} \quad A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$$f_{vd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.81}$$

$$\chi_z : \underline{0.67}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.75}$$

$$\phi_z : \underline{0.95}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.57}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.78}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.07}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{729.84} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{1395.50} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{729.84} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{103369.59} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N206, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N206, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{13.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{50.51} \text{ cm}^3$$

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.20}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{336.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} : \underline{336.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} : \underline{13.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{35.62} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{83.84} \text{ cm}^4$$

<b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.	<b>I<sub>t</sub></b> : <u>191.50</u> cm <sup>4</sup>
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : <u>210000</u> MPa
<b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.	<b>G</b> : <u>81000</u> MPa
<b>L<sub>c</sub><sup>+</sup></b> : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	<b>L<sub>c</sub><sup>+</sup></b> : <u>1.544</u> m
<b>L<sub>c</sub><sup>-</sup></b> : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	<b>L<sub>c</sub><sup>-</sup></b> : <u>1.544</u> m
<b>C<sub>1</sub></b> : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	<b>C<sub>1</sub></b> : <u>1.00</u>
<b>i<sub>f,z</sub><sup>+</sup></b> : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	<b>i<sub>f,z</sub><sup>+</sup></b> : <u>2.07</u> cm
	<b>i<sub>f,z</sub><sup>-</sup></b> : <u>2.07</u> cm

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.162} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N210, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{1.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N210, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{0.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{9.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

**W<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W_{pl,z}} : \underline{37.53} \text{ cm}^3$$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{vd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>v</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_v} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{MO}} : \underline{1.05}$$



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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N206, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{1.17} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{98.50} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.51} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{77.40} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.30} \text{ mm}$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$9.52 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{9.52}$$

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

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

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$ : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$ : 235.00 MPa

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

$f_y$ : 275.00 MPa

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

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

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

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

$$1.17 \text{ kN} \leq 49.25 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$V_{Ed}$ : 1.17 kN

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

$V_{c,Rd}$ : 98.50 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.949} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.162} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N210, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

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

$N_{t,Ed}$ : 334.86 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{1.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

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

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{426.02} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{13.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{9.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{50.51} \text{ cm}^3$$

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.27} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{13.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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  $1.35\cdot PP + 0.8\cdot ft + 1.5\cdot Q + 0.9\cdot V(180^\circ)H4 + 0.75\cdot N(EI)$ .

$$1.17 \text{ kN} \leq 49.25 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,y} : \underline{1.17} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,y} : \underline{98.50} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

Barra N208/N226

Perfil: 160x110x5		Material: Acero ( S275 )					
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N208	N226	1.605	25.34	900.03	504.60	1040.06	
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		1.00	1.00	1.00	1.00		
L <sub>K</sub>		1.600	1.605	1.600	1.605		
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

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

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.41 ✓

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 :** 25.34 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 4085.36 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** 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<sub>cr,y</sub> :** 7245.56 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 4085.36 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 152064.22 kN

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y$ : $\frac{900.03}{}$ cm4
$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z$ : $\frac{504.60}{}$ cm4
$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t$ : $\frac{1040.06}{}$ cm4
$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.	$I_w$ : $\frac{539.66}{}$ cm6
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ : $\frac{210000}{}$ MPa
$G$ : Módulo de elasticidad transversal.	$G$ : $\frac{81000}{}$ MPa
$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky}$ : $\frac{1.605}{}$ m
$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz}$ : $\frac{1.600}{}$ m
$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt}$ : $\frac{1.605}{}$ m
$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0$ : $\frac{7.45}{}$ cm

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y$ : $\frac{5.96}{}$ cm
	$i_z$ : $\frac{4.46}{}$ 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.	$y_0$ : $\frac{0.00}{}$ mm
	$z_0$ : $\frac{0.00}{}$ mm

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

Se debe satisfacer:

$$30.00 \leq 378.33 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ : $\frac{150.00}{}$ mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ : $\frac{5.00}{}$ mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ : $\frac{15.00}{}$ cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ : $\frac{5.50}{}$ cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ : $\frac{0.30}{}$
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ : $\frac{210000}{}$ MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ : $\frac{275.00}{}$ MPa

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.195} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N226, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$$N_{t,Ed} : \underline{129.13} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{663.70} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.553} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.622} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N208, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$N_{c,Ed} : \underline{367.29} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{663.70} \text{ kN}$$

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 :** 25.34 cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>vd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub> :** 590.97 kN

Donde:

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

**A :** 25.34 cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>vd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub> :** 1.05

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub> :** 0.94

**χ<sub>z</sub> :** 0.89

**χ<sub>T</sub> :** 1.00

Siendo:

**φ<sub>y</sub> :** 0.58

**φ<sub>z</sub> :** 0.64

**φ<sub>T</sub> :** 0.47

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub> :** 0.49

**α<sub>z</sub> :** 0.49

**α<sub>T</sub> :** 0.49

**λ̄:** Esbeltez reducida.

**λ̄<sub>y</sub> :** 0.31

**λ̄<sub>z</sub> :** 0.41

**λ̄<sub>T</sub> :** 0.07

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub> :** 4085.36 kN

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 7245.56 kN

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 4085.36 kN

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 152064.22 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N208, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ . $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N208, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ . $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{37.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{141.50} \text{ cm}^3$$

 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.14}$$

 $M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{1860.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{1855.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

 $M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \underline{1855.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{1849.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \underline{141.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{140.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{112.50} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{504.60} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1040.06} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.600} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.605} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{3.94} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{3.94} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.274} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.404 m del nudo N208, para la combinación de acciones  $1.35\cdot PP + 0.8\cdot ft + 1.5\cdot Q + 0.9\cdot V(180^\circ)H4 + 0.75\cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{7.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.404 m del nudo N208, para la combinación de acciones  $0.8\cdot PP + 0.8\cdot ft + 1.5\cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{2.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{28.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{109.00} \text{ cm}^3$$

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

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$  : 1.05**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

 $\eta < \mathbf{0.001}$  ✓El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ . $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 0.01 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por: $V_{c,Rd}$  : 226.82 kN

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante. $A_v$  : 15.00 cm<sup>2</sup>

Siendo:

 $d$ : Altura del alma. $d$  : 150.00 mm $t_w$ : Espesor del alma. $t_w$  : 5.00 mm $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$  : 1.05**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

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

 $\mathbf{30.00 < 64.71}$  ✓

Donde:

 $\lambda_w$ : Esbeltez del alma. $\lambda_w$  : 30.00  
Página **123** de **208**

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{\text{máx}}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.

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

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

$f_v$  : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.077 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N208, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$V_{\text{Ed}}$  : 12.02 kN

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

$V_{\text{c,Rd}}$  : 156.37 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 10.34 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 25.34 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 150.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 5.00 mm

$f_{\text{vd}}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{\text{vd}}$  : 261.90 MPa

Siendo:

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

$f_v$  : 275.00 MPa

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

$\gamma_{\text{M0}}$  : 1.05

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

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

$$22.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltz del alma.} \quad \lambda_w : \underline{22.00}$$

$$\lambda_{\text{máx}}: \text{Esbeltz máxima.} \quad \lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon: \text{Factor de reducción.} \quad \varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$f_{\text{ref}}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{\text{ref}} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

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

$$0.01 \text{ kN} \leq 113.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{226.82} \text{ kN}$$

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

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

$$12.02 \text{ kN} \leq 78.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{12.02} \text{ kN}$$

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

$V_{c,Rd}$  : 156.37 kN

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

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.826 ✓

$\eta$  : 0.770 ✓

$\eta$  : 0.929 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.404 m del nudo N208, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

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

$N_{c,Ed}$  : 365.11 kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.05 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 7.83 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

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

$N_{pl,Rd}$  : 663.70 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.

$M_{pl,Rd,y}$  : 37.06 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 28.55 kN·m

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 25.34 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 141.50 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 109.00 cm<sup>3</sup>

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

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

$f_v$  : 275.00 MPa

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

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$k_y$  : 1.06

$$k_z : \underline{1.13}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.89}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.31}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.41}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

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  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$12.02 \text{ kN} \leq 78.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,v} : \underline{12.02} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,v} : \underline{156.37} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{24.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{162.70} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·ft+1.5·Q+0.9·V(180°)H4+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{226.78} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{226.82} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{162.75} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.069} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N208, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$V_{Ed} : 10.82 \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$V_{pl,T,Rd} : 156.35 \text{ kN}$

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : 156.37 \text{ kN}$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed} : 0.02 \text{ MPa}$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : 162.75 \text{ cm}^3$

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

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

Siendo:

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

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

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

$\gamma_{M0} : 1.05$

Barra N206/N211

Perfil: 160x110x5		Material: Acero ( S275 )					
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas					
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>p</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )		
N206	N211	1.605	25.34	900.03	504.60	1040.06	
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.			
$\beta$	1.00	1.00	1.00	1.00			
$L_K$	1.600	1.605	1.600	1.605			
$C_m$	1.000	1.000	1.000	1.000			
$C_1$	-		1.000				
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico							

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



La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.41 ✓

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** : 25.34 cm<sup>2</sup>

**f<sub>v</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>v</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 4085.36 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** 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<sub>cr,y</sub>** : 7245.56 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 4085.36 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : 152064.22 kN

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 900.03 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 504.60 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 1040.06 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 539.66 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 1.605 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 1.600 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 1.605 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>** : 7.45 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 5.96 cm

**i<sub>z</sub>** : 4.46 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** 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<sub>0</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>0</sub>** : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

$$30.00 \leq 378.33 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{150.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{15.00} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{5.50} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$f_{vf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{vf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.195} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N211, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$$N_{t,Ed} : \underline{129.10} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{663.70} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.539} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.606} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N206, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ . $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{357.97} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{663.70} \text{ kN}$$

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.

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

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

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

**f<sub>v</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{590.97} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

**f<sub>v</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.89}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}\phi_y &: 0.58 \\ \phi_z &: 0.64 \\ \phi_T &: 0.47\end{aligned}$$

 $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\begin{aligned}\alpha_y &: 0.49 \\ \alpha_z &: 0.49 \\ \alpha_T &: 0.49\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_y &: 0.31 \\ \bar{\lambda}_z &: 0.41 \\ \bar{\lambda}_T &: 0.07\end{aligned}$$

 $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 4085.36 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : 7245.56 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : 4085.36 \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : 152064.22 \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.003 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N206, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ . $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N206, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ . $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : 37.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 141.50 \text{ cm}^3$$

 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.14}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{1860.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{1855.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \underline{1855.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{1849.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \underline{141.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{140.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{112.50} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{504.60} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1040.06} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.600} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.605} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{3.94} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{3.94} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.267} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.404 m del nudo N206, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{7.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.404 m del nudo N206, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{2.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{28.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{109.00} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{226.82} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$ : 15.00 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$d$ : Altura del alma.  $d$ : 150.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$ : 5.00 mm

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

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 275.00 MPa

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

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

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

$$30.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$ : 30.00

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$ : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.  $\epsilon$ : 0.92

Siendo:

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

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N206, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 11.59 kN

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

$$V_{c,Rd} : \underline{156.37} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{10.34} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{150.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$22.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{22.00}$$

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

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

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

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

$$0.01 \text{ kN} \leq 113.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.  $V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{226.82} \text{ kN}$

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

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$11.59 \text{ kN} \leq 78.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.  $V_{Ed} : \underline{11.59} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{156.37} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.804} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.750} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.904} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos se producen en un punto situado a una distancia de 1.404 m del nudo N206, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo p<sup>s</sup>imo.

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo p<sup>s</sup>imos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$N_{c,Ed} : \underline{355.79} \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{7.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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

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

**$N_{pl,Rd}$  :** 663.70 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.

**$M_{pl,Rd,y}$  :** 37.06 kN·m

**$M_{pl,Rd,z}$  :** 28.55 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A:** Área de la sección bruta.

**A :** 25.34 cm<sup>2</sup>

**$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ :** Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**$W_{pl,y}$  :** 141.50 cm<sup>3</sup>

**$W_{pl,z}$  :** 109.00 cm<sup>3</sup>

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

**$f_{yd}$  :** 261.90 MPa

Siendo:

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

**$f_y$  :** 275.00 MPa

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

**$\gamma_{M1}$  :** 1.05

**$k_y$ ,  $k_z$ :** Coeficientes de interacción.

**$k_y$  :** 1.06

**$k_z$  :** 1.13

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

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

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

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

**$\chi_y$  :** 0.94

**$\chi_z$  :** 0.89

**$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ :** Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

**$\bar{\lambda}_y$  :** 0.31

**$\bar{\lambda}_z$  :** 0.41

**$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ :** Factores dependientes de la clase de la sección.

**$\alpha_y$  :** 0.60

**$\alpha_z$  :** 0.60

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

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  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

**11.59 kN ≤ 78.18 kN** ✓

Donde:

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

**$V_{Ed,y}$  :** 11.59 kN

$V_{c,Rd,v}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,v}$  : 156.37 kN**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ . $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$  : 0.01 kN·mEl momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por: $M_{T,Rd}$  : 24.60 kN·m

Donde:

 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión. $W_T$  : 162.70 cm<sup>3</sup> $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

 $f_v$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_v$  : 275.00 MPa $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$  : 1.05**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ . $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 0.01 kN $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·mEl esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por: $V_{pl,T,Rd}$  : 226.78 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$  : 226.82 kN  
 $\tau_{T,Ed}$  : 0.03 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 162.75 cm<sup>3</sup>  
 $f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.072} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N206, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$V_{Ed}$  : 11.22 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:

$V_{pl,T,Rd}$  : 156.34 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$  : 156.37 kN  
 $\tau_{T,Ed}$  : 0.03 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 162.75 cm<sup>3</sup>  
 $f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$  : 1.05

Perfil: 160x110x5 Material: Acero ( S275 )						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N226	N228	1.605	25.34	900.03	504.60	1040.06
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		1.00	1.00	1.00	1.00	
L <sub>K</sub>		1.600	1.605	1.600	1.605	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

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

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} : \underline{0.41}$  ✓

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 :** 25.34 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 4085.36 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** 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<sub>cr,y</sub> :** 7245.56 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 4085.36 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 152064.22 kN

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 900.03 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 504.60 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 1040.06 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 539.66 cm<sup>6</sup>

<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa
<b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.	<b>G</b> : $\frac{81000}{}$ MPa
<b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	<b>L<sub>ky</sub></b> : $\frac{1.605}{}$ m
<b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	<b>L<sub>kz</sub></b> : $\frac{1.600}{}$ m
<b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	<b>L<sub>kt</sub></b> : $\frac{1.605}{}$ m
<b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	<b>i<sub>o</sub></b> : $\frac{7.45}{}$ cm

Siendo:

<b>i<sub>y</sub></b> , <b>i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	<b>i<sub>y</sub></b> : $\frac{5.96}{}$ cm
	<b>i<sub>z</sub></b> : $\frac{4.46}{}$ cm
<b>y<sub>o</sub></b> , <b>z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	<b>y<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm
	<b>z<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm

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

Se debe satisfacer:

$$30.00 \leq 378.33 \quad \checkmark$$

Donde:

<b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.	<b>h<sub>w</sub></b> : $\frac{150.00}{}$ mm
<b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub></b> : $\frac{5.00}{}$ mm
<b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.	<b>A<sub>w</sub></b> : $\frac{15.00}{}$ cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.	<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : $\frac{5.50}{}$ cm <sup>2</sup>
<b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	<b>k</b> : $\frac{0.30}{}$
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa
<b>f<sub>vf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida.	<b>f<sub>vf</sub></b> : $\frac{275.00}{}$ MPa

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.192} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N228, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$N_{t,Ed}$  : 127.68 kN

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

$N_{t,Rd}$  : 663.70 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 25.34 cm<sup>2</sup>

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

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

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

$f_v$  : 275.00 MPa

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

$\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.548 ✓

$\eta$  : 0.615 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N226, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$N_{c,Ed}$  : 363.39 kN

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

$N_{c,Rd}$  : 663.70 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.

$A$  : 25.34 cm<sup>2</sup>

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

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$$N_{b,Rd} : \underline{590.97} \text{ kN}$$

Donde:

$$A: \text{Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.} \quad A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

$$f_{vd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.89}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.58}$$

$$\phi_z : \underline{0.64}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.31}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.41}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.07}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{4085.36} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{7245.56} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{4085.36} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{152064.22} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N226, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N226, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{C,Rd} : \underline{37.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{141.50} \text{ cm}^3$$

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

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.14}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{1860.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{1855.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \underline{1855.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{1849.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw}^+ : \underline{141.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{140.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.	$W_{el,y}$ : <u>112.50</u> cm <sup>3</sup>
$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z$ : <u>504.60</u> cm <sup>4</sup>
$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t$ : <u>1040.06</u> cm <sup>4</sup>
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ : <u>210000</u> MPa
$G$ : Módulo de elasticidad transversal.	$G$ : <u>81000</u> MPa
$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	$L_c^+$ : <u>1.600</u> m
$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	$L_c^-$ : <u>1.605</u> m
$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	$C_1$ : <u>1.00</u>
$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	$i_{f,z}^+$ : <u>3.94</u> cm
	$i_{f,z}^-$ : <u>3.94</u> cm

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.255} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N226, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{7.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N226, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{2.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{28.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{109.00} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{226.82} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{15.00} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{150.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$30.00 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{30.00}$$

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

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

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$ : 235.00 MPa

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

$f_v$ : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.074 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N228, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$V_{Ed}$ : 11.52 kN

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

$V_{c,Rd}$ : 156.37 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ : 10.34 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$ : 25.34 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$ : 150.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$ : 5.00 mm

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

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

$f_v$ : 275.00 MPa

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

$\gamma_{M0}$ : 1.05

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

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

**22.00 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$ : 22.00

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima. $\lambda_{\text{máx}}$  : 64.71 $\varepsilon$ : Factor de reducción. $\varepsilon$  : 0.92

Siendo:

 $f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia. $f_{\text{ref}}$  : 235.00 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

$$0.01 \text{ kN} \leq 113.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot \text{PP} + 0.8 \cdot \text{ft} + 1.5 \cdot \text{V}(0^\circ)\text{H3}$ .

 $V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{\text{Ed}}$  : 0.01 kN $V_{\text{c,Rd}}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{\text{c,Rd}}$  : 226.82 kN**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

$$1.79 \text{ kN} \leq 78.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot \text{PP} + 0.8 \cdot \text{ft} + 0.9 \cdot \text{V}(180^\circ)\text{H4} + 1.5 \cdot \text{N}(\text{R})1$ .

 $V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{\text{Ed}}$  : 1.79 kN $V_{\text{c,Rd}}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{\text{c,Rd}}$  : 156.37 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.803} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.754} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.904} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N226, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{363.08} \text{ kN}$$

**M<sub>y,Ed</sub>**, **M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{M}_{y,Ed}^+ : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{z,Ed}^+ : \underline{7.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

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

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$\mathbf{N}_{pl,Rd} : \underline{663.70} \text{ kN}$$

**M<sub>pl,Rd,y</sub>**, **M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,y} : \underline{37.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,z} : \underline{28.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)**A**: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

**W<sub>pl,y</sub>**, **W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{W}_{pl,y} : \underline{141.50} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{W}_{pl,z} : \underline{109.00} \text{ cm}^3$$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>v</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M1} : \underline{1.05}$$

**k<sub>y</sub>**, **k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k}_y : \underline{1.06}$$

$$\mathbf{k}_z : \underline{1.13}$$

**C<sub>m,y</sub>**, **C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\mathbf{C}_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$\mathbf{C}_{m,z} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.89}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.31}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.41}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

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  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)1$ .

$$1.79 \text{ kN} \leq 78.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,v} : \underline{1.79} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,v} : \underline{156.37} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{24.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{162.70} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : 275.00 MPa $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ . $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$ : 0.00 kN $M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$ : 0.00 kN·mEl esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por: $V_{pl,T,Rd}$ : 226.78 kN

Donde:

 $V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$ : 226.82 kN $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$ : 0.02 MPa

Siendo:

 $W_T$ : Módulo de resistencia a torsión. $W_T$ : 162.75 cm<sup>3</sup> $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$ : 275.00 MPa $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$ : 1.05**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.066} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N228, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .



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

$V_{Ed} : \underline{10.32} \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$V_{dI,T,Rd} : \underline{156.35} \text{ kN}$

Donde:

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

$V_{dI,Rd} : \underline{156.37} \text{ kN}$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ MPa}$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{162.75} \text{ cm}^3$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Barra N211/N213

Perfil: 160x110x5						
Material: Acero ( S275 )						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N211	N213	1.605	25.34	900.03	504.60	1040.06
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.		
$\beta$	1.00	1.00	1.00	1.00		
$L_K$	1.600	1.605	1.600	1.605		
$C_m$	1.000	1.000	1.000	1.000		
$C_1$	-		1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico						

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

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} : \underline{0.41} \checkmark$

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 :** 25.34 cm<sup>2</sup>

**f<sub>v</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>v</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 4085.36 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** 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<sub>cr,y</sub> :** 7245.56 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 4085.36 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 152064.22 kN

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 900.03 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 504.60 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 1040.06 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 539.66 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.605 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.600 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 1.605 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 7.45 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 5.96 cm

**i<sub>z</sub> :** 4.46 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** 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<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>0</sub> :** 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

$$30.00 \leq 378.33 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{150.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{15.00} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{5.50} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$f_{vf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{vf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.192} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N213, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$$N_{t,Ed} : \underline{127.74} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{663.70} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.535} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.601} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N211, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$N_{c,Ed} : \underline{355.23} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{663.70} \text{ kN}$$

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.

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

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

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$$N_{b,Rd} : \underline{590.97} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_v : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.89}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_v : \underline{0.58}$$

$$\phi_z : \underline{0.64}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y$ : <u>0.49</u>
	$\alpha_z$ : <u>0.49</u>
	$\alpha_T$ : <u>0.49</u>
$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.	$\bar{\lambda}_y$ : <u>0.31</u>
	$\bar{\lambda}_z$ : <u>0.41</u>
	$\bar{\lambda}_T$ : <u>0.07</u>
$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	$N_{cr}$ : <u>4085.36</u> kN
$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$ : <u>7245.56</u> kN
$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$ : <u>4085.36</u> kN
$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$ : <u>152064.22</u> kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N211, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ . $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N211, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ . $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{37.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{141.50} \text{ cm}^3$$

 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

 $\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.14}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{1860.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{1855.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \underline{1855.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{1849.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw}^+ : \underline{141.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{140.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{112.50} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{504.60} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1040.06} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.600} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.605} \text{ m}$$

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

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{3.94} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{3.94} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.248} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N211, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{7.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N211, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{2.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{28.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{109.00} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{226.82} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{15.00} \text{ cm}^2$$

Siendo:

**d**: Altura del alma. **d** : 150.00 mm  
**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma. **t<sub>w</sub>** : 5.00 mm

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>vd</sub>** : 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa  
**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub>** : 1.05

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

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

$$30.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma. **λ<sub>w</sub>** : 30.00

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima. **λ<sub>máx</sub>** : 64.71

**ε**: Factor de reducción. **ε** : 0.92

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia. **f<sub>ref</sub>** : 235.00 MPa  
**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.071} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N213, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 11.11 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{156.37} \text{ kN}$$



Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{10.34} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{150.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$22.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{22.00}$$

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

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

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

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

$$0.01 \text{ kN} \leq 113.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 0.01 kN $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$  : 226.82 kN**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

$$1.71 \text{ kN} \leq 78.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$ .

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 1.71 kN $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$  : 156.37 kN**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.784} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.735} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.881} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.201 m del nudo N211, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$  : 354.92 kN $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^+$  : 0.05 kN·m $M_{z,Ed}^+$  : 7.07 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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{663.70} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{37.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{28.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{25.34} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{141.50} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{109.00} \text{ cm}^3$$

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.06}$$

$$k_z : \underline{1.13}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.89}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.31}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.41}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

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  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$ .

$$1.71 \text{ kN} \leq 78.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,y} : \underline{1.71} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,y} : \underline{156.37} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{24.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{162.70} \text{ cm}^3$$

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{226.78} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{226.82} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$ : 162.75 cm<sup>3</sup>  
 $f_{vd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$ : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$ : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.069 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N213, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

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

$V_{Ed}$ : 10.79 kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$ : 0.00 kN·m

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

$V_{Dl,T,Rd}$ : 156.34 kN

Donde:

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

$V_{Dl,Rd}$ : 156.37 kN

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$ : 0.02 MPa

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$ : 162.75 cm<sup>3</sup>  
 $f_{vd}$ : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$ : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$ : 1.05

Barra N224/N238

Perfil: 80x60x3.6 Material: Acero ( S275 )						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N224	N238	3.430	9.22	80.78	51.61	103.37
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		1.00	0.80	1.00	1.00	
L <sub>K</sub>		3.430	2.744	3.430	3.430	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

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

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.67 ✓

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** : 9.22 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico. **N<sub>cr</sub>** : 90.94 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** 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<sub>cr,y</sub>** : 222.41 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N<sub>cr,z</sub>** : 90.94 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N<sub>cr,T</sub>** : 58314.67 kN

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I<sub>y</sub>** : 80.78 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I<sub>z</sub>** : 51.61 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme. **I<sub>t</sub>** : 103.37 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección. **I<sub>w</sub>** : 8.62 cm<sup>6</sup>

<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa
<b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.	<b>G</b> : $\frac{81000}{}$ MPa
<b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	<b>L<sub>ky</sub></b> : $\frac{2.744}{}$ m
<b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	<b>L<sub>kz</sub></b> : $\frac{3.430}{}$ m
<b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	<b>L<sub>kt</sub></b> : $\frac{3.430}{}$ m
<b>i<sub>o</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	<b>i<sub>o</sub></b> : $\frac{3.79}{}$ cm

Siendo:

<b>i<sub>y</sub></b> , <b>i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	<b>i<sub>y</sub></b> : $\frac{2.96}{}$ cm
	<b>i<sub>z</sub></b> : $\frac{2.37}{}$ cm
<b>y<sub>o</sub></b> , <b>z<sub>o</sub></b> : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	<b>y<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm
	<b>z<sub>o</sub></b> : $\frac{0.00}{}$ mm

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

Se debe satisfacer:

$$14.67 \leq 263.21 \quad \checkmark$$

Donde:

<b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.	<b>h<sub>w</sub></b> : $\frac{52.80}{}$ mm
<b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub></b> : $\frac{3.60}{}$ mm
<b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.	<b>A<sub>w</sub></b> : $\frac{3.80}{}$ cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.	<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : $\frac{2.88}{}$ cm <sup>2</sup>
<b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	<b>k</b> : $\frac{0.30}{}$
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : $\frac{210000}{}$ MPa
<b>f<sub>vf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida.	<b>f<sub>vf</sub></b> : $\frac{275.00}{}$ MPa

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N238, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·ft+1.5·V(270°)H1.

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

$N_{t,Ed}$  : 19.84 kN

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

$N_{t,Rd}$  : 241.48 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 9.22 cm<sup>2</sup>

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

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

$f_v$  : 275.00 MPa

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

$\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.223 ✓

$\eta$  : 0.842 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N224, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot Q + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

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

$N_{c,Ed}$  : 53.94 kN

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

$N_{c,Rd}$  : 241.48 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.

$A$  : 9.22 cm<sup>2</sup>

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

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

$f_v$  : 275.00 MPa

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

$\gamma_{M0}$  : 1.05



**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

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

$$N_{b,Rd} : \underline{64.08} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{9.22} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.50}$$

$$\chi_z : \underline{0.27}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{1.28}$$

$$\phi_z : \underline{2.25}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.07}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.67}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.07}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{90.94} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{222.41} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{90.94} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{58314.67} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.011} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.715 m del nudo N224, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·ft.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{5.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{21.26} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N224, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·ft.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.07} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{60.16} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{3.98} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{9.22} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{72.80} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{3.60} \text{ mm}$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$16.67 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{16.67}$$

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

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

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

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

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

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

$$0.06 \text{ kN} \leq 30.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N224, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·ft.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{60.16} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.234} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.455} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.859} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.715 m del nudo N224, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·ft+1.5·Q+0.9·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{53.80} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

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

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{241.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{6.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{5.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{9.22} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{26.04} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{21.26} \text{ cm}^3$$

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

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

Siendo:

$f_v$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_v$ : <u>275.00</u> MPa
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1}$ : <u>1.05</u>
$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.	
	$k_y$ : <u>1.36</u>
	$k_z$ : <u>1.67</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$ : <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$ : <u>1.00</u>
$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y$ : <u>0.50</u>
	$\chi_z$ : <u>0.27</u>
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$ : <u>1.07</u>
	$\bar{\lambda}_z$ : <u>1.67</u>
$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y$ : <u>0.60</u>
	$\alpha_z$ : <u>0.60</u>

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

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 en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N224, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·ft.

$$0.06 \text{ kN} \leq 30.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,y} : \frac{0.06}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,y} : \frac{60.16}{\quad} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

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

Barra N3/N38

Perfil: R 12 Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N3	N38	5.800	1.13	0.10	0.10	0.20	
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 <sub>K</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000		
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

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

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$\bar{\lambda} < \underline{0.01}$  ✓

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f<sub>v</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**A**:  $\underline{1.13}$  cm<sup>2</sup>  
**f<sub>v</sub>**:  $\underline{275.00}$  MPa  
**N<sub>cr</sub>**:  $\underline{\infty}$

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

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.843}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot ft + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$ .

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

$N_{t,Ed}$  : 24.98 kN

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

$N_{t,Rd}$  : 29.62 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 1.13 cm<sup>2</sup>

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



2.1.2.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_z$	$M_t$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 6.3$	x: 0 m $\eta = 23.4$	x: 0 m $\eta = 71.0$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 6.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 78.4$	
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 23.6$	x: 0 m $\eta = 71.0$	x: 0 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 6.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 78.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 78.2$	
N205/N206	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4 m $\eta = 3.4$	x: 0 m $\eta = 17.1$	x: 0 m $\eta = 55.3$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 0 m $\eta = 13.1$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 65.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 65.7$	
N207/N208	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4 m $\eta = 3.4$	x: 0 m $\eta = 17.5$	x: 0 m $\eta = 56.6$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 0 m $\eta = 13.9$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 67.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 67.8$	
N206/N211	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 19.5$	x: 0 m $\eta = 60.6$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 1.404 m $\eta = 26.7$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 7.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.404 m $\eta = 90.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 7.2$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 90.4$	
N211/N213	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 19.2$	x: 0 m $\eta = 60.1$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.201 m $\eta = 24.8$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 7.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.201 m $\eta = 88.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 6.9$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 88.1$	
N213/N215	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 18.0$	x: 0 m $\eta = 56.2$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.802 m $\eta = 7.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 63.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.2$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 63.9$	
N215/N217	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 16.8$	x: 0 m $\eta = 52.2$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.802 m $\eta = 7.2$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 4.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 60.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 4.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 60.0$	
N217/N219	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 15.6$	x: 0 m $\eta = 48.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 6.0$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 4.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 54.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 3.9$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.5$	
N219/N221	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 14.3$	x: 0 m $\eta = 44.0$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 5.2$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 4.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 49.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 4.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.4$	
N221/N223	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 13.1$	x: 0 m $\eta = 39.8$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 1.003 m $\eta = 7.6$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.003 m $\eta = 47.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.6$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.9$	
N223/N209	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 11.9$	x: 0 m $\eta = 35.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 19.7$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 56.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 6.2$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.6$	
N208/N226	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 19.5$	x: 0 m $\eta = 62.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 1.404 m $\eta = 27.4$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 7.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.404 m $\eta = 92.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.9$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 92.9$	
N226/N228	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 19.2$	x: 0 m $\eta = 61.5$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.201 m $\eta = 25.5$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 7.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.201 m $\eta = 90.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 6.6$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 90.4$	
N228/N230	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 18.0$	x: 0 m $\eta = 57.3$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.802 m $\eta = 7.4$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 65.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 3.9$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 65.5$	
N230/N232	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 16.8$	x: 0 m $\eta = 53.1$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.802 m $\eta = 7.5$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 4.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 61.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 3.9$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 61.3$	
N232/N234	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 15.6$	x: 0 m $\eta = 48.8$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 4.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 55.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 3.7$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 55.6$	
N234/N236	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 14.3$	x: 0 m $\eta = 44.5$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 5.3$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 4.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 50.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 3.9$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 50.1$	
N236/N238	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 13.1$	x: 0 m $\eta = 40.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 1.003 m $\eta = 7.6$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.003 m $\eta = 48.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.4$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 48.0$	
N238/N209	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 11.9$	x: 0 m $\eta = 35.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 19.7$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 6.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 56.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.605 m $\eta = 6.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.6$	
N206/N210	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 78.6$	$\eta = 40.2$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 1.544 m $\eta = 16.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 1.2$	N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 1.544 m $\eta = 94.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 94.9$	
N210/N212	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 78.9$	$\eta = 40.4$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 16.2$	$\eta < 0.1$	x: 1.544 m $\eta = 1.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 95.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 95.3$	
N212/N214	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 78.3$	$\eta = 39.4$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.193 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	x: 1.544 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.193 m $\eta = 81.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.1$	
N214/N216	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 72.6$	$\eta = 35.9$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.193 m $\eta = 2.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.544 m $\eta = 0.2$	N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 0.193 m $\eta = 75.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 75.5$	
N216/N218	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 67.1$	$\eta = 32.6$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.772 m $\eta = 1.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.544 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 0.772 m $\eta = 68.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 68.8$	
N218/N220	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 61.4$	$\eta = 29.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0.579 m $\eta = 1.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.544 m $\eta = 0.2$	N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 0.579 m $\eta = 62.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 62.9$	
N220/N222	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 55.8$	$\eta = 25.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 1.158 m $\eta = 1.9$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.158 m $\eta = 57.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 57.7$	
N222/N224	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 49.9$	$\eta = 22.3$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 1.544 m $\eta = 3.9$	$\eta < 0.1$	x: 1.544 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.544 m $\eta = 53.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.8$	
N224/N237	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.965 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 50.3$	$\eta = 22.3$	x: 1.544 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 3.9$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.5$	x: 0.965 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 54.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.1$	
N237/N235	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 56.5$	$\eta = 25.8$	x: 1.544 m $\eta < 0.1$	x: 0.386 m $\eta = 2.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.544 m $\eta = 0.2$	N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 0.386 m $\eta = 58.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.5$	
N235/N233	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 62.5$	$\eta = 29.1$	x: 1.544 m $\eta = 0.1$	x: 0.965 m $\eta = 1.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 0.965 m $\eta = 64.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 64.0$	
N233/N231	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 68.6$	$\eta = 32.6$	x: 1.544 m $\eta = 0.1$	x: 0.772 m $\eta = 1.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0.772 m $\eta = 70.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 70.4$	
N231/N229	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 74.5$	$\eta = 35.9$	x: 1.544 m $\eta = 0.1$	x: 1.351 m $\eta = 2.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	N.P. <sup>(4)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 1.351 m $\eta = 77.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 77.2$	
N229/N227	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 80.6$	$\eta = 39.5$	x: 1.544 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 2.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.544 m								

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$		$M_z V_y$
N212/N213	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.875 m $\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 0.5$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.3$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$\eta = 0.7$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 7.4$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 7.4$
N214/N213	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.774 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 19.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 2.7$	$\eta < 0.1$	x: 1.774 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 22.3$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 22.3$
N214/N215	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 1.313 m $\eta = 6.2$	x: 0 m $\eta = 2.8$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 6.2$
N216/N215	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.203 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.026 m $\eta = 5.3$	x: 0 m $\eta = 24.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.013 m $\eta = 0.7$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.203 m $\eta < 0.1$	x: 1.013 m $\eta = 24.8$	x: 0.203 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.8$
N216/N217	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 1.75 m $\eta = 9.0$	x: 0 m $\eta = 5.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 9.0$
N218/N217	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.194 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.334 m $\eta = 6.2$	x: 0 m $\eta = 33.5$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.167 m $\eta = 0.8$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.194 m $\eta < 0.1$	x: 1.167 m $\eta = 34.4$	x: 0.194 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 34.4$
N218/N219	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 2.188 m $\eta = 12.1$	x: 0 m $\eta = 8.7$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 12.1$
N220/N219	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 2.486 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.677 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 46.0$	x: 2.677 m $\eta < 0.1$	x: 2.677 m $\eta = 1.4$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.677 m $\eta = 0.2$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.191 m $\eta < 0.1$	x: 2.677 m $\eta = 47.6$	x: 0.191 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.6$
N220/N221	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 2.625 m $\eta = 15.0$	x: 0 m $\eta = 13.7$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 15.0$
N222/N221	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.19 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.045 m $\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 65.8$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.523 m $\eta = 1.0$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.19 m $\eta < 0.1$	x: 1.523 m $\eta = 67.1$	x: 0.19 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 67.1$
N222/N223	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 3.063 m $\eta = 18.4$	x: 0 m $\eta = 21.2$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 21.2$
N224/N223	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.214 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.43 m $\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 81.4$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.715 m $\eta = 1.1$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.214 m $\eta < 0.1$	x: 1.715 m $\eta = 83.1$	x: 0.214 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 83.1$
N224/N209	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 3.5 m $\eta = 39.1$	x: 0 m $\eta = 56.4$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.4$
N225/N226	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.219 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.438 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 0.6$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.438 m $\eta = 11.5$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$\eta = 2.4$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.219 m $\eta < 0.1$	x: 0.438 m $\eta = 12.0$	x: 0.219 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 12.0$
N227/N226	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.201 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.605 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 3.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.802 m $\eta = 0.5$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.201 m $\eta < 0.1$	x: 0.802 m $\eta = 3.6$	x: 0.201 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.6$
N227/N228	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.875 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 0.5$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 1.3$
N229/N228	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.222 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.774 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 20.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.887 m $\eta = 0.6$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.222 m $\eta < 0.1$	x: 0.887 m $\eta = 20.8$	x: 0.222 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 20.8$
N229/N230	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 1.313 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 2.8$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 6.5$
N231/N230	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.203 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.026 m $\eta = 5.3$	x: 0 m $\eta = 25.0$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.013 m $\eta = 0.7$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.203 m $\eta < 0.1$	x: 1.013 m $\eta = 25.7$	x: 0.203 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.7$
N231/N232	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 1.75 m $\eta = 9.3$	x: 0 m $\eta = 5.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 9.3$
N233/N232	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.194 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.334 m $\eta = 6.2$	x: 0 m $\eta = 34.7$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.167 m $\eta = 0.8$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.194 m $\eta < 0.1$	x: 1.167 m $\eta = 35.6$	x: 0.194 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.6$
N233/N234	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 2.188 m $\eta = 12.5$	x: 0 m $\eta = 8.7$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 12.5$
N235/N234	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.191 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.677 m $\eta = 7.0$	x: 0 m $\eta = 47.7$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.339 m $\eta = 0.9$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.191 m $\eta < 0.1$	x: 1.339 m $\eta = 48.8$	x: 0.191 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 48.8$
N235/N236	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 2.625 m $\eta = 15.6$	x: 0 m $\eta = 13.7$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 15.6$
N237/N236	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.19 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.045 m $\eta = 8.1$	x: 0 m $\eta = 68.0$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.523 m $\eta = 1.0$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.19 m $\eta < 0.1$	x: 1.523 m $\eta = 69.4$	x: 0.19 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 69.4$
N237/N238	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.191 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.063 m $\eta = 19.0$	x: 0 m $\eta = 21.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 3.063 m $\eta = 3.8$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.191 m $\eta < 0.1$	x: 3.063 m $\eta = 22.8$	x: 0.191 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 22.8$
N224/N238	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.214 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 3.43 m $\eta = 8.2$	x: 0 m $\eta = 84.2$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.715 m $\eta = 1.1$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.214 m $\eta < 0.1$	x: 1.715 m $\eta = 85.9$	x: 0.214 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 85.9$
N341/N342	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 6.3$	x: 0 m $\eta = 23.4$	x: 0 m $\eta = 61.1$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 77.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 77.1$
N343/N344	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 23.6$	x: 0 m $\eta = 61.1$	x: 0 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 76.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 76.8$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	
N35/N2	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 81.4$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.4$
N1/N36	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 84$													

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$		$M_tV_y$
N341/N308	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 83.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 83.4$
N307/N342	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 81.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.4$
N343/N310	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 83.5$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 83.5$
N309/N344	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 81.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(9)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.4$

**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.):**

- <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- <sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- <sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.
- <sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- <sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- <sup>(9)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### 3.3. Cálculo de la cimentación

#### 3.3.1. Comprobación zapata

Referencia: N37		
Dimensiones: 245 x 245 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0262908 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0281547 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0307053 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 94.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 88.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 23.89 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 26.77 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 24.23 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 27.76 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 161.9 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N37:	Mínimo: 30 cm Calculado: 48 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001	
- 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: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0002	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple

Referencia: N37		
Dimensiones: 245 x 245 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 60 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 3.3.2. Comprobación viga de atado

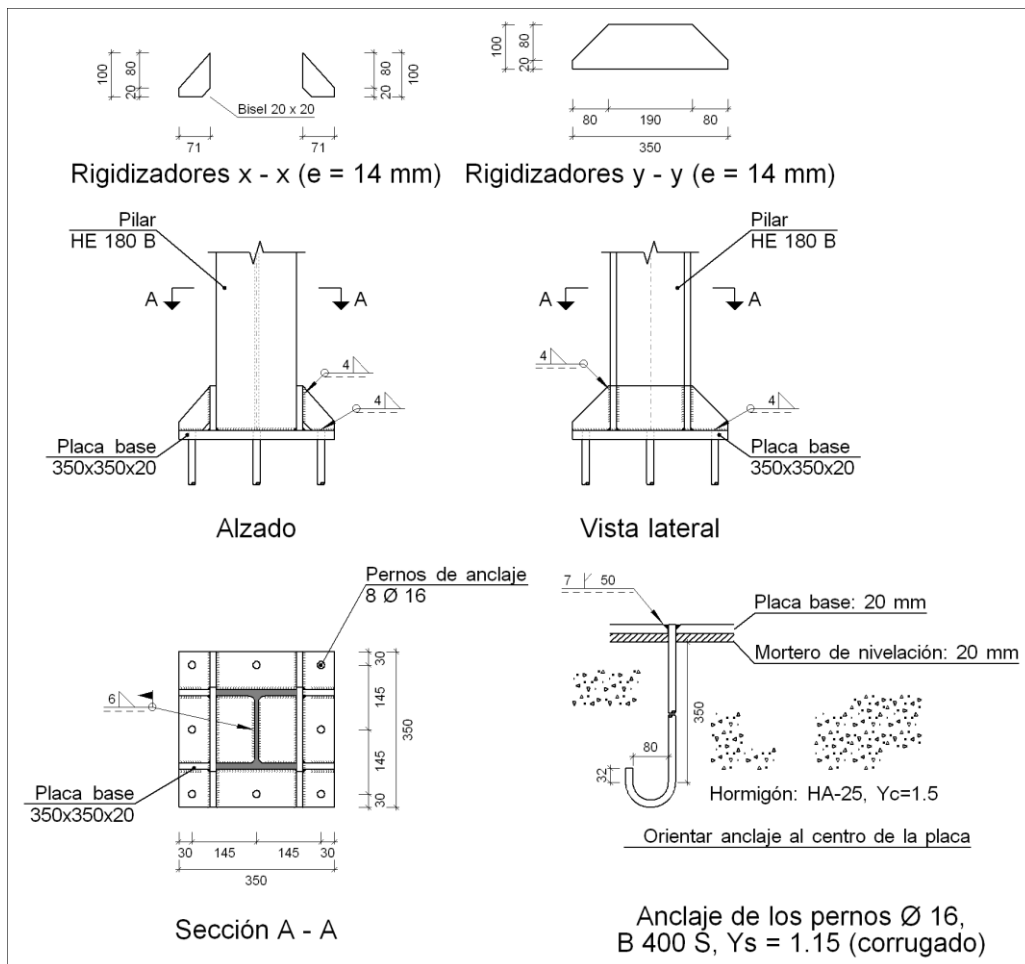
Referencia: C.1 [N35-N1] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30	
Comprobación	Valores
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm
Se cumplen todas las comprobaciones	

### 3.4. Cálculo de las placas de anclaje

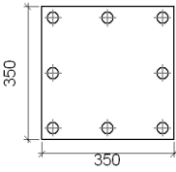
#### 3.4.1. Memoria de cálculo

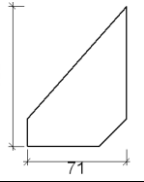
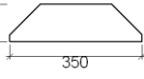
##### Tipo 1

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_v$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		350	350	20	8	30	18	7	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Rigidizador		71	100	14	-	-	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		350	100	14	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 180 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	895	8.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85	

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 146 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a X:	Calculado: 16.2	Cumple
- Paralelos a Y:	Calculado: 16.2	Cumple



Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 62.23 kN Calculado: 50.14 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 43.56 kN Calculado: 5.78 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 62.23 kN Calculado: 58.39 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 64.32 kN Calculado: 47.62 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 400 MPa Calculado: 242.514 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 176 kN Calculado: 5.42 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 275 MPa	
- Derecha:	Calculado: 69.3302 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 69.3302 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 51.2824 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 51.6857 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 16353.4	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 16353.4	Cumple
- Arriba:	Calculado: 21353.4	Cumple
- Abajo:	Calculado: 21617.7	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 180.101 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	71	14.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--	80	14.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	71	14.0	90.00

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)			l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--			80	14.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--			71	14.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--			80	14.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--			71	14.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--			80	14.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = -97): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--			350	14.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = 97): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--			350	14.0	90.00	
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	7			50	16.0	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -83): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 83): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = -97): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 97): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	189.5	328.2	85.05	0.0	0.00	410.0	0.85

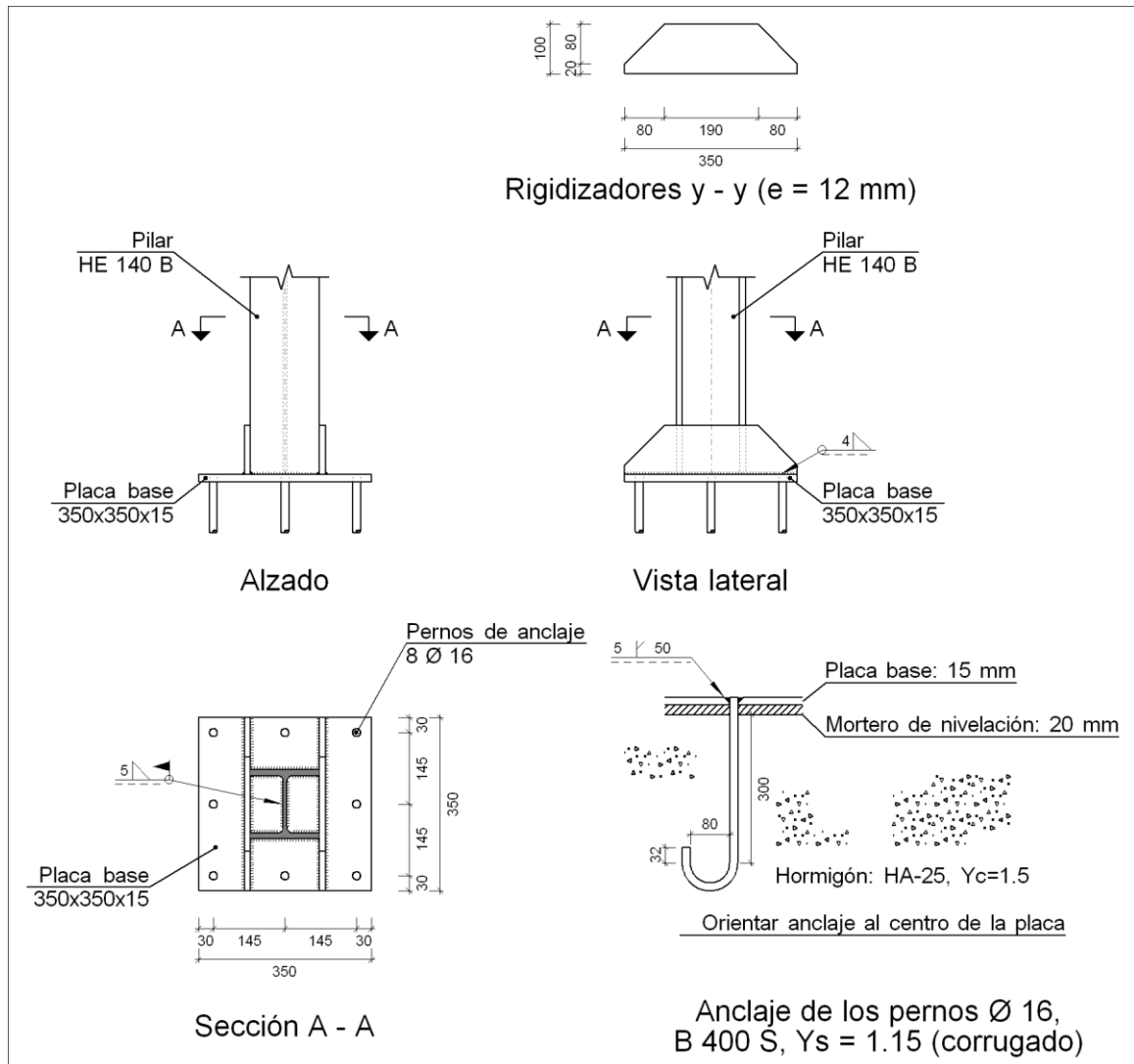
## d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	2072
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	402
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	895

<b>Placas de anclaje</b>				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x20	19.23
	Rigidizadores pasantes	2	350/190x100/20x14	6.29
	Rigidizadores no pasantes	4	71/0x100/20x14	1.87
	Total			27.39
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 16 - L = 406 + 183$	7.43
	Total			7.43

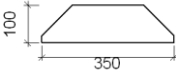
**Tipo 36**

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
Placa base		350	350	15	8	26	18	5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Rigidizador		350	100	12	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

## c) Comprobación

## 1) Pilar HE 140 B

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	682	7.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

## 2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 146 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 20.9	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:	Máximo: 53.34 kN Calculado: 31.64 kN	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Cortante:	Máximo: 37.34 kN Calculado: 2.79 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 53.34 kN Calculado: 35.62 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 64.32 kN Calculado: 29.85 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 400 MPa Calculado: 149.464 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 132 kN Calculado: 2.61 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 275 MPa	
- Derecha:	Calculado: 169.081 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 169.081 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 100.798 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 100.734 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 522.585	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 522.585	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7526.87	Cumple
- Abajo:	Calculado: 7531.76	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 129.856 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = -76): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	350	12.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 76): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	350	12.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	5	50	15.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -76): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = 76): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	198.0	342.9	88.86	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1352
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	5	402
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	682

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x15	14.42
	Rigidizadores pasantes	2	350/190x100/20x12	5.39
	Total			19.81
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 16 - L = 351 + 183$	6.74
	Total			6.74

## 4. Mediciones de los materiales

### 4.1. Estructura metálica

#### 4.1.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E	$\nu$	G	$f_y$	$\alpha_t$	$\gamma$
Tipo	Designación	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(m/m°C)	(kN/m <sup>3</sup> )
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01
Acero conformado	S275	210000.00	0.300	80769.23	275.00	0.000012	77.01

Materiales utilizados							
Material		E	$\nu$	G	$f_v$	$\alpha_t$	$\gamma$
Tipo	Designación	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(m/m°C)	(kN/m <sup>3</sup> )
Notación: <i>E</i> : Módulo de elasticidad <i><math>\nu</math></i> : Módulo de Poisson <i>G</i> : Módulo de cortadura <i><math>f_v</math></i> : Límite elástico <i><math>\alpha_t</math></i> : Coeficiente de dilatación <i><math>\gamma</math></i> : Peso específico							

#### 4.1.2. Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N2, N3/N4, N341/N342 y N343/N344
2	N35/N36, N37/N38, N69/N70, N71/N72, N103/N104, N105/N106, N137/N138, N139/N140, N171/N172, N173/N174, N205/N206, N207/N208, N239/N240, N241/N242, N273/N274, N275/N276, N307/N308 y N309/N310
3	N35/N2, N1/N36, N37/N4, N3/N38, N341/N308, N307/N342, N343/N310 y N309/N344
4	N2/N5, N4/N5, N36/N39, N38/N39, N70/N73, N72/N73, N104/N107, N106/N107, N138/N141, N140/N141, N172/N175, N174/N175, N206/N209, N208/N209, N240/N243, N242/N243, N274/N277, N276/N277, N308/N311, N310/N311, N342/N345 y N344/N345
5	N2/N4, N36/N38, N70/N72, N104/N106, N138/N140, N172/N174, N206/N208, N240/N242, N274/N276, N308/N310 y N342/N344



Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
6	N6/N7, N8/N7, N8/N9, N10/N9, N10/N11, N12/N11, N12/N13, N14/N13, N14/N15, N16/N15, N16/N17, N18/N17, N18/N19, N20/N19, N20/N5, N21/N22, N23/N22, N23/N24, N25/N24, N25/N26, N27/N26, N27/N28, N29/N28, N29/N30, N31/N30, N31/N32, N33/N32, N33/N34, N20/N34, N40/N41, N42/N41, N42/N43, N44/N43, N44/N45, N46/N45, N46/N47, N48/N47, N48/N49, N50/N49, N50/N51, N52/N51, N52/N53, N54/N53, N54/N39, N55/N56, N57/N56, N57/N58, N59/N58, N59/N60, N61/N60, N61/N62, N63/N62, N63/N64, N65/N64, N65/N66, N67/N66, N67/N68, N54/N68, N74/N75, N76/N75, N76/N77, N78/N77, N78/N79, N80/N79, N80/N81, N82/N81, N82/N83, N84/N83, N84/N85, N86/N85, N86/N87, N88/N87, N88/N73, N89/N90, N91/N90, N91/N92, N93/N92, N93/N94, N95/N94, N95/N96, N97/N96, N97/N98, N99/N98, N99/N100, N101/N100, N101/N102, N88/N102, N108/N109, N110/N109, N110/N111, N112/N111, N112/N113, N114/N113, N114/N115, N116/N115, N116/N117, N118/N117, N118/N119, N120/N119, N120/N121, N122/N121, N122/N107, N123/N124, N125/N124, N125/N126, N127/N126, N127/N128, N129/N128, N129/N130, N131/N130, N131/N132, N133/N132, N133/N134, N135/N134, N135/N136, N122/N136, N142/N143, N144/N143, N144/N145, N146/N145, N146/N147, N148/N147, N148/N149, N150/N149, N150/N151, N152/N151, N152/N153, N154/N153, N154/N155, N156/N155, N156/N141, N157/N158, N159/N158, N159/N160, N161/N160, N161/N162, N163/N162, N163/N164, N165/N164, N165/N166, N167/N166, N167/N168, N169/N168, N169/N170, N156/N170, N176/N177, N178/N177, N178/N179, N180/N179, N180/N181, N182/N181, N182/N183, N184/N183, N184/N185, N186/N185, N186/N187, N188/N187, N188/N189, N190/N189, N190/N175, N191/N192, N193/N192, N193/N194, N195/N194, N195/N196, N197/N196, N197/N198, N199/N198, N199/N200, N201/N200, N201/N202, N203/N202, N203/N204, N190/N204, N210/N211, N212/N211, N212/N213, N214/N213, N214/N215, N216/N215, N216/N217, N218/N217, N218/N219, N220/N219, N220/N221, N222/N221, N222/N223, N224/N223, N224/N209, N225/N226, N227/N226, N227/N228, N229/N228, N229/N230, N231/N230, N231/N232, N233/N232, N233/N234, N235/N234, N235/N236, N237/N236, N237/N238, N224/N238, N244/N245, N246/N245, N246/N247, N248/N247, N248/N249, N250/N249, N250/N251, N252/N251, N252/N253, N254/N253, N254/N255, N256/N255, N256/N257, N258/N257, N258/N243, N259/N260, N261/N260, N261/N262, N263/N262, N263/N264, N265/N264, N265/N266, N267/N266, N267/N268, N269/N268, N269/N270, N271/N270, N271/N272, N258/N272, N278/N279, N280/N279, N280/N281, N282/N281, N282/N283, N284/N283, N284/N285, N286/N285, N286/N287, N288/N287, N288/N289, N290/N289, N290/N291, N292/N291, N292/N277, N293/N294, N295/N294, N295/N296, N297/N296, N297/N298, N299/N298, N299/N300, N301/N300, N301/N302, N303/N302, N303/N304, N305/N304, N305/N306, N292/N306, N312/N313, N314/N313, N314/N315, N316/N315, N316/N317, N318/N317, N318/N319, N320/N319, N320/N321, N322/N321, N322/N323, N324/N323, N324/N325, N326/N325, N326/N311, N327/N328, N329/N328, N329/N330, N331/N330, N331/N332, N333/N332, N333/N334, N335/N334, N335/N336, N337/N336, N337/N338, N339/N338, N339/N340, N326/N340, N346/N347, N348/N347, N348/N349, N350/N349, N350/N351, N352/N351, N352/N353, N354/N353, N354/N355, N356/N355, N356/N357, N358/N357, N358/N359, N360/N359, N360/N345, N361/N362, N363/N362, N363/N364, N365/N364, N365/N366, N367/N366, N367/N368, N369/N368, N369/N370, N371/N370, N371/N372, N373/N372, N373/N374 y N360/N374

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm <sup>2</sup> )	Avy (cm <sup>2</sup> )	Avz (cm <sup>2</sup> )	Iyy (cm <sup>4</sup> )	Izz (cm <sup>4</sup> )	It (cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	HE 180 B, (HEB)	65.30	37.80	11.63	3831.00	1363.00	42.16

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm <sup>2</sup> )	Avy (cm <sup>2</sup> )	Avz (cm <sup>2</sup> )	Iyy (cm <sup>4</sup> )	Izz (cm <sup>4</sup> )	It (cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
		2	HE 140 B, (HEB)	43.00	25.20	7.31	1509.00	549.70	20.06
		3	R 12, (R)	1.13	1.02	1.02	0.10	0.10	0.20
Acero conformado	S275	4	160x110x5, (Retangular)	25.34	8.75	12.92	900.03	504.60	1040.06
		5	90x60x6.3, (Retangular)	16.27	5.64	8.79	160.30	83.84	191.50
		6	80x60x3.6, (Retangular)	9.22	3.38	4.58	80.78	51.61	103.37
<p><i>Notación:</i>            Ref.: Referencia            A: Área de la sección transversal            Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'            Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'            Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'            Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'            It: Inercia a torsión            Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.</p>									

### 4.1.3. Mediciones

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Tipo	Designación					
Acero laminado	S275	N1/N2	HE 180 B (HEB)	4.000	0.026	205.04
		N3/N4	HE 180 B (HEB)	4.000	0.026	205.04
		N35/N36	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N37/N38	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N69/N70	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N71/N72	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N103/N104	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N105/N106	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N137/N138	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N139/N140	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N171/N172	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N173/N174	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N205/N206	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N207/N208	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N239/N240	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N241/N242	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N273/N274	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N275/N276	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N307/N308	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N309/N310	HE 140 B (HEB)	4.000	0.017	135.02
		N341/N342	HE 180 B (HEB)	4.000	0.026	205.04
		N343/N344	HE 180 B (HEB)	4.000	0.026	205.04
				N35/N2	R 12 (R)	5.800
		N1/N36	R 12 (R)	5.800	0.001	5.15
		N37/N4	R 12 (R)	5.800	0.001	5.15
		N3/N38	R 12 (R)	5.800	0.001	5.15

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N341/N308	R 12 (R)	5.800	0.001	5.15
		N307/N342	R 12 (R)	5.800	0.001	5.15
		N343/N310	R 12 (R)	5.800	0.001	5.15
		N309/N344	R 12 (R)	5.800	0.001	5.15
Acero conformado	S275	N2/N5	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N4/N5	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N2/N4	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N6/N7	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N8/N7	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N8/N9	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N10/N9	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N10/N11	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N12/N11	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N12/N13	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N14/N13	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N14/N15	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N16/N15	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N16/N17	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N18/N17	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N18/N19	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N20/N19	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N20/N5	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N21/N22	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N23/N22	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N23/N24	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N25/N24	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N25/N26	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N27/N26	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N27/N28	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N29/N28	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N29/N30	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N31/N30	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N31/N32	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N33/N32	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N33/N34	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N20/N34	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N36/N39	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N38/N39	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N36/N38	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N40/N41	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N42/N41	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N42/N43	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N44/N43	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N44/N45	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50

<b>Tabla de medición</b>						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N46/N45	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N46/N47	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N48/N47	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N48/N49	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N50/N49	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N50/N51	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N52/N51	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N52/N53	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N54/N53	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N54/N39	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N55/N56	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N57/N56	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N57/N58	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N59/N58	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N59/N60	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N61/N60	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N61/N62	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N63/N62	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N63/N64	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N65/N64	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N65/N66	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N67/N66	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N67/N68	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N54/N68	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N70/N73	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N72/N73	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N70/N72	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N74/N75	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N76/N75	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N76/N77	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N78/N77	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N78/N79	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N80/N79	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N80/N81	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N82/N81	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N82/N83	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N84/N83	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N84/N85	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N86/N85	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N86/N87	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N88/N87	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N88/N73	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N89/N90	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N91/N90	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N91/N92	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N93/N92	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N93/N94	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N95/N94	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N95/N96	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N97/N96	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N97/N98	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N99/N98	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N99/N100	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N101/N100	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N101/N102	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N88/N102	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N104/N107	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N106/N107	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N104/N106	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N108/N109	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N110/N109	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N110/N111	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N112/N111	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N112/N113	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N114/N113	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N114/N115	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N116/N115	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N116/N117	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N118/N117	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N118/N119	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N120/N119	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N120/N121	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N122/N121	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N122/N107	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N123/N124	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N125/N124	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N125/N126	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N127/N126	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N127/N128	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N129/N128	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N129/N130	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N131/N130	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N131/N132	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N133/N132	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N133/N134	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N135/N134	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N135/N136	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N122/N136	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N138/N141	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N140/N141	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N138/N140	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N142/N143	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N144/N143	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N144/N145	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N146/N145	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N146/N147	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N148/N147	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N148/N149	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N150/N149	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N150/N151	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N152/N151	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N152/N153	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N154/N153	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N154/N155	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N156/N155	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N156/N141	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N157/N158	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N159/N158	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N159/N160	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N161/N160	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N161/N162	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N163/N162	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N163/N164	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N165/N164	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N165/N166	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N167/N166	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N167/N168	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N169/N168	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N169/N170	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N156/N170	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N172/N175	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N174/N175	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N172/N174	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N176/N177	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N178/N177	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N178/N179	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N180/N179	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N180/N181	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N182/N181	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N182/N183	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N184/N183	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N184/N185	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N186/N185	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38



Tabla de medición						
Material		Pieza	Perfil(Serie)	Longitud	Volumen	Peso
Tipo	Designación	(Ni/Nf)		(m)	(m <sup>3</sup> )	(kg)
		N186/N187	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N188/N187	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N188/N189	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N190/N189	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N190/N175	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N191/N192	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N193/N192	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N193/N194	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N195/N194	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N195/N196	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N197/N196	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N197/N198	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N199/N198	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N199/N200	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N201/N200	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N201/N202	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N203/N202	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N203/N204	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N190/N204	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N206/N209	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N208/N209	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N206/N208	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N210/N211	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N212/N211	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N212/N213	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N214/N213	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N214/N215	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N216/N215	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N216/N217	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N218/N217	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N218/N219	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N220/N219	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N220/N221	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N222/N221	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N222/N223	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N224/N223	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N224/N209	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N225/N226	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N227/N226	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N227/N228	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N229/N228	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N229/N230	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N231/N230	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N231/N232	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N233/N232	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N233/N234	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N235/N234	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N235/N236	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N237/N236	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N237/N238	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N224/N238	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N240/N243	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N242/N243	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N240/N242	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N244/N245	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N246/N245	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N246/N247	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N248/N247	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N248/N249	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N250/N249	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N250/N251	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N252/N251	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N252/N253	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N254/N253	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N254/N255	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N256/N255	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N256/N257	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N258/N257	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N258/N243	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N259/N260	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N261/N260	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N261/N262	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N263/N262	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N263/N264	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N265/N264	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N265/N266	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N267/N266	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N267/N268	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N269/N268	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N269/N270	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N271/N270	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N271/N272	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N258/N272	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N274/N277	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N276/N277	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N274/N276	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N278/N279	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N280/N279	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N280/N281	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33



<b>Tabla de medición</b>						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Tipo	Designación					
		N282/N281	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N282/N283	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N284/N283	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N284/N285	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N286/N285	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N286/N287	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N288/N287	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N288/N289	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N290/N289	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N290/N291	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N292/N291	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N292/N277	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N293/N294	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N295/N294	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N295/N296	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N297/N296	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N297/N298	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N299/N298	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N299/N300	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N301/N300	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N301/N302	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N303/N302	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N303/N304	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N305/N304	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N305/N306	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N292/N306	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N308/N311	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N310/N311	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N308/N310	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N312/N313	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N314/N313	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N314/N315	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N316/N315	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N316/N317	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N318/N317	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N318/N319	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N320/N319	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N320/N321	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N322/N321	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N322/N323	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N324/N323	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N324/N325	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N326/N325	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N326/N311	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N327/N328	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17

<b>Tabla de medición</b>						
Material		Pieza	Perfil(Serie)	Longitud	Volumen	Peso
Tipo	Designación	(Ni/Nf)		(m)	(m <sup>3</sup> )	(kg)
		N329/N328	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N329/N330	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N331/N330	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N331/N332	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N333/N332	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N333/N334	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N335/N334	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N335/N336	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N337/N336	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N337/N338	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N339/N338	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N339/N340	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N326/N340	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N342/N345	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N344/N345	160x110x5 (Retangular)	12.836	0.033	255.35
		N342/N344	90x60x6.3 (Retangular)	24.700	0.040	315.40
		N346/N347	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N348/N347	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N348/N349	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N350/N349	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N350/N351	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N352/N351	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N352/N353	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N354/N353	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N354/N355	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N356/N355	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N356/N357	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N358/N357	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N358/N359	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N360/N359	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82
		N360/N345	80x60x3.6 (Retangular)	3.500	0.003	25.33
		N361/N362	80x60x3.6 (Retangular)	0.438	0.000	3.17
		N363/N362	80x60x3.6 (Retangular)	1.605	0.001	11.61
		N363/N364	80x60x3.6 (Retangular)	0.875	0.001	6.33
		N365/N364	80x60x3.6 (Retangular)	1.774	0.002	12.84
		N365/N366	80x60x3.6 (Retangular)	1.313	0.001	9.50
		N367/N366	80x60x3.6 (Retangular)	2.026	0.002	14.67
		N367/N368	80x60x3.6 (Retangular)	1.750	0.002	12.67
		N369/N368	80x60x3.6 (Retangular)	2.334	0.002	16.89
		N369/N370	80x60x3.6 (Retangular)	2.188	0.002	15.83
		N371/N370	80x60x3.6 (Retangular)	2.677	0.002	19.38
		N371/N372	80x60x3.6 (Retangular)	2.625	0.002	19.00
		N373/N372	80x60x3.6 (Retangular)	3.045	0.003	22.04
		N373/N374	80x60x3.6 (Retangular)	3.063	0.003	22.17
		N360/N374	80x60x3.6 (Retangular)	3.430	0.003	24.82

Tabla de medición						
Material		Pieza	Perfil(Serie)	Longitud	Volumen	Peso
Tipo	Designación	(Ni/Nf)				
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final						

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m <sup>3</sup> )	Serie (m <sup>3</sup> )	Material (m <sup>3</sup> )	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	HEB	HE 180 B	16.000	88.000		0.104	0.414	0.419	820.17	3250.53	
			HE 140 B	72.000			0.310			2430.36		
		R	R 12	46.400			0.005			41.19		
Acero conformado	S275	Rectangular	160x110x5	282.400	1233.706	1233.706	0.716	1.784	1.784	5617.72	14005.86	14005.86
			90x60x6.3	271.700			0.442			3469.35		
			80x60x3.6	679.605			0.627			4918.79		

## 4.2. Cimentación

### 4.2.1. Zapatas

#### Descripción

Referencias	Material	Geometría	Armado
N1, N3, N35, N37, N69, N71, N103, N105, N137, N139, N171, N173, N205, N207, N239, N241, N273, N275, N307, N309, N341 y N343	Hormigón: HA-25, Yc=1.5 Acero: B 400 S, Ys=1.1 Tensión admisible en situaciones persistentes: 0.300 MPa Tensión admisible en situaciones accidentales: 0.450 MPa	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 122.5 cm Ancho inicial Y: 122.5 cm Ancho final X: 122.5 cm Ancho final Y: 122.5 cm Ancho zapata X: 245.0 cm Ancho zapata Y: 245.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 12Ø12c/20 Sup Y: 12Ø12c/20 Inf X: 12Ø12c/20 Inf Y: 12Ø12c/20

**Medición**

Referencias: N1, N3, N35, N37, N69, N71, N103, N105, N137, N139, N171, N173, N205, N207, N239, N241, N273, N275, N307, N309, N341 y N343		B 400 S, Ys=1.1	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	12x2.35 12x2.09	28.20 25.04
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	12x2.35 12x2.09	28.20 25.04
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	12x2.35 12x2.09	28.20 25.04
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	12x2.35 12x2.09	28.20 25.04
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	112.80 100.16	100.1 6
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	124.08 110.18	110.1 8

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, Ys=1.1 (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø12	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N1, N3, N35, N37, N69, N71, N103, N105, N137, N139, N171, N173, N205, N207, N239, N241, N273, N275, N307, N309, N341 y N343	22x110.18	22x3.30	22x0.60
Totales	2423.96	72.63	13.21

**4.2.2. Vigas de atado****Descripción**

Referencias	Geometría	Armado
C.1 [N309-N275], C.1 [N35-N1], C.1 [N173-N139], C.1 [N207-N173], C.1 [N37-N3], C.1 [N341-N307], C.1 [N205-N171], C.1 [N137-N103], C.1 [N69-N35], C.1 [N307-N273], C.1 [N343-N309], C.1 [N241-N207], C.1 [N103-N69], C.1 [N71-N37], C.1 [N139-N105], C.1 [N275-N241], C.1 [N273-N239], C.1 [N171-N137], C.1 [N239-N205] y C.1 [N105-N71]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

**Medición**

Referencias: C.1 [N309-N275], C.1 [N35-N1], C.1 [N173-N139], C.1 [N207-N173], C.1 [N37-N3], C.1 [N341-N307], C.1 [N205-N171], C.1 [N137-N103], C.1 [N69-N35], C.1 [N307-N273], C.1 [N343-N309], C.1 [N241-N207], C.1 [N103-N69], C.1 [N71-N37], C.1 [N139-N105], C.1 [N275-N241], C.1 [N273-N239], C.1 [N171-N137], C.1 [N239-N205] y C.1 [N105-N71]		B 400 S, Ys=1.1		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x4.5 0 2x4.0 0	9.00 7.99

Referencias: C.1 [N309-N275], C.1 [N35-N1], C.1 [N173-N139], C.1 [N207-N173], C.1 [N37-N3], C.1 [N341-N307], C.1 [N205-N171], C.1 [N137-N103], C.1 [N69-N35], C.1 [N307-N273], C.1 [N343-N309], C.1 [N241-N207], C.1 [N103-N69], C.1 [N71-N37], C.1 [N139-N105], C.1 [N275-N241], C.1 [N273-N239], C.1 [N171-N137], C.1 [N239-N205] y C.1 [N105-N71]		B 400 S, Ys=1.1		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x4.5 0 2x4.0 0	9.00 7.99
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	7x1.3 3 7x0.5 2		9.31 3.67
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	9.31 3.67	18.00 15.98	19.6 5
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	10.24 4.04	19.80 17.58	21.6 2

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, Ys=1.1 (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø8	Ø12	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: C.1 [N309-N275], C.1 [N35-N1], C.1 [N173-N139], C.1 [N207-N173], C.1 [N37-N3], C.1 [N341-N307], C.1 [N205-N171], C.1 [N137-N103], C.1 [N69-N35], C.1 [N307-N273], C.1 [N343-N309], C.1 [N241-N207], C.1 [N103-N69], C.1 [N71-N37], C.1 [N139-N105], C.1 [N275-N241], C.1 [N273-N239], C.1 [N171-N137], C.1 [N239-N205] y C.1 [N105-N71]	20x4.0 4	20x17.5 8	432.4 0	20x0.28	20x0.0 7
Totales	80.80	351.60	432.4 0	5.60	1.40

### 4.3. Placas de anclaje

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	32624
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	5	7238
			7	1608
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	12276
			6	3580

<b>Placas de anclaje</b>				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	18	350x350x15	259.64
		4	350x350x20	76.93
	Rigidizadores pasantes	36	350/190x100/20x12	96.99
		8	350/190x100/20x14	25.15
	Rigidizadores no pasantes	16	71/0x100/20x14	7.49
	Total			
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	32	Ø 16 - L = 406 + 183	29.74
		144	Ø 16 - L = 351 + 183	121.32
	Total			

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# III. Pliego de Condiciones

---



**Índice**

CAPÍTULO I: DISPOSICIONES GENERALES .....	6
Artículo 1.- OBRAS OBJETO DEL PRESENTE PROYECTO.....	6
Artículo 2.- OBRAS ACCESORIAS NO ESPECIFICADAS EN EL PLIEGO.....	6
Artículo 3.- DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS.....	7
Artículo 4.- COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS.	7
Artículo 5.- DIRECTOR DE LA OBRA.....	7
Artículo 6.- DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA.....	7
CAPÍTULO II: CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA .....	8
Artículo 7.- REPLANTEO. ....	8
Artículo 8.- DEMOLICIONES.....	8
Artículo 9.- MOVIMIENTO DE TIERRAS. ....	8
Artículo 10.- RED HORIZONTAL DE SANEAMIENTO. ....	9
Artículo 11.- CIMENTACIONES.....	9
Artículo 12.- HORMIGONES.....	9
Artículo 13.- ACERO LAMINADO. ....	10
Artículo 14.- CUBIERTAS Y COBERTURAS.....	10
Artículo 15.- ALBAÑILERÍA.....	11
Artículo 16.- CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA.....	12
Artículo 17.- AISLAMIENTOS.....	12
Artículo 18.- RED VERTICAL DE SANEAMIENTO .....	12
Artículo 19.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	13
Artículo 20.- INSTALACIONES DE FONTANERÍA. ....	13
Artículo 21.- INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN.....	13
Artículo 22.- INSTALACIONES DE PROTECCIÓN. ....	14
Artículo 23.- OBRAS O INSTALACIONES NO ESPECIFICADAS.....	14
CAPÍTULO III: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA .....	15

Epígrafe I.- OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA.....	15
Artículo 24.- REMISIÓN DE SOLICITUD DE OFERTAS.....	15
Artículo 25.- RESIDENCIA DEL CONTRATISTA. ....	15
Artículo 26.- RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DEL DIRECTOR. .....	15
Artículo 27.- DESPIDO POR INSUBORDINACIÓN, INCAPACIDAD Y MALA FE. ....	16
Artículo 28.- COPIA DE DOCUMENTOS. ....	16
Epígrafe II.- TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES.....	16
Artículo 39.- LIBRO DE ÓRDENES.....	16
Artículo 31.- COMIENZO DE LOS TRABAJOS Y PLAZO DE EJECUCIÓN. .	16
Artículo 31.- CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....	17
Artículo 32.- TRABAJOS DEFECTUOSOS.....	17
Artículo 33.- OBRAS Y VICIOS OCULTOS. ....	17
Artículo 34.- MATERIALES NO UTILIZABLES O DEFECTUOSOS.....	18
Artículo 35.- MEDIOS AUXILIARES. ....	18
Epígrafe III.- RECEPCIONES Y LIQUIDACIÓN.....	19
Artículo 36.- RECEPCIONES PROVISIONALES. ....	19
Artículo 37.- PLAZO DE GARANTÍA. ....	19
Artículo 38.- CONSERVACIÓN DE LOS TRABAJOS RECIBIDOS PROVISIONALMENTE.....	19
Artículo 39.- RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	20
Artículo 40.- LIQUIDACIÓN FINAL. ....	20
Artículo 41.- LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN. ....	21
Epígrafe IV.- FACULTADES DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS.....	21
Artículo 42.- FACULTADES DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS. ....	21
CAPÍTULO IV: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA .....	22

Epígrafe I.- BASE FUNDAMENTAL. ....	22
Artículo 43.- BASE FUNDAMENTAL. ....	22
Epígrafe II.- GARANTÍAS DE CUMPLIMIENTO Y FINANZAS. ....	22
Artículo 44.- GARANTÍAS. ....	22
Artículo 45.- FIANZAS. ....	22
Artículo 46.- EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA. .....	22
Artículo 47.- DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA. ....	22
Epígrafe III.- PRECIOS Y REVISIONES. ....	23
Artículo 48.- PRECIOS CONTRADICTORIOS. ....	23
Artículo 49.- RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS. ....	23
Artículo 50.- REVISIÓN DE PRECIOS. ....	24
Artículo 51.- ELEMENTOS COMPRENDIDOS EN EL PRESUPUESTO. ....	25
Epígrafe IV.- VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS. ....	25
Artículo 52.- VALORACIÓN DE LA OBRA. ....	25
Artículo 53.- MEDICIONES PARCIALES Y FINALES. ....	26
Artículo 54.- EQUIVOCACIONES EN EL PRESUPUESTO. ....	26
Artículo 55.- VALORACIÓN DE OBRAS INCOMPLETAS. ....	26
Artículo 56.- CARÁCTER PROVISIONAL DE LAS LIQUIDACIONES PARCIALES. ....	26
Artículo 57.- PAGOS. ....	27
Artículo 58.- SUSPENSIÓN POR RETRASO DE PAGOS. ....	27
Artículo 59.- INDEMNIZACIÓN POR RETRASO DE LOS TRABAJOS. ....	27
Artículo 60.- INDEMNIZACIÓN POR DAÑOS DE CAUSA MAYOR AL CONTRATISTA. ....	27
Epígrafe V.- VARIOS .....	28
Artículo 61.- MEJORAS DE OBRAS. ....	28
Artículo 62.- SEGURO DE LOS TRABAJOS. ....	28

CAPÍTULO V: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL .....	29
Artículo 63.- JURISDICCIÓN. ....	29
Artículo 64.- ACCIDENTES DE TRABAJO Y DAÑOS A TERCEROS. ....	29
Artículo 65.- PAGO DE ARBITRIOS. ....	30
Artículo 66.- CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO. ....	30

**PROYECTO: PROYECTO TÉCNICO DE EDIFICIO INDUSTRIAL DESTINADO A SALA DE DESPIECE Y PREPARACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS APTOS PARA SU VENTA Y DISTRIBUCIÓN.**

**EMPLAZAMIENTO: POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR. CALLE ALCALDE ÁNGEL IZARD Nº 8. BÉJAR. (SALAMANCA).**

**PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR (USAL) AVDA/ FERNANDO BALLESTEROS Nº2, 37700 BÉJAR. (SALAMANCA).**

## **CAPÍTULO I: DISPOSICIONES GENERALES**

### **Artículo 1.- OBRAS OBJETO DEL PRESENTE PROYECTO.**

Se considerarán sujetas a las condiciones de este Pliego, todas las obras cuyas características, planos y presupuestos, se adjuntan en las partes correspondientes del presente Proyecto, así como todas las obras necesarias para dejar completamente terminados los edificios e instalaciones con arreglo a los planos y documentos adjuntos.

Se entiende por obras accesorias aquellas que, por su naturaleza, no pueden ser previstas en todos sus detalles, sino a medida que avanza la ejecución de los trabajos.

Las obras accesorias se construirán según se vaya conociendo su necesidad. Cuando su importancia lo exija se construirán en base a los proyectos adicionales que se redacten. En los casos de menor importancia se llevarán a cabo conforme a la propuesta que formule el Ingeniero Director de Obra.

### **Artículo 2.- OBRAS ACCESORIAS NO ESPECIFICADAS EN EL PLIEGO.**

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de obras o instalaciones que no se encuentren descritas en este Pliego de Condiciones, el Adjudicatario estará obligado a realizarlas con estricta sujeción a las órdenes que, al efecto, reciba del Ingeniero Director de Obra y, en cualquier caso, con arreglo a las reglas del buen arte constructivo.

El Ingeniero Director de Obra tendrá plenas atribuciones para sancionar la idoneidad de los sistemas empleados, los cuales estarán expuestos para su aprobación de forma que, a su juicio, las obras o instalaciones que resulten defectuosas total o

parcialmente, deberán ser demolidas, desmontadas o recibidas en su totalidad o en parte, sin que ello dé derecho a ningún tipo de reclamación por parte del Adjudicatario.

#### **Artículo 3.- DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS.**

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entregue al Contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

Son documentos contractuales los Planos, Pliego de Condiciones, Cuadros de Precios y Presupuestos Parcial y Total, que se incluyen en el presente Proyecto.

Los datos incluidos en la Memoria y Anejos, así como la justificación de precios tienen carácter meramente informativo.

Cualquier cambio en el planteamiento de la Obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento de la Dirección Técnica para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

#### **Artículo 4.- COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS.**

En caso de contradicción entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último documento. Lo mencionado en los planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

#### **Artículo 5.- DIRECTOR DE LA OBRA.**

La propiedad nombrará en su representación a un Técnico, en quien recaerán las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente Proyecto. El Contratista proporcionará toda clase de facilidades para que el Ingeniero Director, o sus subalternos, puedan llevar a cabo su trabajo con el máximo de eficacia.

No será responsable ante la propiedad de la tardanza de los Organismos competentes en la tramitación del Proyecto. La tramitación es ajena al Ingeniero Director, quien una vez conseguidos todos los permisos, dará la orden de comenzar la obra.

#### **Artículo 6.- DISPOSICIONES A TENER EN CUENTA.**

- Ley vigente para contratación de obras públicas.
- Código Técnico de la Edificación. (CTE)

- Instrucción EHE vigente para hormigón estructural.
- Reglamento Electrotécnico de Alta y Baja Tensión y Normas MIBT complementarias.
- Reglamento sobre recipientes y aparatos a presión.

## **CAPÍTULO II: CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA**

### **Artículo 7.- REPLANTEO.**

Antes de dar comienzo las obras, el Ingeniero Director auxiliado del personal subalterno necesario y en presencia del Contratista o de su representante, procederá al replanteo general de la obra. Una vez finalizado el mismo se levantará acta de comprobación del replanteo.

Los replanteos de detalle se llevarán a cabo de acuerdo con las instrucciones y órdenes del Ingeniero Director de la Obra, quien realizará las comprobaciones necesarias en presencia del Contratista o de su representante.

El Contratista se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo.

### **Artículo 8.- DEMOLICIONES.**

Se refiere el presente artículo a las condiciones relativas a la progresiva demolición, elemento a elemento, desde la cubierta hasta la cimentación de edificios que no presenten síntomas de ruina inminente. comprende también la demolición por empuje de edificios o restos de edificios de poca altura, así como criterios de demolición por colapso.

Se adoptará lo prescrito en el CTE .

### **Artículo 9.- MOVIMIENTO DE TIERRAS.**

Se refiere el presente artículo a los desmontes y terraplenes para dar al terreno la rasante de explanación, la excavación a cielo abierto realizada con medios manuales y/o mecánicos y a la excavación de zanjas y pozos.

Se adoptan las condiciones generales de seguridad en el trabajo así como las condiciones relativas a los materiales, control de la ejecución, valoración y mantenimiento que especifican las normas:

- CTE.
- NTE-AD "Acondicionamiento del terreno. Desmontes"
- NTE-ADE "Explicaciones"
- NTE-ADV "Vaciados"
- NTE-ADZ "Zanjas y pozos"

#### **Artículo 10.- RED HORIZONTAL DE SANEAMIENTO.**

Contempla el presente artículo las condiciones relativas a los diferentes aspectos relacionados con los sistemas de captación y conducción de aguas del subsuelo para protección de la obra contra la humedad. Se adoptan las condiciones generales de ejecución y seguridad en el trabajo, condiciones relativas a los materiales y equipos de origen industrial, control de la ejecución, criterios relativos a la prueba de servicio, criterios de valoración y normas para el mantenimiento del terreno, establecidas en el CTE DB-HS y en NTE "Saneamientos, Drenajes y Arenamientos."

#### **Artículo 11.- CIMENTACIONES.**

Las secciones y cotas de profundidad serán las que el Ingeniero Director señale, con independencia de lo señalado en el Proyecto, que tienen carácter meramente informativo. No se rellenarán los cimientos hasta que lo ordene el Director.

El Ingeniero Director queda facultado para introducir las cimentaciones especiales o modificaciones que juzgue oportuno en función de las características particulares que presente el terreno.

Se adoptan las condiciones relativas a materiales, control, valoración, mantenimiento y seguridad especificados en las normas:

- CTE. DB-SE-Cimientos.
- NTE-CSZ "Cimentaciones superficiales. Zapatas".
- NTE-CSC "Cimentaciones superficiales corridas".
- NTE-CSL "Cimentaciones superficiales. Losas".

#### **Artículo 12.- HORMIGONES.**

Se refiere el presente artículo a las condiciones relativas a los materiales y equipos de origen industrial relacionados con la ejecución de las obras de hormigón en masa o armado o pretensado fabricados en obra o prefabricados, así como las condiciones generales de ejecución, criterios de medición, valoración y mantenimiento.



Regirá lo prescrito en la Instrucción EHE para las obras de hormigón estructural. Asimismo se adopta lo establecido en las normas NTE-EH "Estructuras de hormigón", y NTEEME "Estructuras de madera. Encofrados".

Las características mecánicas de los materiales y dosificaciones y niveles de control son las que se fijan en los planos del presente proyecto.

#### **Artículo 13.- ACERO LAMINADO.**

Se establecen en el presente artículo las condiciones relativas a los materiales y equipos industriales relacionados con los aceros laminados utilizados en las estructuras de edificación, tanto en sus elementos estructurales, como en sus elementos de unión. Asimismo se fijan las condiciones relativas a la ejecución, seguridad en el trabajo, control de la ejecución, valoración y mantenimiento.

Se adopta lo establecido en las normas:

- CTE DB-SE-EA
- CTE DB-SE

#### **Artículo 14.- CUBIERTAS Y COBERTURAS.**

Se refiere el presente artículo a la cobertura de edificios con placas, tejas o plaquetas de fibrocemento, chapas finas o paneles formados por doble hoja de chapa con interposición de aislamiento de acero galvanizado, chapas de aleaciones ligeras, piezas de pizarra, placas de poliéster reforzado, cloruro de polivinilo rígido o polimetacrilato de metilo, tejas cerámicas o de cemento o chapas lisas de zinc, en el que el propio elemento proporciona la estanqueidad. Asimismo se regulan las azoteas y los lucernarios.

Las condiciones funcionales y de calidad relativa a los materiales y equipos de origen industrial y control de la ejecución, condiciones generales de ejecución y seguridad en el trabajo, así como los criterios de valoración y mantenimiento son los especificados en las siguientes normas:

- CTE.
- NTE-QTF: "Cubiertas. Tejados de fibrocemento".
- NTE-QTG: "Cubiertas. Tejados galvanizados".
- NTE-QTL: "Cubiertas. Tejados de aleaciones ligeras".

- NTE-QTP: "Cubiertas. Tejados de pizarra".
- NTE-QTS: "Cubiertas tejados sintéticos".
- NTE-QTT: "Cubiertas. Tejados de tejas".
- NTE-QTZ: "Cubiertas. Tejados de zinc".
- NTE-QAA: "Cubiertas. Azoteas ajardinadas".
- NTE-QAN: "Cubiertas. Azoteas no transitables".
- NTE-QAT: "Cubiertas. Azoteas transitables".
- NTE-QLC: "Cubiertas. Lucernarios. Claraboyas".
- NTE-QLH: "Cubiertas. Lucernarios de hormigón translúcido".
- -NBE-MV-301/1.970 sobre impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos (Modificada por RD 2.085/86 de 12 de Septiembre).

#### **Artículo 15.- ALBAÑILERÍA.**

Se refiere el presente artículo a la fábrica de bloques de hormigón, ladrillo o piedra, a tabiques de ladrillo o prefabricados y revestimientos de paramentos, suelos, escaleras y techos.

Las condiciones de funcionalidad y calidad relativa a los materiales y equipos de origen industrial, control de ejecución y seguridad en el trabajo, así como los criterios de valoración y mantenimiento son los que especifican las normas:

- CTE-DB-SE-F
- NTE-FFB: "Fachadas de bloque".
- NTE-FFL: "Fachadas de ladrillo".
- NTE-EFB: "Estructuras de fábrica de bloque".
- NTE-EFL: "Estructuras de fábrica de ladrillo".
- NTE-EFP: "Estructuras de fábrica de piedra".
- NTE-RPA: "Revestimiento de paramentos. Alicatados".
- NTE-RPE: "Revestimiento de paramentos. Enfoscado".
- NTE-RPG: "Revestimiento de paramentos. Guarnecidos y enlucidos".
- NTE-RPP: "Revestimiento de paramentos. Pinturas".
- NTE-RPR: "Revestimiento de paramentos. Revocos".
- NTE-RSC: "Revestimiento de suelos continuos".
- NTE-RSF: "Revestimiento de suelos flexibles".
- NTE-RSS: "Revestimiento de suelos y escaleras. Soleras".

- NTE-RST: "Revestimiento de suelos y escaleras. Terrazas".
- NTE-RSP: "Revestimiento de suelos y escaleras. Placas".
- NTE-RTC: "Revestimiento de techos continuos".
- NTE-PTL: "Tabiques de ladrillo".
- NTE-PTP: "Tabiques prefabricados".

#### **Artículo 16.- CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA.**

Se refiere el presente artículo a las condiciones de funcionalidad y calidad que han de reunir los materiales y equipos industriales relacionados con la ejecución y montaje de puertas, ventanas y demás elementos utilizados en particiones y accesos interiores.

Asimismo, regula el presente artículo las condiciones de ejecución, medición, valoración y criterios de mantenimiento.

Se adoptará lo establecido en las normas NTE-PPA "Puertas de acero", NTE-PPM "Puertas de madera", NTE-PPV "Puertas de vidrio", NTE-PMA "Mamparas de madera", NTE-PML "Mamparas de aleaciones ligeras".

#### **Artículo 17.- AISLAMIENTOS.**

Los materiales a emplear y ejecución de la instalación de aislamiento estarán de acuerdo con lo prescrito en el CTE sobre condiciones térmicas de los edificios que en su anexo nº5 establece las condiciones de los materiales empleados para el aislamiento térmico así como control, recepción y ensayos de dichos materiales, y en el anexo nº6 establece diferentes recomendaciones para la ejecución de este tipo de instalaciones.

La medición y valoración de la instalación de aislamiento se llevará a cabo en la forma prevista en el presente proyecto.

#### **Artículo 18.- RED VERTICAL DE SANEAMIENTO.**

Se refiere el presente artículo a la red de evacuación de aguas pluviales y residuos desde los puntos donde se recogen, hasta la acometida de la red de alcantarillado, fosa aséptica, pozo de filtración o equipo de depuración, así como a estos medios de evacuación.

Las condiciones de ejecución, condiciones funcionales de los materiales y equipos industriales, control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento son las establecidas en las normas:

- CTE DB HS
- NTE-ISS: "Instalaciones de salubridad y saneamiento".
- NTE-ISD: "Depuración y vertido".

#### **Artículo 19.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

Los materiales y ejecución de la instalación eléctrica cumplirán lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Alta y Baja Tensión y Normas MIBT complementarias.

#### **Artículo 20.- INSTALACIONES DE FONTANERÍA.**

Regula el presente artículo las condiciones relativas a la ejecución, materiales y equipos industriales, control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento de las instalaciones de abastecimiento y distribución de agua.

Se adopta lo establecido en las normas:

- CTE DB HS
- NTE-IFA: "Instalaciones de fontanería".
- NTE-IFC: "Instalaciones de fontanería. Agua caliente".
- NTE-IFF: "Instalaciones de fontanería. Agua fría".

#### **Artículo 21.- INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN.**

Se refiere el presente artículo a las instalaciones de ventilación, refrigeración y calefacción. Se adoptan las condiciones relativas a funcionalidad y calidad de materiales, ejecución, control, seguridad en el trabajo, pruebas de servicio, medición, valoración y mantenimiento, establecidas en las normas:

- Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas e Instrucciones MIIF complementarias.
- Reglamentos vigentes sobre recipientes a presión y aparatos a presión.
- NTE-ICI: "Instalaciones de climatización industrial".
- NTE-ICT: "Instalaciones de climatización-torres de refrigeración".

- NTE-ID: "Instalaciones de depósitos".
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (R.D. 1618/198 de 4 de Julio).
- NTE-ISV: "Ventilación".

**Artículo 22.- INSTALACIONES DE PROTECCIÓN.**

Se refiere el presente artículo a las condiciones de ejecución, de los materiales de control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento, relativas a las instalaciones de protección contra fuegos y rayos.

Se cumplirá lo prescrito en la norma CTE-DB-SI sobre condiciones de protección contra incendios. Se adoptará lo establecido en el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales.

Para la protección frente al rayo se aplicará el CTE-DB-SU.

**Artículo 23.- OBRAS O INSTALACIONES NO ESPECIFICADAS.**

Si en el transcurso de los trabajos fuera necesario ejecutar alguna clase de obra no regulada en el presente Pliego de Condiciones, el Contratista queda obligado a ejecutarla con arreglo a las instrucciones que reciba del Ingeniero Director quien, a su vez, cumplirá la normativa vigente sobre el particular. El Contratista no tendrá derecho a reclamación alguna.

## **CAPÍTULO III: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

### **Epígrafe I.- OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA.**

#### **Artículo 24.- REMISIÓN DE SOLICITUD DE OFERTAS.**

Por la Dirección Técnica se solicitarán ofertas a las Empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones especificadas en el presente Proyecto para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado Proyecto o un extracto con los datos suficientes. En el caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación.

El plazo máximo fijado para la recepción de las ofertas será de un mes.

#### **Artículo 25.- RESIDENCIA DEL CONTRATISTA.**

Desde que se dé principio a las obras hasta su recepción definitiva, el Contratista o un representante suyo autorizado deberá residir en un punto próximo al de ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento del Ingeniero Director y notificándole expresamente, la persona que, durante su ausencia le ha de representar en todas sus funciones. Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados u operarios de cualquier ramo que, como dependientes de la Contrata, intervengan en las obras y, en ausencia de ellos, las depositadas en la residencia, designada como oficial, de la Contrata en los documentos del proyecto, aún en ausencia o negativa de recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

#### **Artículo 26.- RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DEL DIRECTOR.**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes emanadas del Ingeniero Director, sólo podrá presentarlas a través del mismo ante la propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes; contra disposiciones de orden técnico o facultativo del Ingeniero Director, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estimara oportuno, mediante exposición razonada, dirigida al Ingeniero Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que, en todo caso, será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

**Artículo 27.- DESPIDO POR INSUBORDINACIÓN, INCAPACIDAD Y MALA FE.**

Por falta del cumplimiento de las instrucciones del Ingeniero Director o sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las obras; por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el Contratista tendrá obligación de sustituir a sus dependientes y operarios, cuando el Ingeniero Director lo reclame.

**Artículo 28.- COPIA DE DOCUMENTOS.**

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los Pliegos de Condiciones, presupuestos y demás documentos de la contrata. El Ingeniero Director de Obra, si el Contratista solicita éstos, autorizará las copias después de contratadas las obras.

**Epígrafe II.- TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES.**

**Artículo 39.- LIBRO DE ÓRDENES.**

En la casilla y oficina de la obra, tendrá el Contratista el Libro de Órdenes, en el que se anotarán las que el Ingeniero Director de Obra precise dar en el transcurso de la obra.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho Libro es tan obligatorio para el Contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

**Artículo 31.- COMIENZO DE LOS TRABAJOS Y PLAZO DE EJECUCIÓN.**

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero Director del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación; previamente se habrá suscrito el acta de replanteo en las condiciones establecidas en el artículo 7.

El Adjudicatario comenzará las obras dentro del plazo de 15 días desde la fecha de adjudicación. Dará cuenta al Ingeniero Director, mediante oficio, del día que se propone iniciar los trabajos, debiendo éste dar acuse de recibo.

Las obras quedarán terminadas dentro del plazo de un año.

El Contratista está obligado al cumplimiento de todo cuanto se dispone en la Reglamentación Oficial del Trabajo.

**Artículo 31.- CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.**

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales de Índole Técnica" del "Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación" y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el Ingeniero Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

**Artículo 32.- TRABAJOS DEFECTUOSOS.**

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o de los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la Contrata. Si ésta no estimase justa la resolución y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se procederá de acuerdo con lo establecido en el artículo 35.

**Artículo 33.- OBRAS Y VICIOS OCULTOS.**

Si el Ingeniero Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos de la demolición y de la reconstrucción que se ocasionen, serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente; en caso contrario, correrán a cargo del propietario.



**Artículo 34.- MATERIALES NO UTILIZABLES O DEFECTUOSOS.**

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos sin que antes sean examinados y aceptados por el Ingeniero Director, en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones, vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicados serán a cargo del Contratista.

Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Ingeniero Director dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas en los Pliegos o, a falta de éstos, a las órdenes del Ingeniero Director.

**Artículo 35.- MEDIOS AUXILIARES.**

Es obligación de la Contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras aún cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero Director y dentro de los límites de posibilidad que los presupuestos determinen para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista, los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo por tanto, al Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Serán asimismo de cuenta del Contratista, los medios auxiliares de protección y señalización de la obra, tales como vallado, elementos de protección provisionales, señales de tráfico adecuadas, señales luminosas nocturnas, etc. y todas las necesarias para evitar accidentes previsibles en función del estado de la obra y de acuerdo con la legislación vigente.

### **Epígrafe III.- RECEPCIONES Y LIQUIDACIÓN.**

#### **Artículo 36.- RECEPCIONES PROVISIONALES.**

Para proceder a la recepción provisional de las obras será necesaria la asistencia del Propietario, del Ingeniero Director de Obra y del Contratista o su representante debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por percibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía, que se considerará de tres meses.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que el Ingeniero Director debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Después de realizar un escrupuloso reconocimiento y si la obra estuviese conforme con las condiciones de este Pliego, se levantará un acta por duplicado, a la que acompañarán los documentos justificantes de la liquidación final. Una de las actas quedará en poder de la propiedad y la otra se entregará al Contratista.

#### **Artículo 37.- PLAZO DE GARANTÍA.**

Desde la fecha en que la recepción provisional quede hecha, comienza a contarse el plazo de garantía que será de un año. Durante este período, el Contratista se hará cargo de todas aquellas reparaciones de desperfectos imputables a defectos y vicios ocultos.

#### **Artículo 38.- CONSERVACIÓN DE LOS TRABAJOS RECIBIDOS PROVISIONALMENTE.**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuere menester para su buena conservación, abonándose todo aquello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuere preciso realizar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y reparar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

El Contratista se obliga a destinar a su costa a un vigilante de las obras que prestará su servicio de acuerdo con las órdenes recibidas de la Dirección Facultativa.

#### **Artículo 39.- RECEPCIÓN DEFINITIVA.**

Terminado el plazo de garantía, se verificará la recepción definitiva con las mismas condiciones que la provisional, y si las obras están bien conservadas y en perfectas condiciones, el Contratista quedará revelado de toda responsabilidad económica; en caso contrario se retrasará la recepción definitiva hasta que, a juicio del Ingeniero Director de Obra, y dentro del plazo que se marque, queden las obras del modo y forma que se determinan en este Pliego.

Si el nuevo reconocimiento resultase que el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la contrata con pérdida de la fianza, a no ser que la Propiedad crea conveniente conceder un nuevo plazo.

#### **Artículo 40.- LIQUIDACIÓN FINAL.**

Terminadas las obras, se procederá a la liquidación fijada, que incluirá el importe de las unidades de obra realizadas y las que constituyen modificaciones del Proyecto, siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección Técnica con sus precios. De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizados por escrito a la Entidad propietaria con el visto bueno del Ingeniero Director.

**Artículo 41.- LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN.**

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatario, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de rescisión.

**Epígrafe IV.- FACULTADES DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS.**

**Artículo 42.- FACULTADES DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS.**

Además de todas las facultades particulares, que corresponden al Ingeniero Director, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen bien por sí o por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, incluso en todo lo no previsto específicamente en el "Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación", sobre las personas y cosas situadas en la obra y en relación con los trabajos que para la ejecución de los edificios y obras anejas se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar al Contratista, si considera que el adoptar esta resolución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

## **CAPÍTULO IV: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

### **Epígrafe I.- BASE FUNDAMENTAL.**

#### **Artículo 43.- BASE FUNDAMENTAL.**

Como base fundamental de estas "Condiciones Generales de Índole Económica", se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones Generales y Particulares que rijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.

### **Epígrafe II.- GARANTÍAS DE CUMPLIMIENTO Y FINANZAS.**

#### **Artículo 44.- GARANTÍAS.**

El Ingeniero Director podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si éste reúne las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del Contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato.

#### **Artículo 45.- FIANZAS.**

Se podrá exigir al Contratista, para que responda del cumplimiento de lo contratado, una fianza del 10% del presupuesto de las obras adjudicadas.

#### **Artículo 46.- EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA.**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

#### **Artículo 47.- DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA.**

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de certificado del Alcalde del Distrito Municipal en cuyo término se halla emplazada la obra contratada, que no existe reclamación

alguna contra él por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

### **Epígrafe III.- PRECIOS Y REVISIONES.**

#### **Artículo 48.- PRECIOS CONTRADICTORIOS.**

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma:

El Adjudicatario formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad.

La Dirección Técnica estudiará el que, según su criterio, deba utilizarse.

Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección Técnica el Acta de Avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio.

Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, el Sr. Director propondrá a la propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Adjudicatario o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada por administración o por otro adjudicatario distinto.

La fijación del precio contradictorio habrá de proceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo ya se hubiese comenzado, el Adjudicatario estará obligado a aceptar el que buenamente quiera fijarle el Sr. Director y a concluirla a satisfacción de éste.

#### **Artículo 49.- RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS.**

Si el Contratista, antes de la firma del Contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error y omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base para la ejecución de las obras.

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la Memoria, por no servir este documento de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las unidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato, señalados en los documentos relativos a las "Condiciones Generales o Particulares de Índole Facultativa", sino en el caso de que el Ingeniero Director o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de adjudicación. Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, pues esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

#### **Artículo 50.- REVISIÓN DE PRECIOS.**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello, que no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que es característica de determinadas épocas anormales, se admite, durante ellas, la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en anomalía con las oscilaciones de los precios en el mercado.

Por ello y en los casos de revisión en alza, el Contratista puede solicitarla del Propietario, en cuanto se produzca cualquier alteración de precio, que repercuta, aumentando los contratos. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado aumenta, y por causa justificada, especificándose y acordándose, también, previamente, la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta y cuando así proceda, el acopio de materiales de obra, en el caso de que estuviesen total o parcialmente abonados por el propietario.

Si el propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transportes, etc., que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores a los pedidos por el Contratista, en cuyo caso lógico y natural, se tendrán en

cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transportes, etc. adquiridos por el Contratista merced a la información del propietario.

Cuando el propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transportes, etc. concertará entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad por la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados.

Cuando, entre los documentos aprobados por ambas partes, figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

#### **Artículo 51.- ELEMENTOS COMPRENDIDOS EN EL PRESUPUESTO.**

Al fijar los precios de las diferentes unidades de obra en el presupuesto, se ha tenido en cuenta el importe de andamios, vallas, elevación y transporte del material, es decir, todos los correspondientes a medios auxiliares de la construcción, así como toda suerte de indemnizaciones, impuestos, multas o pagos que tengan que hacerse por cualquier concepto, con los que se hallen gravados o se graven los materiales o las obras por el Estado, Provincia o Municipio.

Por esta razón no se abonará al Contratista cantidad alguna por dichos conceptos.

En el precio de cada unidad también van comprendidos los materiales accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra completamente terminada y en disposición de recibirse.

#### **Epígrafe IV.- VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS.**

##### **Artículo 52.- VALORACIÓN DE LA OBRA.**

La medición de la obra concluida se hará por el tipo de unidad fijada en el correspondiente presupuesto.

La valoración deberá obtenerse aplicando a las diversas unidades de obra, el precio que tuviese asignado en el Presupuesto, añadiendo a este importe el de los tantos por ciento que correspondan al beneficio industrial y descontando el tanto por ciento que corresponda a la baja en la subasta hecha por el Contratista.



**Artículo 53.- MEDICIONES PARCIALES Y FINALES.**

Las mediciones parciales se verificarán en presencia del Contratista, de cuyo acto se levantará acta por duplicado, que será firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminadas las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda, de haberse verificado la medición en los documentos que le acompañan, deberá aparecer la conformidad del Contratista o de su representación legal. En caso de no haber conformidad, lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

**Artículo 54.- EQUIVOCACIONES EN EL PRESUPUESTO.**

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios de tal suerte que, si la obra ejecutada con arreglo al Proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna.

Si por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

**Artículo 55.- VALORACIÓN DE OBRAS INCOMPLETAS.**

Cuando por consecuencia de rescisión u otras causas fuera preciso valorar las obras incompletas, se aplicarán los precios del presupuesto, sin que pueda pretenderse hacer la valoración de la unidad de obra fraccionándola en forma distinta a la establecida en los cuadros de descomposición de precios.

**Artículo 56.- CARÁCTER PROVISIONAL DE LAS LIQUIDACIONES PARCIALES.**

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden. La propiedad se reserva en todo momento y especialmente al hacer efectivas las liquidaciones parciales, el derecho de comprobar que el Contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la Obra, a cuyo efecto deberá presentar el Contratista los comprobantes que se exijan.

**Artículo 57.- PAGOS.**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá, precisamente, al de las Certificaciones de obra expedidas por el Ingeniero Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

**Artículo 58.- SUSPENSIÓN POR RETRASO DE PAGOS.**

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo del que les corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

**Artículo 59.- INDEMNIZACIÓN POR RETRASO DE LOS TRABAJOS.**

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista por causas de retraso no justificado, en el plazo de terminación de las obras contratadas, será: el importe de la suma de perjuicios materiales causados por imposibilidad de ocupación del inmueble, debidamente justificados.

**Artículo 60.- INDEMNIZACIÓN POR DAÑOS DE CAUSA MAYOR AL CONTRATISTA.**

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas, averías o perjuicio ocasionados en las obras, sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se considerarán como tales casos únicamente los que siguen:

1. Los incendios causados por electricidad atmosférica.
2. Los daños producidos por terremotos y maremotos.
3. Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de ríos superiores a las que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que el Contratista tomó las medidas posibles, dentro de sus medios, para evitar o atenuar los daños.
4. Los que provengan de movimientos del terreno en que estén construidas las obras.
5. Los destrozos ocasionados violentamente, a mano armada, en tiempo de guerra, movimientos sediciosos populares o robos tumultuosos.

La indemnización se referirá, exclusivamente, al abono de las unidades de obra ya ejecutadas o materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá medios auxiliares, maquinaria o instalaciones, etc., propiedad de la Contrata.

## **Epígrafe V.- VARIOS**

### **Artículo 61.- MEJORAS DE OBRAS.**

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Ingeniero Director haya ordenada por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el Contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obras en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

### **Artículo 62.- SEGURO DE LOS TRABAJOS.**

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada, durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá, en todo momento, con el valor que tengan, por Contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará a cuenta, a nombre del Propietario, para que con cargo a ella, se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecha en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres ajenos a los de la construcción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de la fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero Director.

En las obras de reforma o reparación se fijará, previamente, la proporción de edificio que se debe asegurar y su cuantía, y si nada se previese, se entenderá que el seguro ha de comprender toda parte de edificio afectado por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguros, los pondrá el Contratista antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

## **CAPÍTULO V: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL**

### **Artículo 63.- JURISDICCIÓN.**

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componedores nombrados en número igual por ellas y presidido por el Ingeniero Director de Obra y, en último término, a los Tribunales de Justicia del lugar en que radique la propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto (la Memoria no tendrá consideración de documento del Proyecto).

El Contratista se obliga a lo establecido en la ley de Contratos de Trabajo y además a lo dispuesto por la de Accidentes de Trabajo, Subsidio Familiar y Seguros Sociales. Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado y la policía del solar, cuidando de la conservación de sus líneas de lindeo y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, no se realicen durante las obras actos que mermen o modifiquen la propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Ingeniero Director.

El Contratista es responsable de toda falta relativa a la política Urbana y a las Ordenanzas Municipales a estos aspectos vigentes en la localidad en que la edificación está emplazada.

### **Artículo 64.- ACCIDENTES DE TRABAJO Y DAÑOS A TERCEROS.**

En caso de accidentes ocurridos con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos, en la legislación vigente, y siendo, en todo caso, único responsable de su cumplimiento y sin que, por ningún concepto, pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los obreros o viandantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuera requerido, el justificante de tal cumplimiento.

#### **Artículo 65.- PAGO DE ARBITRIOS.**

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras por concepto inherente a los propios trabajos que se realizan correrá a cargo de la Contrata, siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, el Contratista deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que el Ingeniero Director considere justo hacerlo.

#### **Artículo 66.- CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO.**

Se considerarán causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

1.- La muerte o incapacidad del Contratista.

2.- La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquellos derecho a indemnización alguna.

3.- Las alteraciones del Contrato por las causas siguientes:

A) La modificación del Proyecto en forma tal que presente alteraciones siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente, en más o menos del 40 por 100, como mínimo, de algunas unidades del Proyecto modificadas.

B) La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o menos, del 40 por 100, como mínimo de las unidades del Proyecto modificadas.

4.- La suspensión de la obra comenzada y, en todo caso, siempre que, por causas ajenas a la Contrata, no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses, a partir de la adjudicación, en este caso, la devolución de la fianza será automática.

5.- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido un año.

6.- El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.

7.- El incumplimiento de las condiciones del Contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.

8.- La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haberse llegado a ésta.

9.- El abandono de la obra sin causa justificada.

10.-La mala fe en la ejecución de los trabajos.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# V. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

---



**Índice**

Presupuesto desglosado .....	3
1. Cimentación.....	3
2. Estructura.....	3
2.1. Estructura de la nave.....	3
2.2. Estructuras auxiliares.....	4
3. Envolverte y compartimentación .....	4
4. Carpinterías.....	5
5. Solera y pavimento .....	6
6. Instalaciones .....	6
6.1. Saneamiento .....	6
6.2. Suministro de agua .....	7
6.3. Electricidad.....	7
6.4. Protección contra incendios.....	8
7. Equipamiento.....	9
7.1. Oficinas.....	9
7.2. Vestuarios .....	9
7.3. Recepción .....	9
7.4. Sala de despiece.....	10
7.5. Obrador.....	10
7.6. Varios .....	10
7.7. Cámaras .....	11
8. Seguridad y salud .....	11
Cuadro resumen del presupuesto.....	12

## Presupuesto desglosado

### 1. Cimentación

Descripción	Ud.	Precio	Parcial
m <sup>3</sup> Zapata de cimentación de hormigón armado HA-25/B/20/lia	72,63	142,78	10370,11
m <sup>2</sup> Sistema de encofrado para zapata de cimentación	382,69	16,15	6180,44
m <sup>3</sup> Viga de atado entre zapatas HA+25/B/20/lia	5,60	151,32	847,39
kg Placa de anclaje de acero S275 350x350x15	259,64	2,13	553,03
kg Placa de anclaje de acero S275 350x350x20	79,93	2,13	170,25
kg Rigidizadores pasantes de acero S275 350/190x100/20x12	96,99	2,13	206,59
kg Rigidizadores pasantes de acero S275 350/190x100/20x14	25,15	2,13	53,57
kg Rigidizadores no pasantes de acero S275 71/0x100/20x14	7,49	2,13	15,95
kg Pernos de anclaje de acero corrugado B400S diámetro 16 mm, L=406+183	29,74	1,37	40,74
kg Pernos de anclaje de acero corrugado B400S diámetro 16 mm, L=351+183	121,32	1,37	166,21
SUBTOTAL			18604,30

### 2. Estructura

#### 2.1. Estructura de la nave

Descripción	Ud.	Precio	Parcial
kg Estructura portante de la nave a base de perfil de acero laminado S275 HEB-140	3250,53	2,13	6923,63
kg Estructura portante de la nave a base de tirante de acero laminado R12	41,19	2,13	87,73
kg Estructura portante de la nave a base de perfil de acero conformado s275 perfil rectangular 160x110x5	5617,72	2,46	13819,59

kg	Estructura portante de la nave a base de perfil de acero conformado s275 perfil rectangular 90x60x6,3	3469,35	2,46	8534,60
kg	Estructura portante de la nave a base de perfil de acero conformado s275 perfil rectangular 80x60x3,6	4918,79	2,46	12100,22
kg	Estructura portante para las correas a base de perfil de acero laminado S275 IPE-100	6123,60	2,13	13043,27
			SUBTOTAL	54509,05

## 2.2. Estructuras auxiliares

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)	
m	Vía aérea birraíl de aluminio extruído 6063 con temple T5 con brida y tornillería en inox incluidas.	32,00	41,96	1342,72
Ud.	Curva 90 ° para vía aérea birraíl con brida y tornillería en inox incluidas.	8,00	104,74	837,92
Ud.	Cambio 2D para vía aérea birraíl con brida y tronillería inox incluidas.	1,00	112,11	112,11
kg	Estructura portante sistema de vía aérea, a base de perfiles laminados y posteriormente galvanizados.	1680,42	2,13	3579,29
kg	Estructura portante sistema de vía aérea, a base de perfiles conformados y posteriormente galvanizados.	1088,40	2,46	2677,46
Ud.	Carro, para vía aérea birraíl de suspensión y transporte de canales.	20,00	14,29	285,80
kg	Estructura portante para la bodega, a base de perfiles laminados y posteriormente galvanizados.	2645,00	2,13	5633,85
kg	Estructura portante para la bodega, a base de perfiles conformados y posteriormente galvanizados.	903,00	2,46	2221,38
			SUBTOTAL	16690,54

## 3. Envolverte y compartimentación

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)	
m <sup>2</sup>	Placa alveolar de hormigón 140 mm de espesor, 1,2 m de anchura y 9 m de longitud máxima, acabado en hormigón gris, para formación de cerramiento.	530,00	23,06	12221,80

m <sup>2</sup>	Panel tipo sándwich 200 mm de espesor, formado por dos chapas de acero inoxidable con aislamiento de poliuretano	70,00	89,60	6272,00
m <sup>2</sup>	Panel tipo sándwich 100 mm de espesor, formado por dos chapas de acero inoxidable con aislamiento de poliuretano	900,00	55,00	49500,00
m <sup>2</sup>	Panel tipo sándwich 80 mm de espesor, formado por dos chapas de acero inoxidable con aislamiento de poliuretano	1100,00	40,75	44825,00
m <sup>2</sup>	Panel sándwich 50 mm de espesor, formado por dos chapas de acero inoxidable con aislamiento de poliuretano	800,00	36,00	28800,00
m <sup>2</sup>	Chapa de acero inoxidable 1 mm	170,00	19,00	3230,00
m <sup>2</sup>	Tabicón LH doble 60 mm de espesor con mortero de yeso	160,00	37,89	6062,40
m <sup>2</sup>	Capa de poliestireno expandido 40 mm de espesor	160,00	13,19	2110,40
m <sup>2</sup>	Falso techo escayola	55,65	11,96	665,57
			SUBTOTAL	153687,17

#### 4. Carpinterías

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
Ud. Ventana PVC dos hojas practicables, dimensiones 2x1,2 m, compuesta por marco, hojas y junquillos con acabado natural en color blanco con premarco.	13,00	343,90	4470,70
Ud. Puerta seccional, formada por panel acanalado de aluminio relleno de poliuretano 3,7x3,5 acabado en blanco, apertura manual	2,00	1774,03	3548,06
Ud. Puerta abatible/pivotante de una hoja 2x2,5, formada por panel liso acanalado de chapa plegada de acero galvanizado, acabado galvanizado sendzimir, apertura manual.	2,00	957,18	1914,36
Ud. Puerta corredera frigorífica IF, T <sup>a</sup> =0º C, INFRACA 2,5x1,6	5,00	2328,00	11640,00
Ud. Puerta corredera frigorífica IF, T <sup>a</sup> =0º C, INFRACA 2,5x1,6	1,00	2559,00	2559,00
Ud. Puerta pivotante industrial una hoja, T <sup>a</sup> =0º C, INFRACA 2,5x1,5	1,00	1361,00	1361,00
Ud. Puerta pivotante industrial una hoja, T <sup>a</sup> =0º C, INFRACA 2,2x1,2	1,00	880,00	880,00

Ud.	Puerta de paso batiente rígida doble hoja de aislamiento, Tª=12º C, INFRACA 2,5x1,5	4,00	1193,00	4772,00
Ud.	Puerta de paso batiente rígida una hoja de aislamiento, Tª=12º C, INFRACA 2,2x1	1,00	723,00	723,00
Ud.	Puerta de paso de acero galvanizado con rejillas de ventilación 2,2x0,75	6,00	209,55	1257,30
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>33125,42</b>

## 5. Solera y pavimento

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
m <sup>3</sup> Arena de río para construcción con tamaño máximo de grano de 0,6 cm.	101,22	16,30	1649,89
m <sup>2</sup> Lámina de polietileno reticulado flexible no espumado de 5 mm de espesor	400,00	1,47	588,00
m <sup>3</sup> Grava para construcción	170,70	59,12	10091,78
m <sup>3</sup> Hormigón armado HA-25/b/20/IV	1050,00	15,85	16642,50
m <sup>2</sup> Pavimento continuo epoxi antideslizante	1000,00	34,39	34390,00
m <sup>2</sup> Pavimento de azulejos	43,00	40,00	1720,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>65082,17</b>

## 6. Instalaciones

### 6.1. Saneamiento

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
m Acometida general de saneamiento ala red general del polígono, de PVC liso, de 200 mm de diámetro, pegado mediante adhesivo	5,00	92,71	463,55
Ud. Conexión de la acometida del edificio a la red general de saneamiento del municipio.	1,00	120,57	120,57
m Colector enterrado de saneamiento de PVC de 160 mm de diámetro	60,00	17,69	1061,40
m Colector enterrado de saneamiento de PVC de 125 mm de diámetro	5,00	15,63	78,15
m Colector enterrado de saneamiento de PVC de 75 mm de diámetro	7,00	13,50	94,50

## V. Mediciones y presupuesto

Daniel Lora Corredera

m	Colector enterrado de saneamiento de PVC de 63 mm de diámetro	8,00	11,00	88,00
m	Colector enterrado de saneamiento de PVC de 50 mm de diámetro	65,00	10,00	650,00
m	Colector enterrado de saneamiento de PVC de 40 mm de diámetro	6,00	9,50	57,00
Ud.	Arqueta de paso, de obra de fábrica de dimensiones 50x50x70	2,00	130,00	260,00
Ud.	Arqueta de paso, registrable, de obra de fábrica de dimensiones 50x50x70	1,00	135,00	135,00
Ud.	Arqueta de paso, de obra de fábrica de dimensiones 60x60x70	1,00	150,00	150,00
Ud.	Arqueta de paso, registrable, de obra de fábrica de dimensiones 60x60x70	2,00	155,00	310,00
Ud.	Separador de grasas modelo ACO OLEOPATOR-P NS3	2,00	4436,73	8873,46
Ud.	Separador de grasas modelo ACO OLEOPATOR-P NS6	1,00	2536,21	2536,21
Ud.	Sumidero sifónico trasegado de 50 mm y rejilla de 400 mm	6,00	13,38	80,28
m	Canalón circular de PVC con óxido de titanio para encolar, de 250 mm, color gris claro	85,00	9,24	785,40
m	Bajante exterior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por PVC, serie b, de 75 mm de diámetro	50,00	10,31	515,50
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>16259,02</b>

### 6.2. Suministro de agua

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)	
m Tubería de cobre anclada con bridas al falso techo.	230,00	15,00	3450,00	
Ud. Preinstalación de contador general de agua, colocado en el armario prefabricado, con llave de corte general de esfera	1,00	71,50	71,50	
Ud. Válvula de asiento de latón	1,00	8,83	8,83	
Ud. Instalación interior de fontanería para aseo con dotación para: Inodoro, lavabo, ducha.	2,00	302,12	604,24	
Ud. Calentador eléctrico JUNKERS ED24-2S	1,00	298,11	298,11	
Ud. Grifo curvo esfera para manguera	5,00	8,50	42,50	
Ud. Hidrolimpiadora a presión de agua fría de 140 bares	2,00	559,00	1118,00	
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>5593,18</b>

### 6.3. Electricidad

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
m Cable bipolar de cobre H07V-K de 1.5 mm2	2,00	0,73	1,46
m Cable bipolar de cobre RV-K de 1.5 mm2	273,00	0,73	199,29
m Cable unipolar de cobre TT de 1.5 mm2	275,00	0,73	200,75

m	Cable bipolar de cobre RV-K de 2.5 mm2	6,30	1,17	7,37
m	Cable tetrapolar de cobre RV-K de 2.5 mm2	173,50	1,17	203,00
m	Cable unipolar de cobre TT de 2.5 mm2	179,80	1,17	210,37
m	Cable bipolar de cobre RV-K de 4 mm2	52,00	4,50	234,00
m	Cable unipolar de cobre TT de 4 mm2	52,00	4,80	249,60
m	Cable unipolar de cobre TT de 16 mm2	84,00	7,03	590,52
m	Cable unipolar de cobre RV-K de 25 mm2	449,60	10,90	4900,64
m	Cable tetrapolar de cobre RV-K de 25 mm2	72,00	11,80	849,60
m	Cable unipolar de cobre TT de 25 mm2	0,30	10,90	3,27
m	Cable unipolar de cobre RZ1-L(AS) de 50 mm2	1,20	15,30	18,36
m	Cable unipolar de cobre TT de 95 mm2	38,00	41,36	1571,68
m	Cable unipolar de cobre RZ1-K(AS) de 185 mm2	152,00	64,14	9749,28
m	Cable unipolar de aluminio RV-Al de 120 mm2	0,30	60,00	18,00
m	Cable unipolar de aluminio RV-Al de 240 mm2	0,90	100,00	90,00
m	Tubo canalización 180 mm2	38,00	15,85	602,30
m	Tubo canalización 225 mm2	0,30	20,00	6,00
m	Bandeja perforada 75x60	112,70	12,20	1374,94
Ud.	Magnetotérmico bipolar de 10 A	13,00	12,12	157,56
Ud.	Magnetotérmico tetrapolar de 10 A	6,00	58,56	351,36
Ud.	Magnetotérmico bipolar de 16 A	1,00	12,60	12,60
Ud.	Magnetotérmico tetrapolar de 16 A	16,00	60,00	960,00
Ud.	Magnetotérmico bipolar de 20 A	2,00	12,88	25,76
Ud.	Magnetotérmico tetrapolar de 20 A	4,00	61,39	245,56
Ud.	Magnetotérmico bipolar de 25 A	1,00	13,14	13,14
Ud.	Magnetotérmico tetrapolar de 25 A	1,00	63,45	63,45
Ud.	Magnetotérmico bipolar de 30 A	1,00	25,00	25,00
Ud.	Magnetotérmico tetrapolar de 30 A	1,00	66,88	66,88
Ud.	Magnetotérmico tetrapolar de 38 A	2,00	75,43	150,86
Ud.	Magnetotérmico tetrapolar de 47 A	2,00	135,00	270,00
Ud.	Magnetotérmico tetrapolar de 63 A	2,00	146,64	293,28
Ud.	Diferencial tetrapolar de 25 A, 30 mA	24,00	96,80	2323,20
Ud.	Diferencial tetrapolar de 25 A, 300 mA	2,00	109,00	218,00
Ud.	Diferencial tetrapolar de 40 A, 30 mA	2,00	96,00	192,00
Ud.	Diferencial tetrapolar de 63 A, 30 mA	2,00	96,00	192,00
Ud.	Fusibles de 315 A	3,00	8,50	25,50
Ud.	Interruptor automático tetrapolar de 250 A	1,00	551,00	551,00
Ud.	Regleta TL-2x58 ESTANCA	147,00	55,00	8085,00
			SUBTOTAL	35302,57

#### 6.4. Protección contra incendios

Descripción	Ud. (m2)	Precio (€)	Parcial (€)
Ud. Extintor de polvo químico ABC polivalente portátil de 6 kg con armario.	7,00	124,61	872,27

Ud.	Boca de incendio equipada de 45 mm de superficie con armario de acero inoxidable de 20 m de manguera.	2,00	456,34	912,68
Ud.	Luminaria de emergencia estanca, con tubo lineal fluorescente, HYDRA C3 8W- G5, flujo luminoso 145 lúmenes	18,00	82,33	1481,94
Ud.	Pulsador de alarma convencional de rearme manual	2,00	30,00	60,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>3326,89</b>

## 7. Equipamiento

### 7.1. Oficinas

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
Ud. Ordenador personal	2,00	500,00	1000,00
Ud. Impresora	2,00	200,00	400,00
Ud. Impresora de etiquetas	1,00	200,00	200,00
Ud. Armario archivador	3,00	300,00	900,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>2500,00</b>

### 7.2. Vestuarios

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
Ud. Pack de WC con salida al suelo porcelana color blanco	2,00	136,25	272,50
Ud. Urinario de porcelana color blanco	1,00	50,00	50,00
Ud. Lavabo individual porcelana blanco	4,00	26,50	106,00
Ud. Compartimento individual ducha	2,00	100,00	200,00
Ud. Banco de madera 1500	4,00	96,47	385,88
Ud. TAQUILLA DE ACERO INOX. 4 PUERTAS	4,00	460,00	1840,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>2854,38</b>

### 7.3. Recepción

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
Ud. Plataforma elevadora gama tijera 1,6x2 m	2,00	3000,00	6000,00
Ud. Polipasto de cable CMX 200/400 de 18 metros, velocidad 10 m/min.	1,00	2318,20	2318,20
Ud. Báscula aérea de hasta 600 kg de acero galvanizado con protección exterior de chapa de acero inox.	1,00	992,94	992,94
Ud. Báscula de plataforma acero inox 4 células 1x1 m	1,00	2000,00	2000,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>11311,14</b>



**7.4. Sala de despiece**

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
Ud. Cortadora de fiambre profesional de 275 mm de acero inox.	1,00	415,00	415,00
Ud. Sierra de cinta cortahuesos de acero inox.	1,00	790,00	790,00
Ud. Máquina envasadora al vacío jb 400.	1,00	1100,00	1100,00
Ud. Envolvedora de film de acero inox.	2,00	178,00	356,00
Ud. Báscula industrial acero inox	1,00	967,00	967,00
Ud. Grupo etiquetador LP 2500	1,00	1089,00	1089,00
Ud. Mesa de despiece 1,3x2	2,00	1857,14	3714,28
Ud. Mesa de trabajo 1,3x2	3,00	1400,00	4200,00
Ud. Tajo de corte 0,5x0,8	1,00	800,00	800,00
Ud. Lavamanos industrial de acero inoxidable con pedal de accionamiento	1,00	225,00	225,00
Ud. Equipo frigorífico partido STM300Z012	1,00	17365,00	17365,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>31021,28</b>

**7.5. Obrador**

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
Ud. Picadora de carne PCM-98L/114L inox.	1,00	655,00	655,00
Ud. Amasadora al vacío S-250 de 350 litros de capacidad.	1,00	2000,00	2000,00
Ud. Embutidora continua al vacío.	1,00	1678,00	1678,00
Ud. Báscula industrial acero inox.	1,00	967,00	967,00
Ud. Grupo etiquetador LP 2500.	1,00	1089,00	1089,00
Ud. Mesa de trabajo 1,3x2	3,00	1400,00	4200,00
Ud. Mesa de embutir 1,3x2	1,00	1500,00	1500,00
Ud. Lavamanos industrial de acero inoxidable con pedal de accionamiento,	1,00	225,00	225,00
Ud. Equipo frigorífico partido STM300Z012,	1,00	17365,00	17365,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>29679,00</b>

**7.6. Varios**

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
Ud. Carro cuba piramidal de acero inox AISI 304 de 100 ganchos y 4 alturas con ruedas, para colocación de productos despiezados.	10,00	689,57	6895,70
Ud. Carro cuba para salazón de jamón ibérico.	10,00	387,94	3879,40
Ud. Lavadora de jamones.	1,00	4000,00	4000,00
Ud. Lavadero industrial de acero inoxidable.	2,00	500,00	1000,00
Ud. Desinfectador de cuchillos por agua.	2,00	230,00	460,00
Ud. Indicador temperatura-humedad	2,00	990,00	1980,00

SUBTOTAL 18215,10

### 7.7.Cámaras

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
Ud. Equipo frigorífico partido SPM110Z012 para cámara de canales.	1,00	8942,00	8942,00
Ud. Equipo frigorífico partido SPM110Z012 para Cámara de productos preparados.	1,00	8942,00	8942,00
Ud. Equipo frigorífico partido SPM110Z012 para cámara de secado artificial de embutidos.	1,00	8942,00	8942,00
Ud. Equipo frigorífico partido SPM110Z012 para cámara de postsalado.	1,00	8942,00	8942,00
Ud. Equipo frigorífico partido SPM110Z012 para cámara de secado artificial de jamones.	1,00	8942,00	8942,00
Ud. Equipo frigorífico partido SPM054Z012 para cámara de masas.	1,00	5095,00	5095,00
Ud. Equipo frigorífico partido SPM068Z012 para cámara de salazón.	1,00	6770,00	6770,00
Ud. Equipo frigorífico partido SPL130Z012 para cámara de productos congelados.	1,00	9954,00	9954,00
		SUBTOTAL	66529,00

### 8. Seguridad y salud

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
m Valla trasladable de acero galvanizado 2,5x2 metros y señalización	180,00	8,50	1530,00
sem. Alquiler de caseta de obra	5,00	167,00	835,00
Ud. Botiquín de primeras urgencias	1,00	118,00	118,00
Ud. Ropa de trabajo	20,00	70,00	1400,00
Ud. Casco de seguridad	20,00	21,30	426,00
Ud. Otros enseres de seguridad	1,00	200,00	200,00
		SUBTOTAL	4509,00

**Cuadro resumen del presupuesto**

Descripción	Precio (€)
Capítulo 1: Cimentación	
SUBTOTAL CAPÍTULO	18604,30
Capítulo 2: estructura	
Estructura de la nave	54509,05
Estructuras auxiliares	16690,54
SUBTOTAL CAPÍTULO	71199,59
Capítulo 3: Envolvente y compartimentación	
SUBTOTAL CAPÍTULO	153687,17
Capítulo 4: Carpinterías	
SUBTOTAL CAPÍTULO	33125,42
Capítulo 5: Solera y pavimento	
SUBTOTAL CAPÍTULO	65082,17
Capitulo 6: Instalaciones	
Saneamiento	16259,02
Suministro de agua	5593,18
Electricidad	35302,57
Protección contra incendios	3326,89
SUBTOTAL CAPÍTULO	60481,66
Capítulo 7: Equipamiento	
Oficinas	2500,00
Vestuarios	2854,38
Recepción	11311,14
Sala de despiece	31021,28
Obrador	29679,00
Varios	18215,10
Cámaras	66529,00
SUBTOTAL CAPÍTULO	162109,90
Capítulo 8: Seguridad y salud	
SUBTOTAL CAPÍTULO	4509,00

<b>IMPORTE PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>568799,21</b>
13% Gastos generales	73943,90
6% Beneficio industrial	34127,95
21% IVA	142142,92
<b>IMPORTE TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>819013,98</b>

Asciende el presente presupuesto de contrata a la cantidad total de OCHOCIENTOS DIECINUEVE MIL TRECE EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

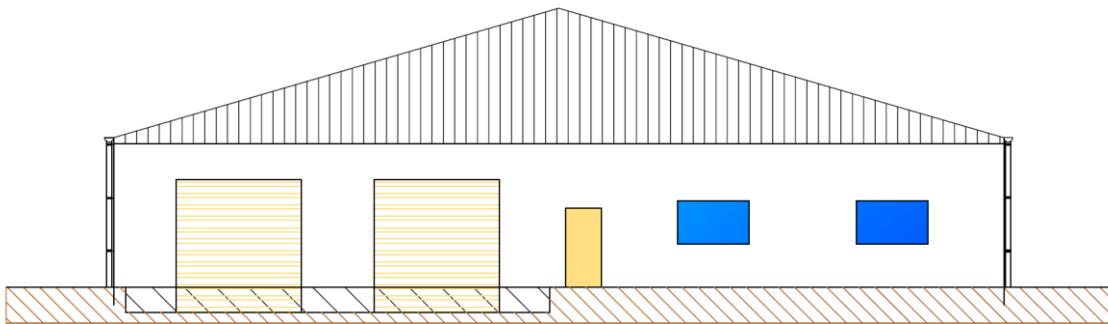
En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

# TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO TÉCNICO DE EDIFICIO INDUSTRIAL DESTINADO  
A SALA DE DESPIECE Y PREPARACIÓN DE PRODUCTOS  
CÁRNICOS APTOS PARA SU VENTA Y DISTRIBUCIÓN  
SITUADO EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR**

## TOMO II



**DANIEL LORA CORREDERA**

**TUTOR: MARIO MATAS HERNÁNDEZ**

**SEPTIEMBRE 2015**

**GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DE BÉJAR**



**VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA**

## **CONTENIDO TOMO II:**

- V. PLANOS
  
- VI. PROYECTO DE SEGURIDAD Y SALUD

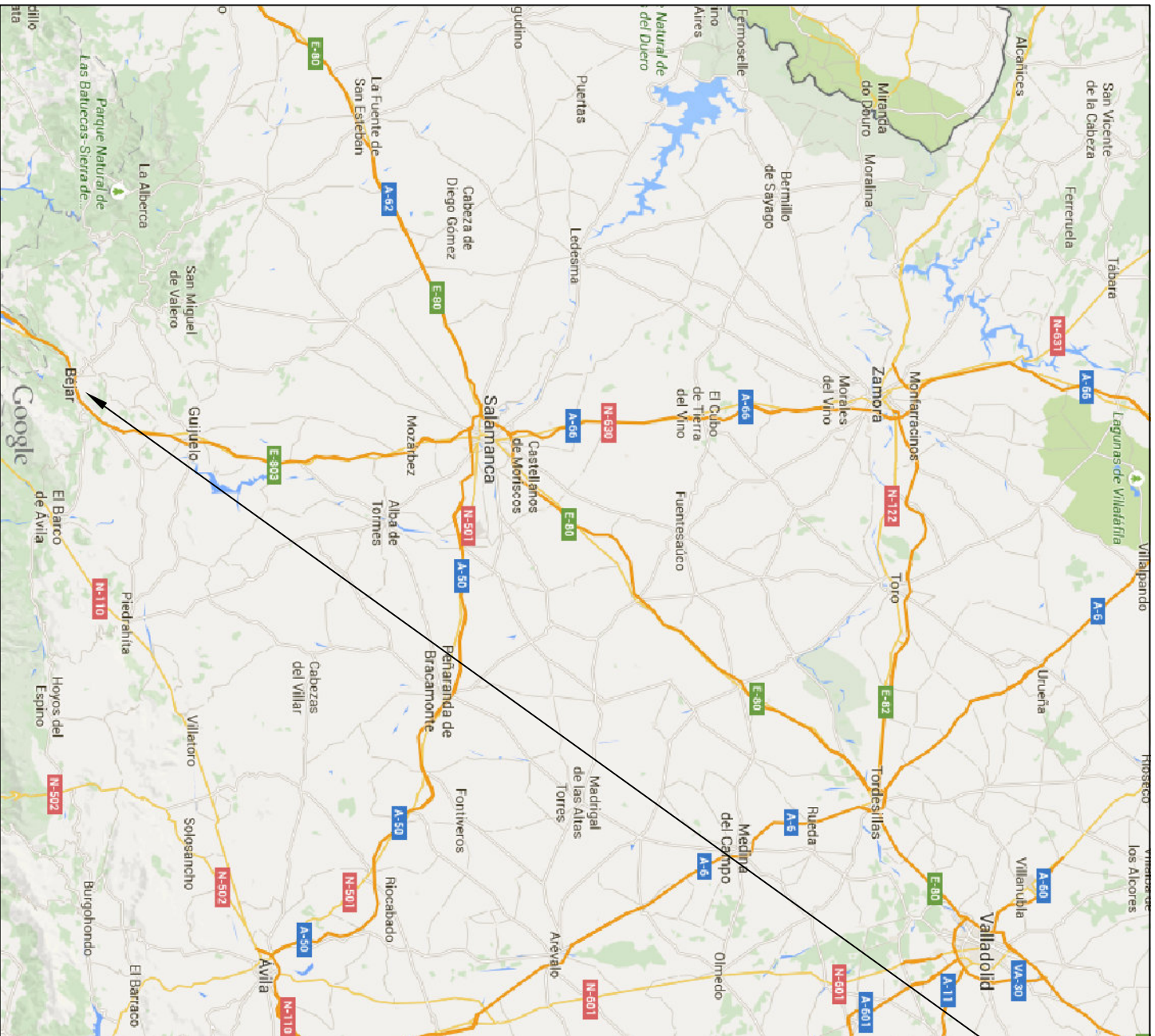
# V. PLANOS

---



**Índice**

	TÍTULO DE PLANO	ESCALA
1	PLANO DE SITUACIÓN	-
2	EMPLAZAMIENTO EN EL POLÍGONO	-
3	PLANTA GENERAL	1:150
4	PLANTA GENERAL DE COTAS	1:150
5	PLANTA DE SOLERAS	1:200
6	ALZADOS	1:150
7	PLANTA FLUJO DE TRABAJO	1:150
8	PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE ACTIVIDADES	1:200
9	PLANTA DE SUMINISTRO DE AGUA	1:150
10	PLANTA DE SANEAMIENTO	1:150
11	PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS	1:150
12	PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS	1:150
13	ESQUEMA UNIFILAR: CUADRO GENERAL	-
14	ESQUEMA UNIFILAR: SUBCUADROS DE PROTECCIÓN	-
15	PLANTA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	1:150
16	VÍA AÉREA BIRRAÍL	1:150
17	ESTRUCTURA METÁLICA	1:100
18	PLANTA DE REPLANTEO Y CIMENTACIÓN	1:150

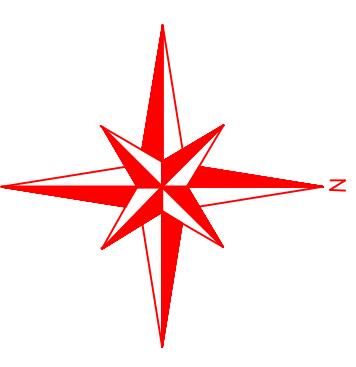


SITUACIÓN

PROVINCIA DE SALAMANCA

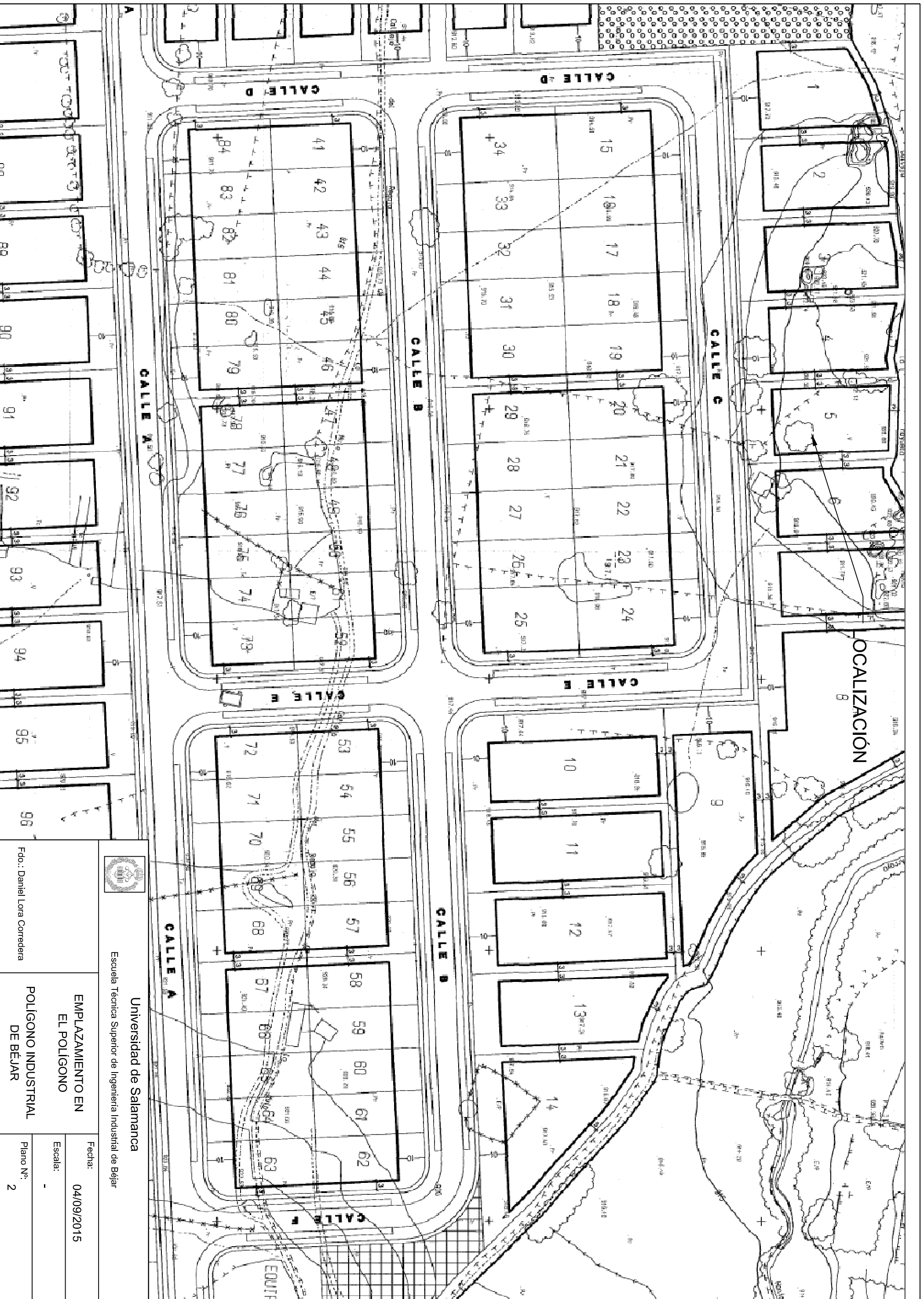


**EMPLAZAMIENTO:**  
**POLIGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR**  
**C/ ALCALDE ÁNGEL IZARD Nº 8 BÉJAR (SALAMANCA)**



Universidad de Salamanca  
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

PLANO DE SITUACIÓN		Fecha:	04/09/2015
POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR		Escala:	-
Fdo.: Daniel Lora Corredera		Plano N.º:	1



LOCALIZACIÓN



Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

EMPLAZAMIENTO EN  
EL POLIGONO

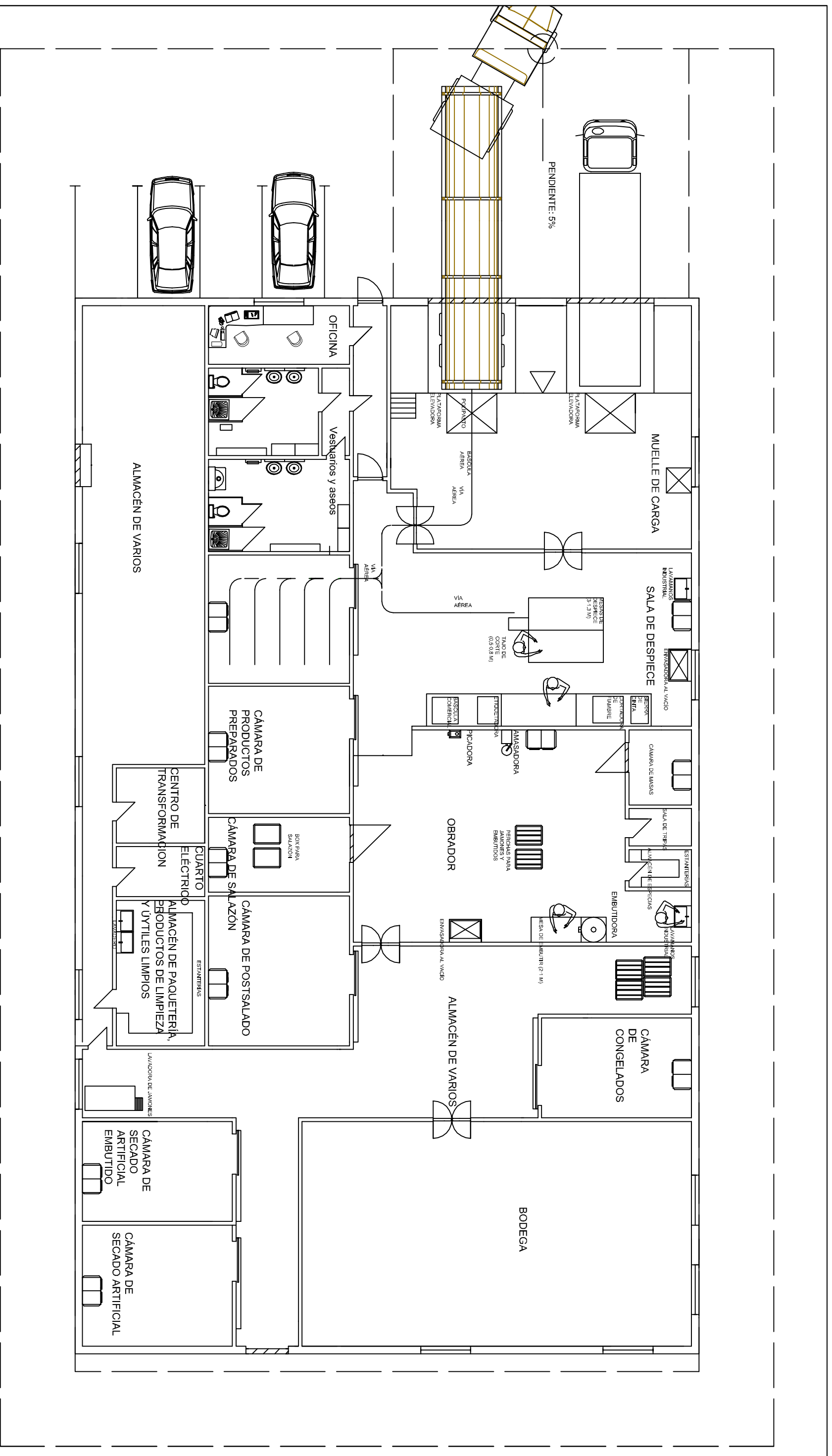
POLIGONO INDUSTRIAL  
DE BÉJAR

Fecha: 04/09/2015

Escala:

Plano N°: 2

Fdo.: Daniel Lora Corredera



Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

PLANTA GENERAL  
Fecha: 04/09/2015

Escala: 1:150

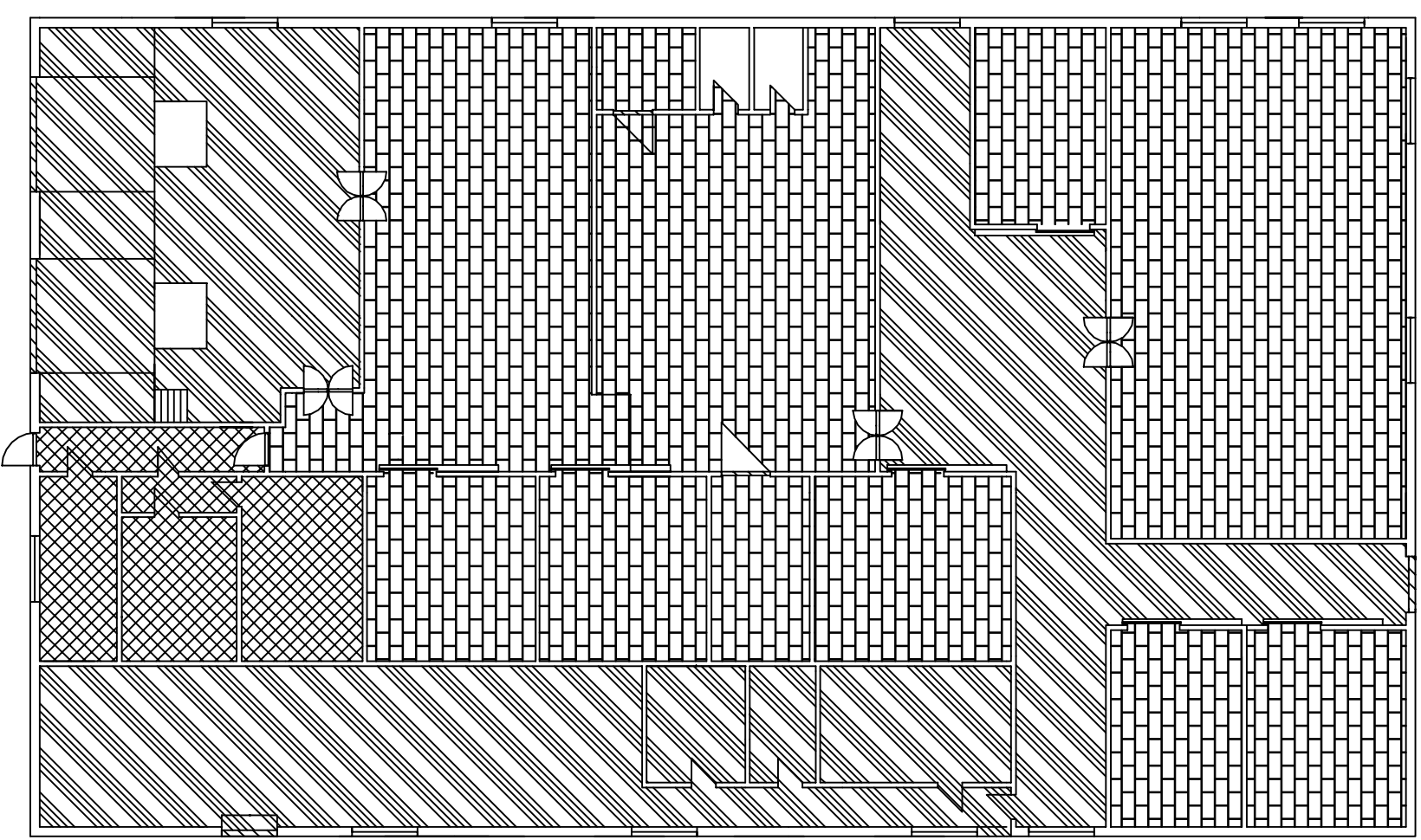
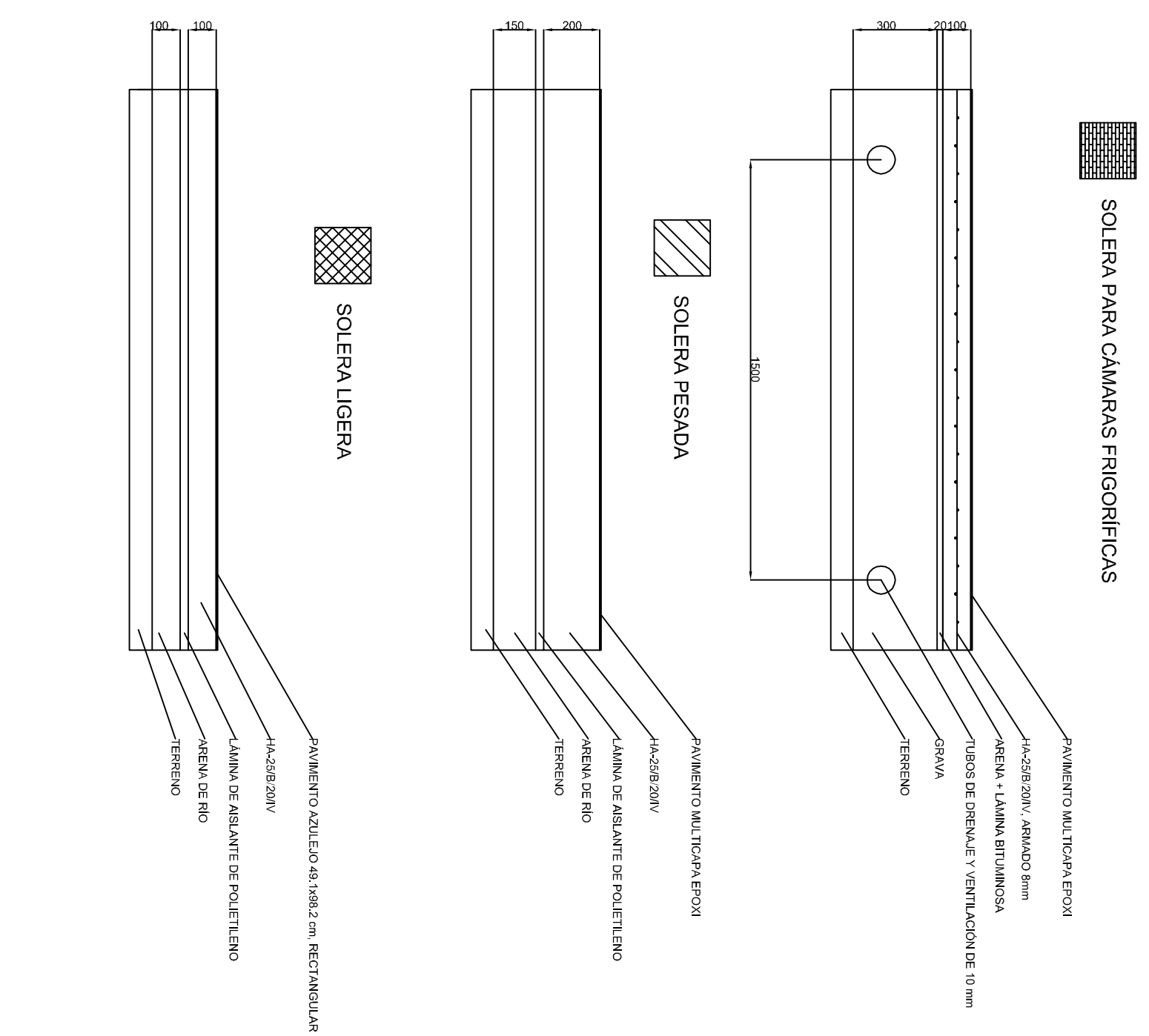
POLIGONO INDUSTRIAL  
DE BÉJAR


Fdo.: Daniel Lora Corredera

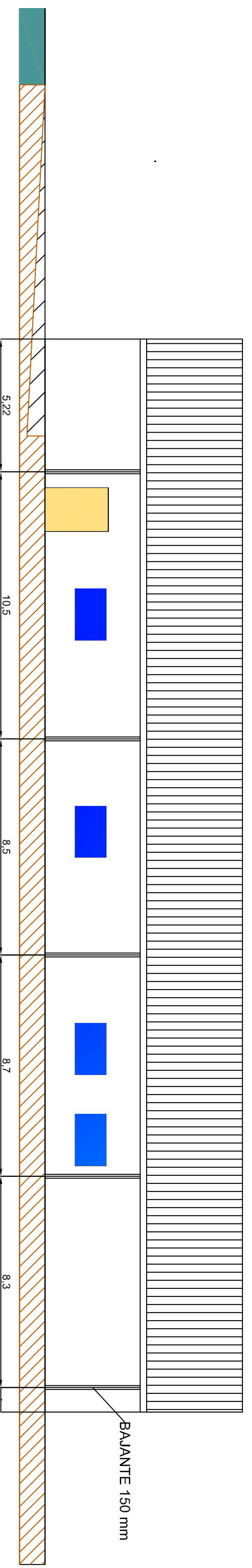
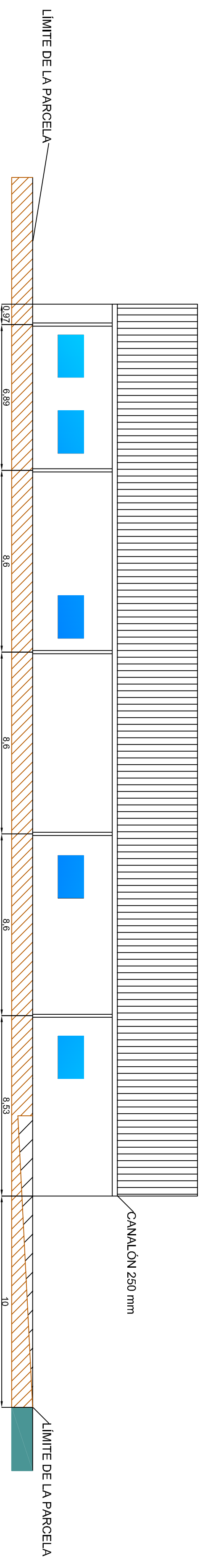
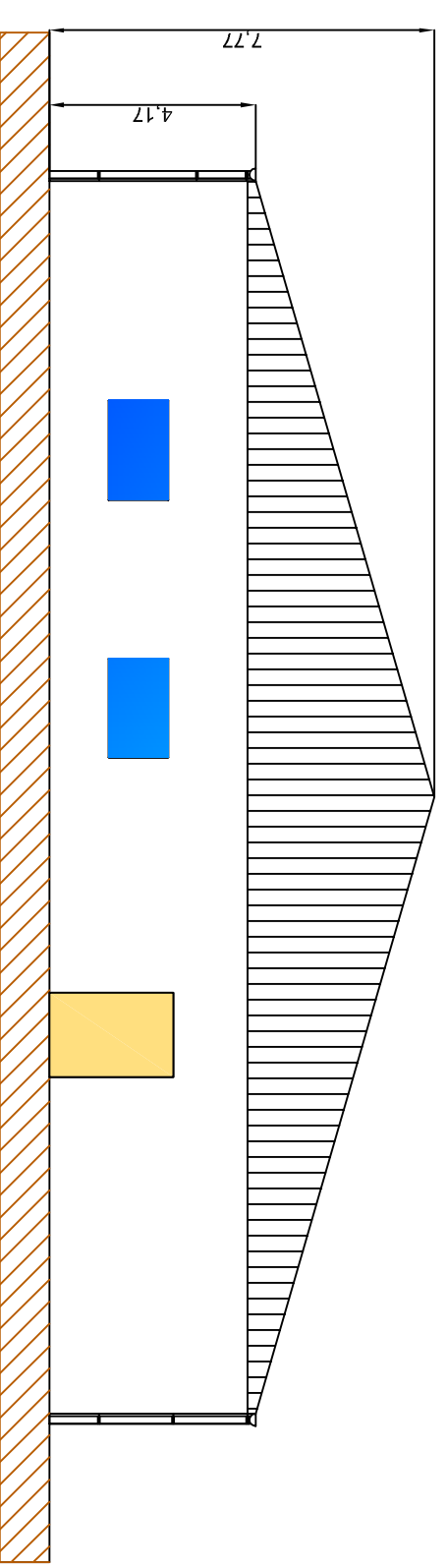
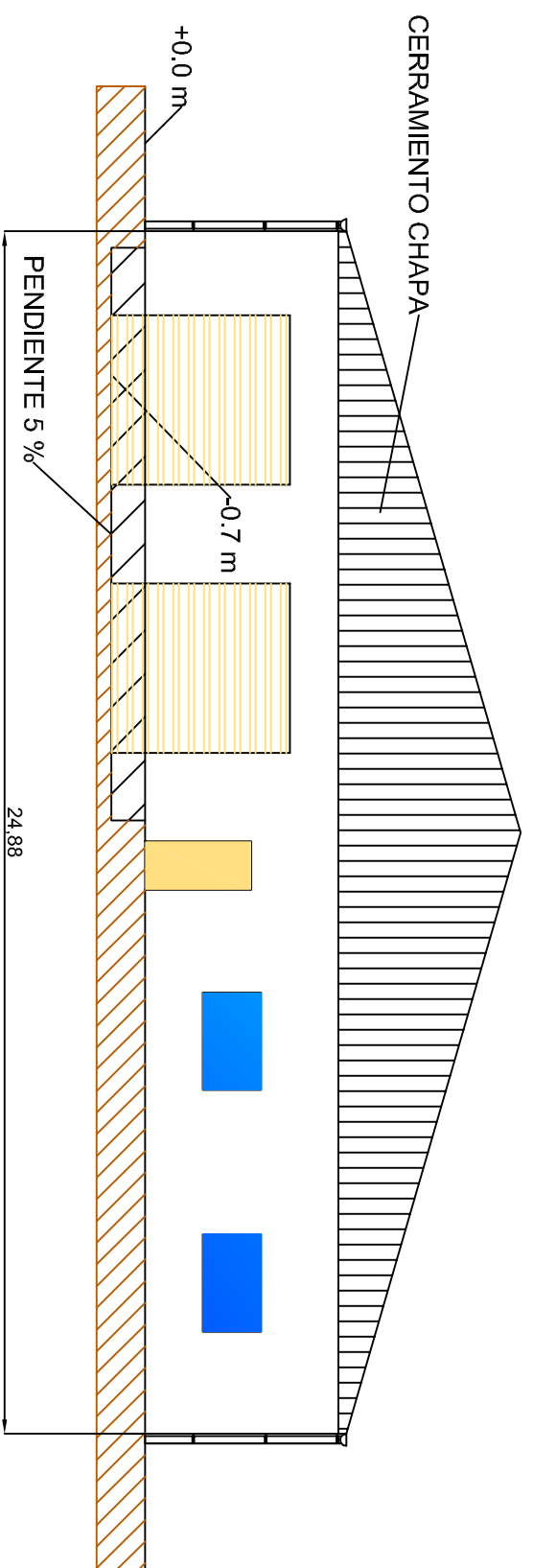
Plano N.º 3








 <b>Universidad de Salamanca</b> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar		<b>PLANTA DE SOLERAS</b> POLIGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR	
Fecha: 04/09/2015		Escala: 1:200	
Fdo.: Daniel Lora Corredera		Plano N.º 5	



  
Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

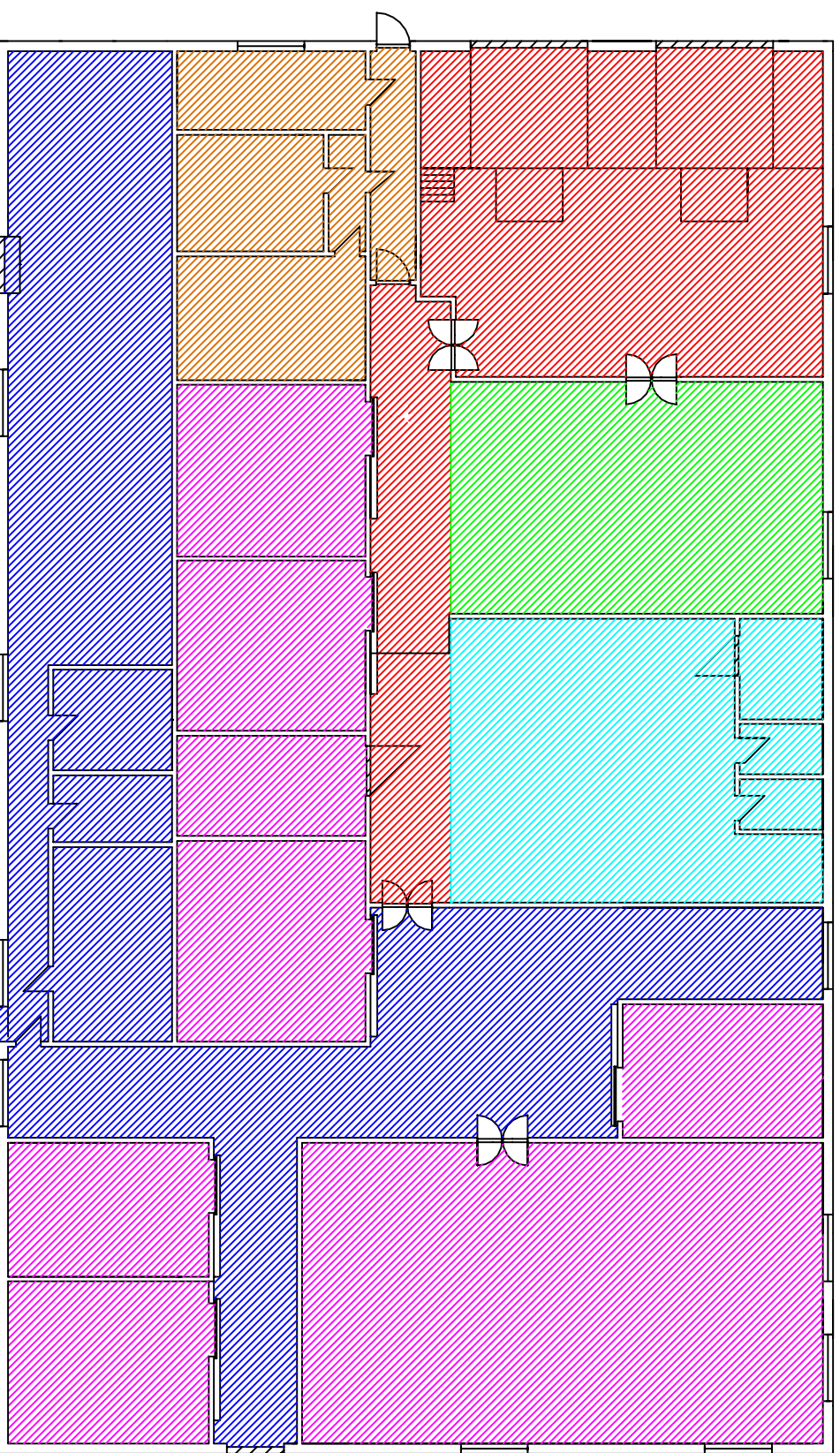
ALZADOS  
Fecha: 04/09/2015  
Escala: 1:150  
Plano N°: 6

Fdo.: Daniel Lora Corredera  
POLÍGONO INDUSTRIAL DE BEJAR





	S.U. (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)
Recepción		
Muelle de carga	115	4
Pasillo principal	43,875	4
Cámara de canales	29	3,5
<b>Total</b>	<b>187,875</b>	
Despiece de productos frescos		
Sala de despiece	75,5	4
Cámara de productos preparados	28,81	3,5
Cámara de productos congelados	24	3,5
<b>Total</b>	<b>128,31</b>	
Producción de embutido		
Obrador	78,2	4
Cámara de masas	7,5	3,5
Almacén de especias	4,125	4
Sala de tripas	4,125	4
Cámara de secado artificial de embutido	24,45	4
<b>Total</b>	<b>118,4</b>	
Producción de jamón ibérico		
Cámara de salazón	17	3,5
Cámara de postsalado	34	3,5
Cámara de secado artificial de jamón	30	4
Bodega	140,4	4
<b>Total</b>	<b>221,4</b>	
Varios		
Almacenes de varios	137,5	4
Almacén de paquetería, útiles de trabajo y productos de limpieza	20,7	4
Cuarto eléctrico	7	4
Oficinas	13,75	3
Vestuarios	41,52	3
Pasillo público	9,24	3
Pasillos posteriores	88	4
<b>Total</b>	<b>317,71</b>	
<b>Total superficie útil (m<sup>2</sup>)</b>	<b>973,695</b>	
<b>Total superficie construida (m<sup>2</sup>)</b>	<b>1057,25</b>	



- RECEPCIÓN
- PREPARACIÓN DE PRODUCTOS FRESCOS
- PREPARACIÓN DE JAMONES Y EMBUTIDOS
- ALMACENAMIENTO DE ÚTILES Y VARIOS
- CÁMARAS Y BODEGA
- OFICINAS, VESTUARIOS Y ACCESO PÚBLICO

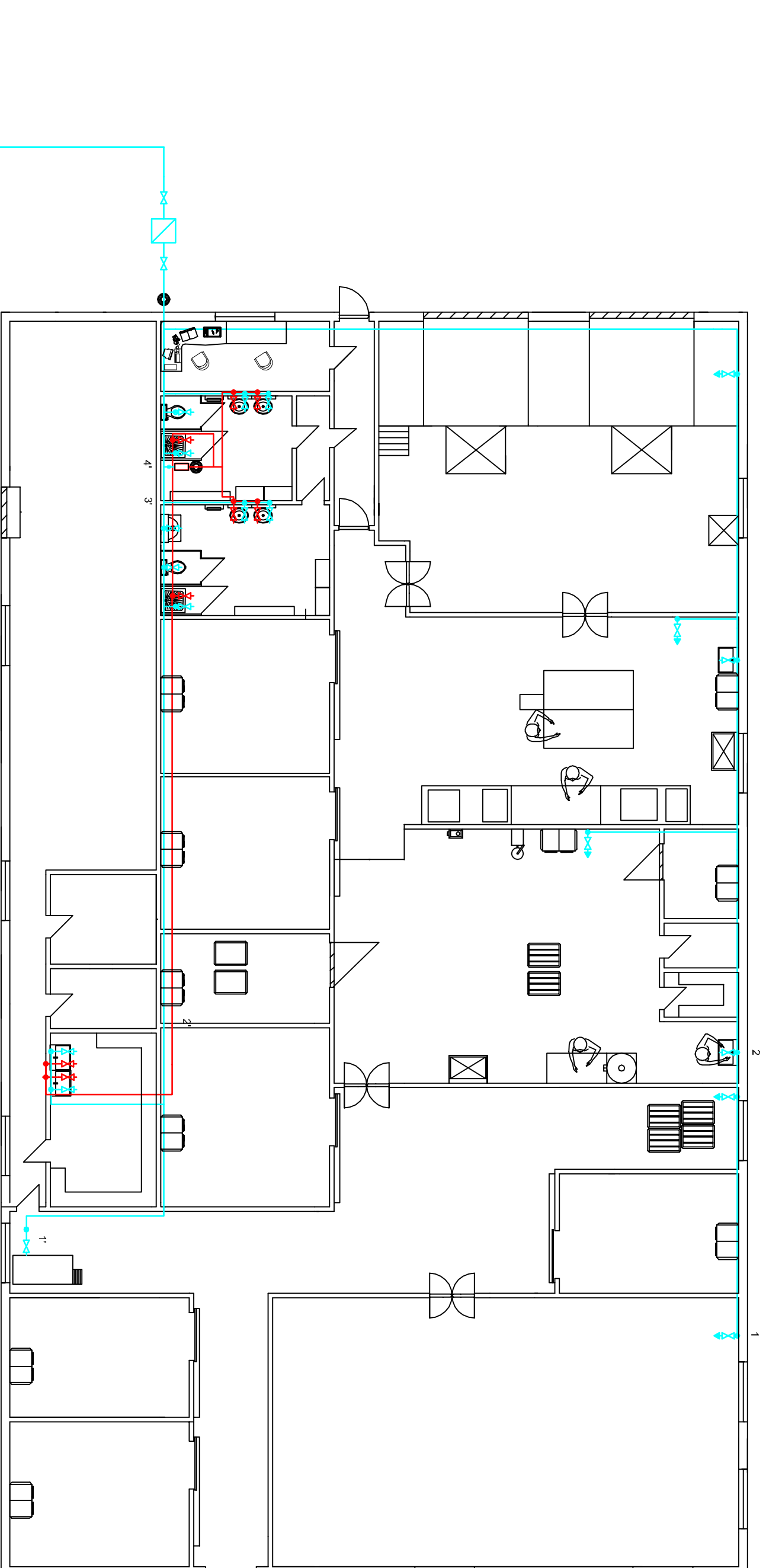


Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE ACTIVIDADES POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR

Fecha: 04/09/2015  
Escala: 1:200  
Plano N.º: 8

Fdo.: Daniel Lora Corredera



- ASCENDENTE HASTA FALSO TECHO
- BAJANTE DESDE FALSO TECHO DE AGUA FRÍA
- BAJANTE DESDE FALSO TECHO DE AGUA CALIENTE
- ⊗ VÁLVULA DE COMPUERTA
- CONTADOR
- ⊗ LLAVE DE TOMA

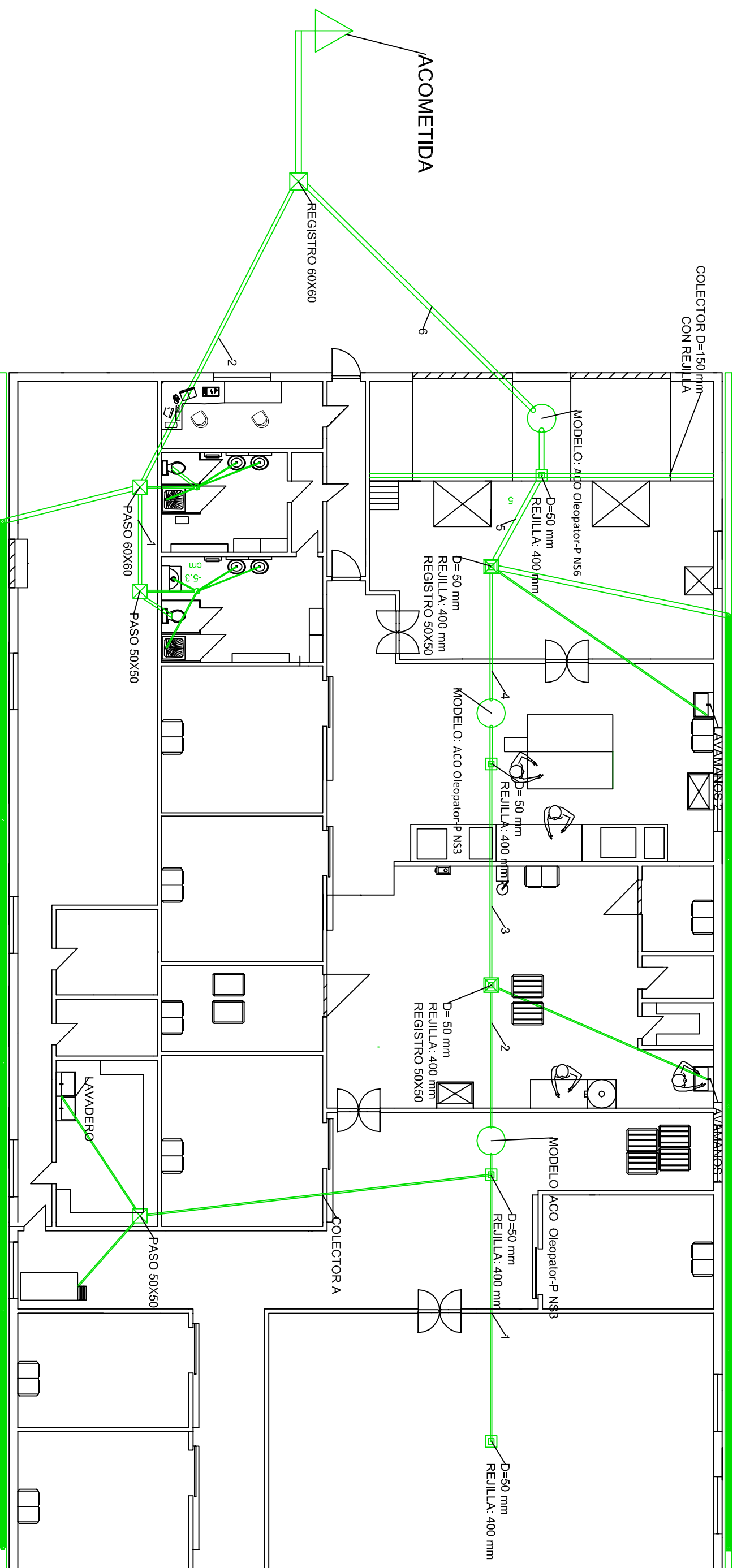








Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

Fecha: 04/09/2015  
Escala: 1:150  
Plano N.º: 9

PLANTA DE SUMINISTRO DE AGUA  
POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR

Fdo.: Daniel Lora Corredera



-  ARQUETA DE PASO/REGISTRO
-  SUMIDERO SIFÓNICO TRASEGADO
-  SEPARADOR DE GRASAS 'ACO'
-  BOTE SIFÓNICO
-  BAJANTE DE AGUAS PLUVIALES
-  COLECTOR DE AGUAS PLUVIALES



Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

PLANTA DE  
SANEAMIENTO

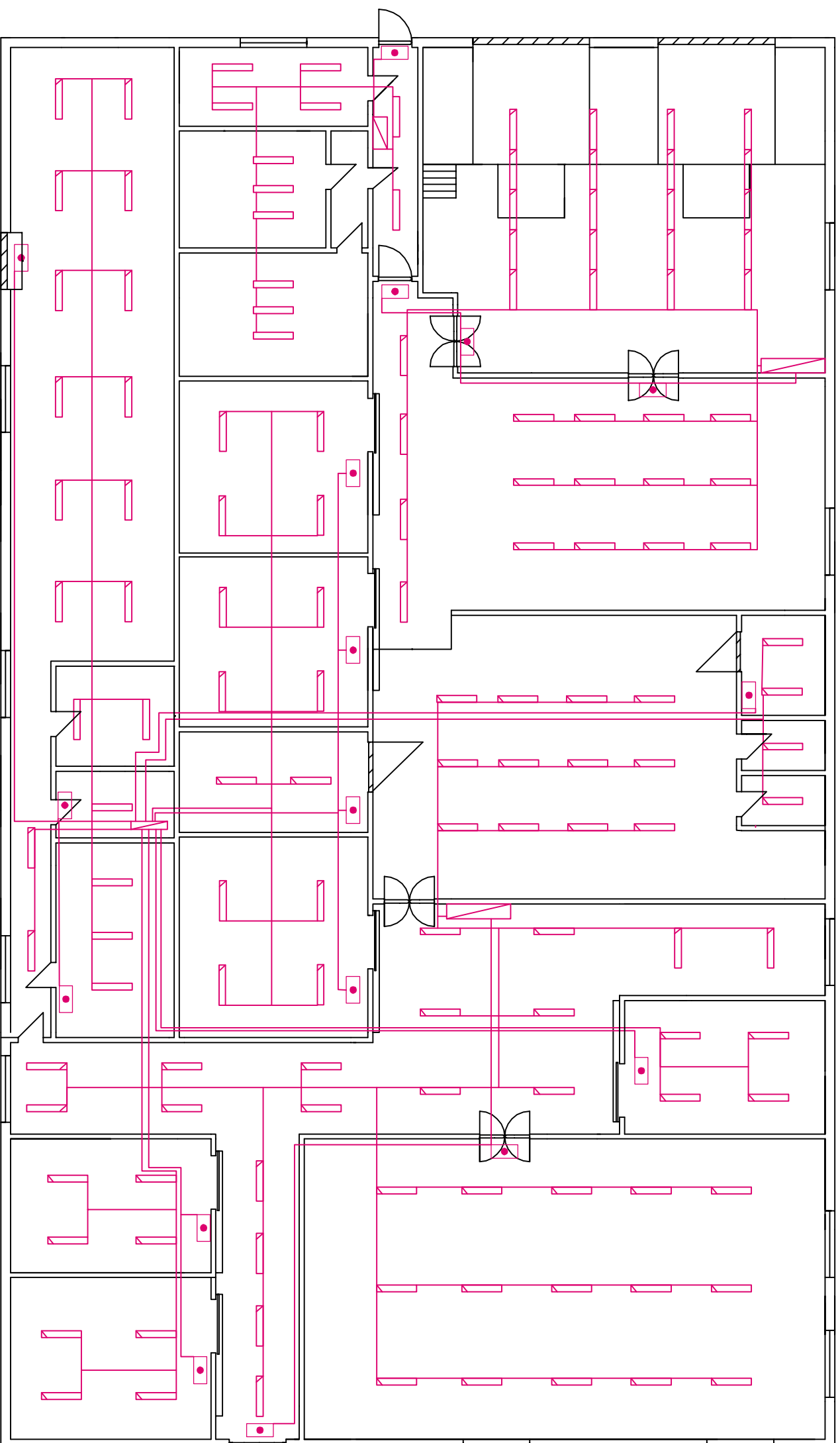
POLIGONO INDUSTRIAL  
DE BÉJAR





Fecha:  
04/09/2015

Escala:  
1:150

Plano N.º:  
10

Fdo.: Daniel Lora Corredera



-  LUMINARIA FLUORESCENTE 2X36 W
-  LUMINARIA FLUORESCENTE ESTANCA 2X36 W
-  CUADRO DE PROTECCIÓN
-  LUMINARIA DE EMERGENCIA 8 W



Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

Fdo.: Daniel Lora Corredera

PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS  
POLÍGONO INDUSTRIAL DE BÉJAR

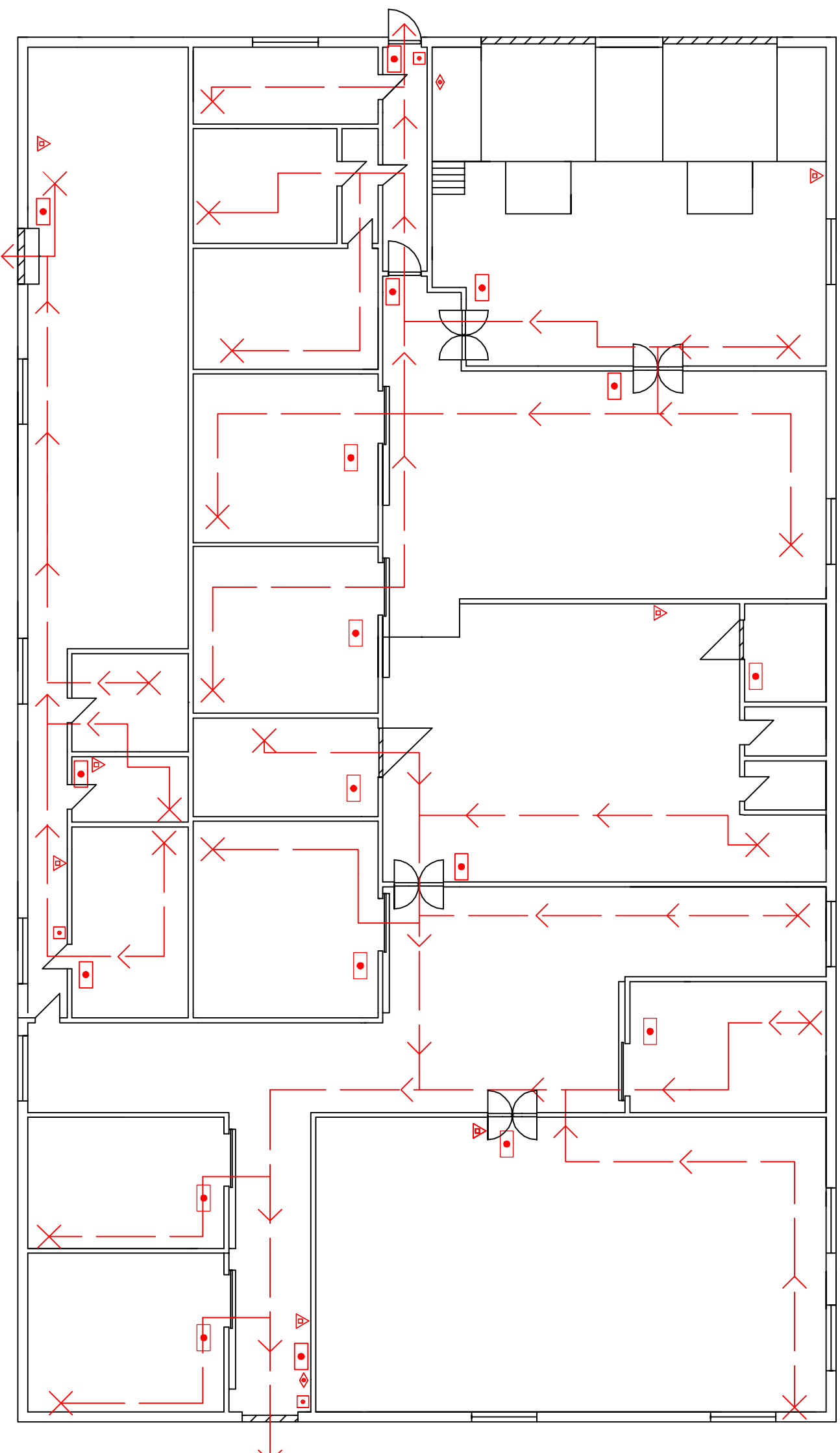
Fecha: 04/09/2015  
Escala: 1:150  
Plano N.º: 11











- ✕ ORIGEN DE EVACUACIÓN
- ◻ PULSADOR DE ALARMA
- ◊ SISTEMA FLUO DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS
- ▲ EXTINTOR DE POLVO ABC (21 A/113 B)
- ◻ ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA
- RECORRIDO DE EVACUACIÓN



Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

PLANTA DE  
PROTECCIÓN CONTRA  
INCENDIOS  
POLÍGONO INDUSTRIAL  
DE BÉJAR

Fecha: 04/09/2015

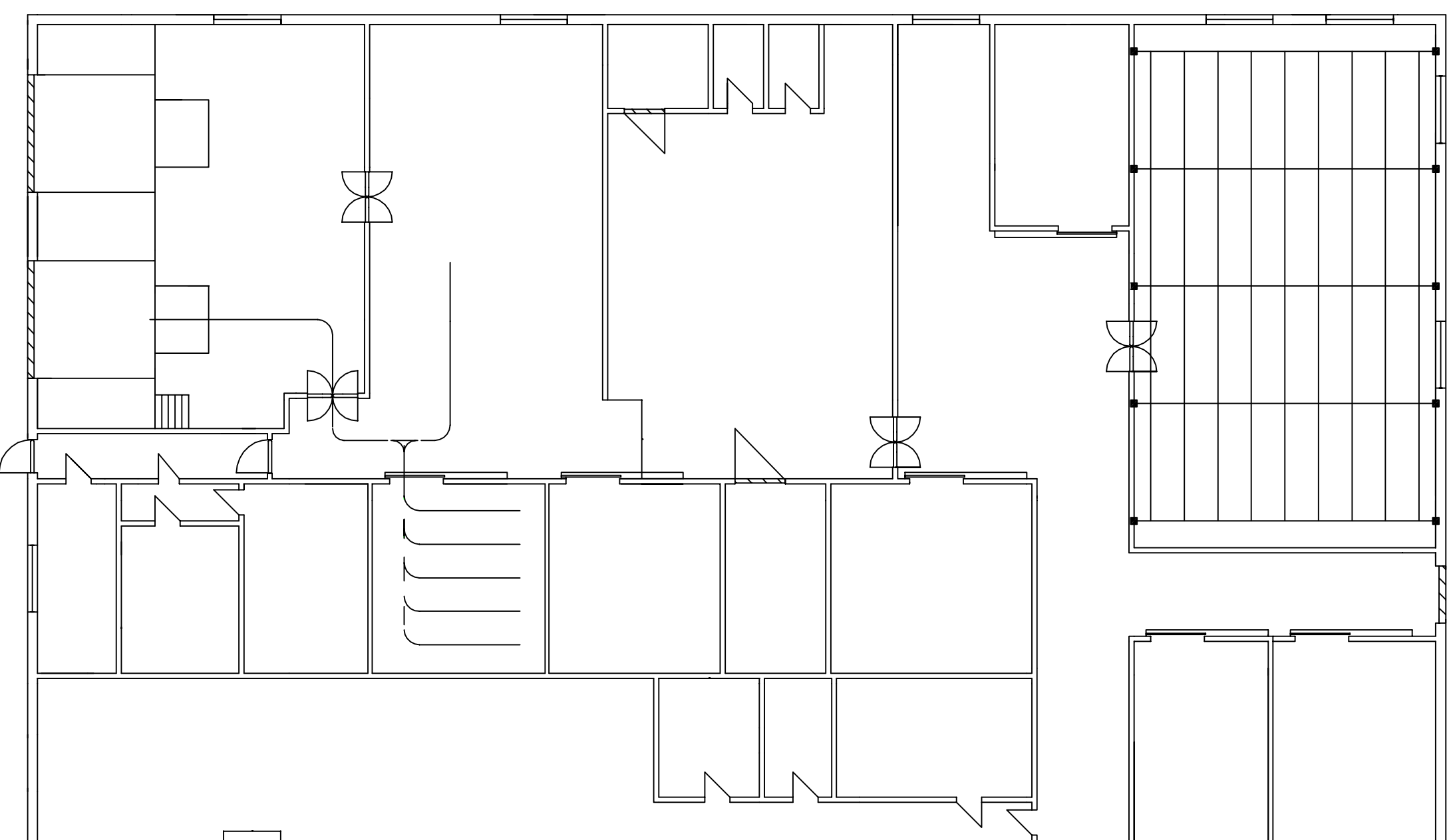
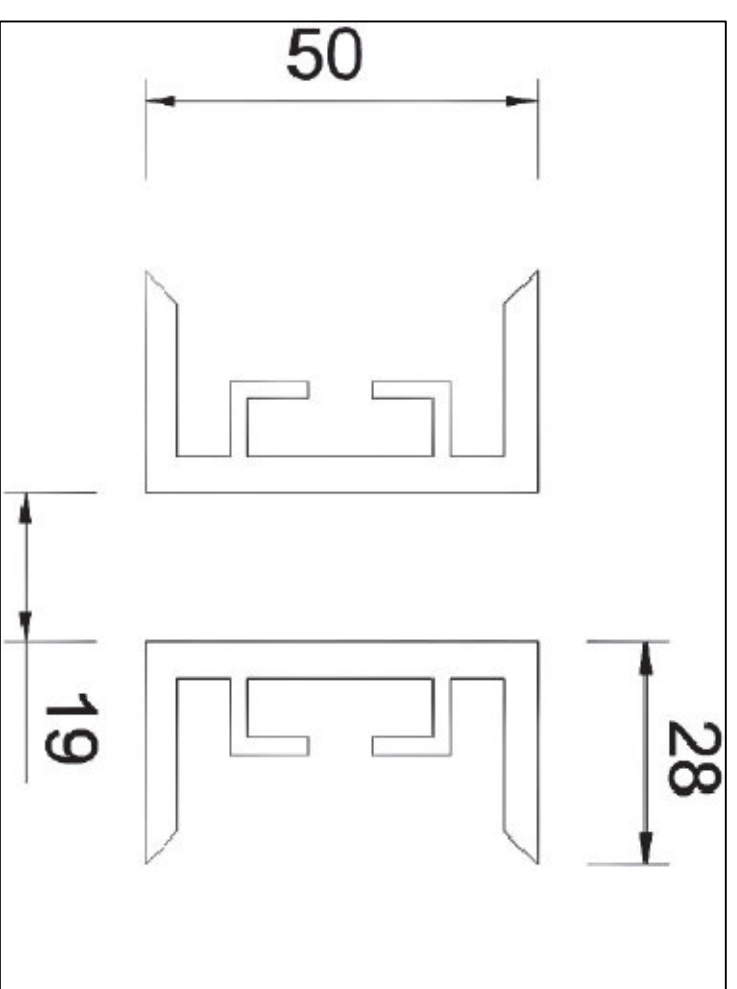
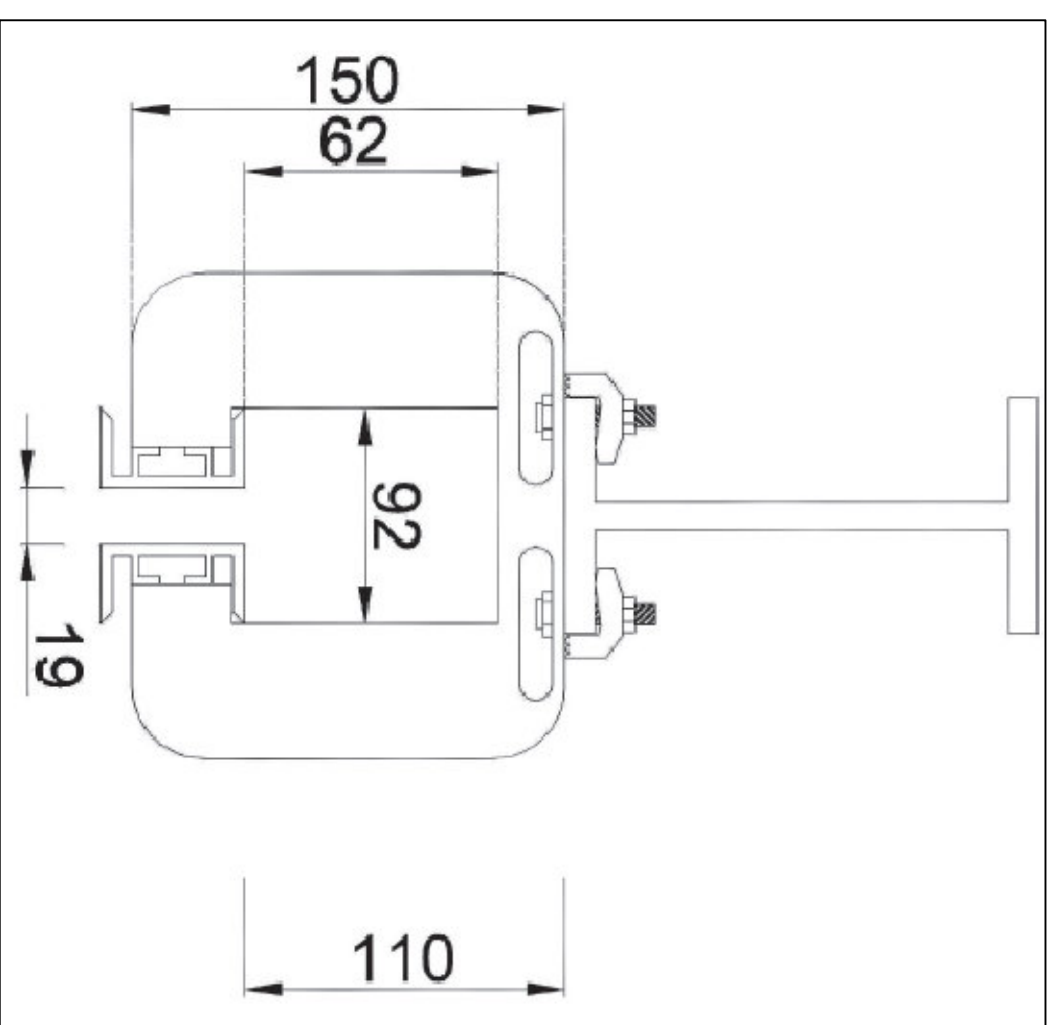
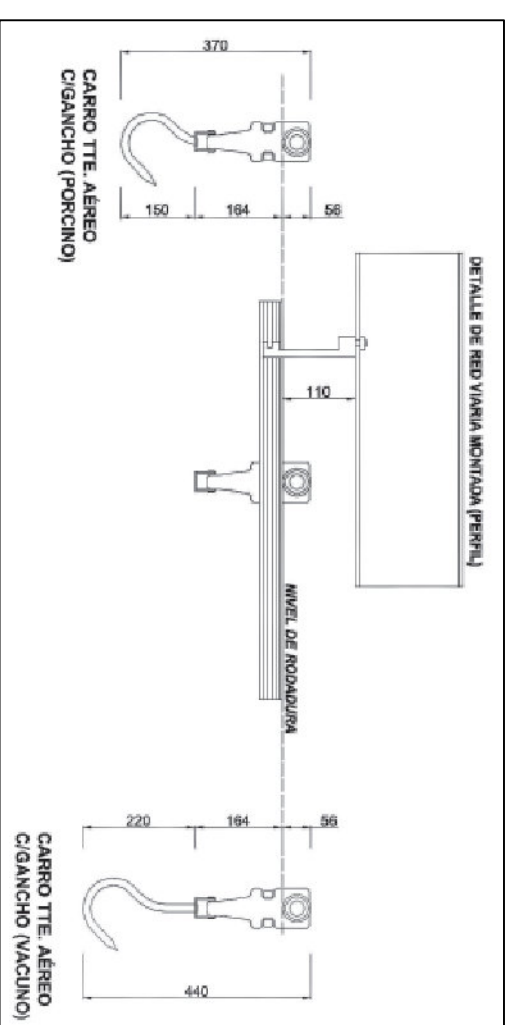
Escala: 1:150

Plano N.º: 15

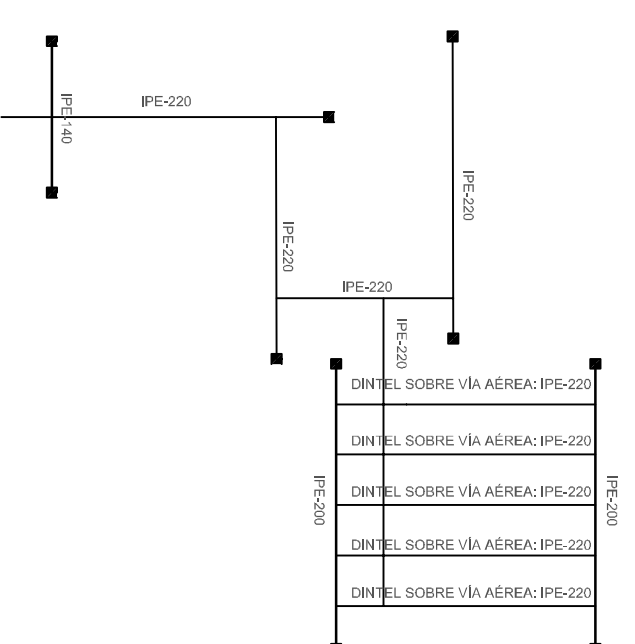
Fdo.: Daniel Lora Corredera



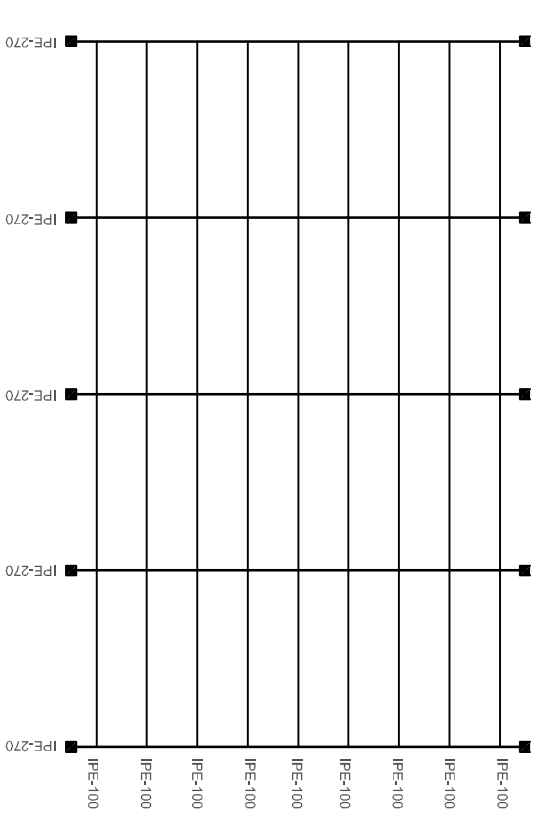
# DETALLES VÍA AÉREA BIRRAIL



# ESTRUCTURA PORTANTE VÍA AÉREA BIRRAIL




# ESTRUCTURA PORTANTE BODEGA



PERFIL	EMPLEO	CANTIDAD	LONGITUD (m)
IPE-140	DINTEL	1	3
IPE-200	DINTEL	2	5,65
		5	5,2
		4	1
		1	2,1
IPE-220	DINTEL	1	3,5
		1	6
		1	4,8
		1	6,5
		4	3,1
TUBO150X100X10	PLAR	6	3,3

PERFIL	EMPLEO	CANTIDAD	LONGITUD (m)
IPE-100	DINTEL	18	7
IPE-270	DINTEL	5	9
TUBO 250X150X5	PLAR	10	3



Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

VÍA AÉREA BIRRAIL

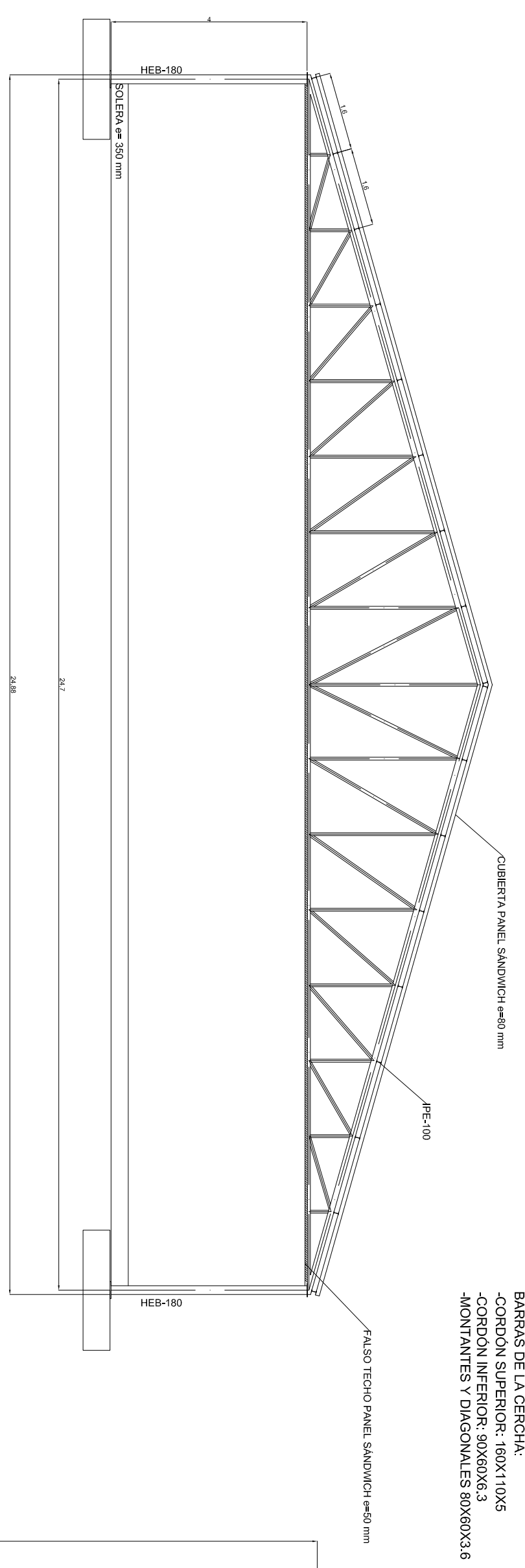
POLIGONO INDUSTRIAL DE BEJAR

Fecha: 04/09/2015

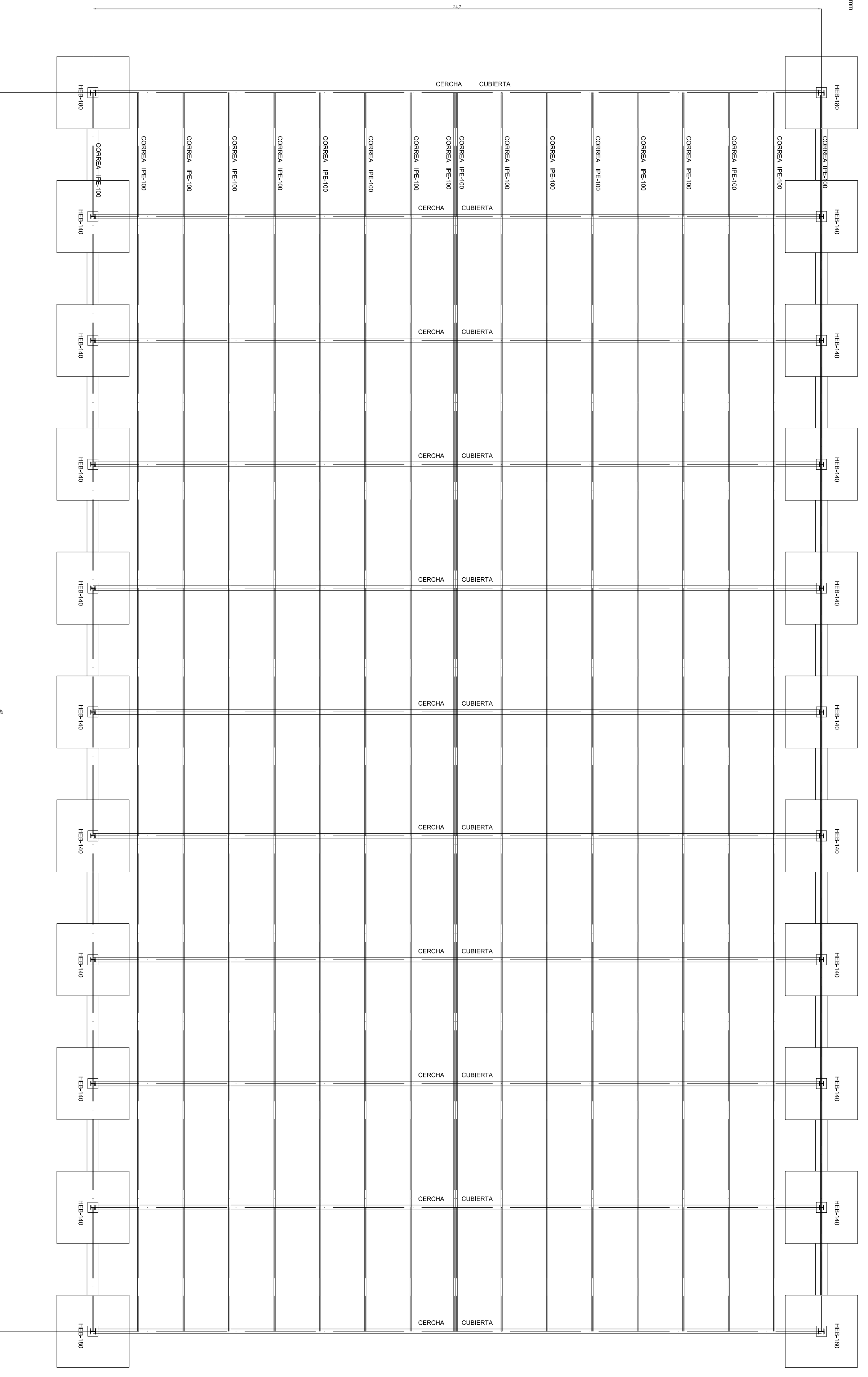
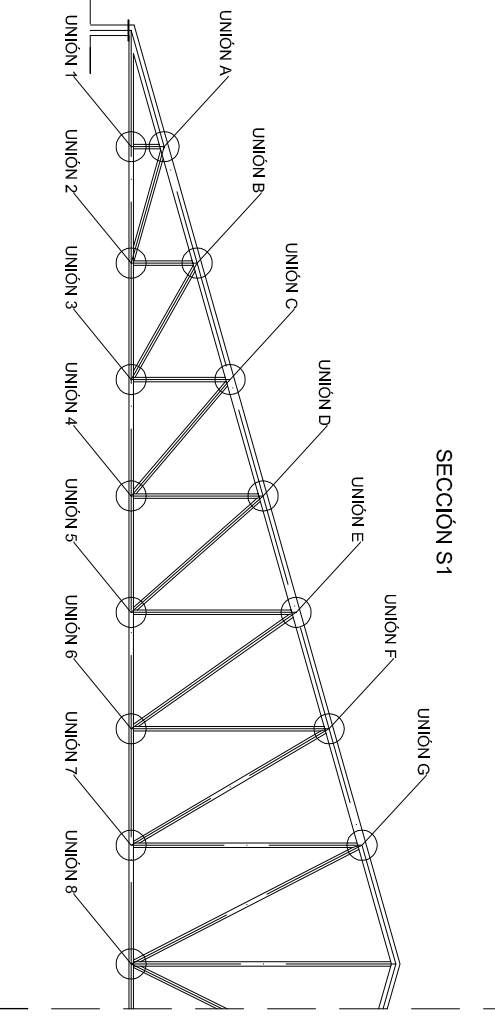
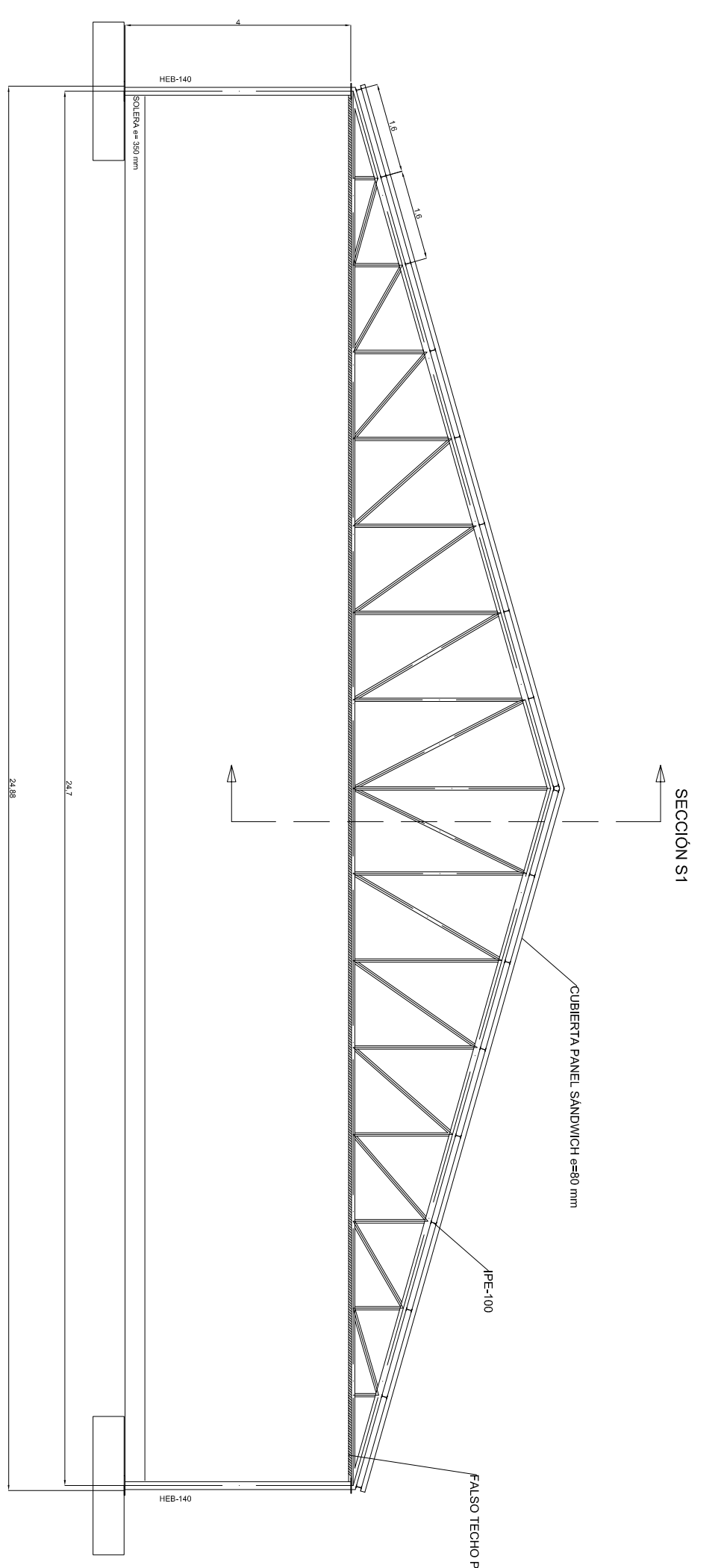
Escala: 1:150

Plano N°: 16

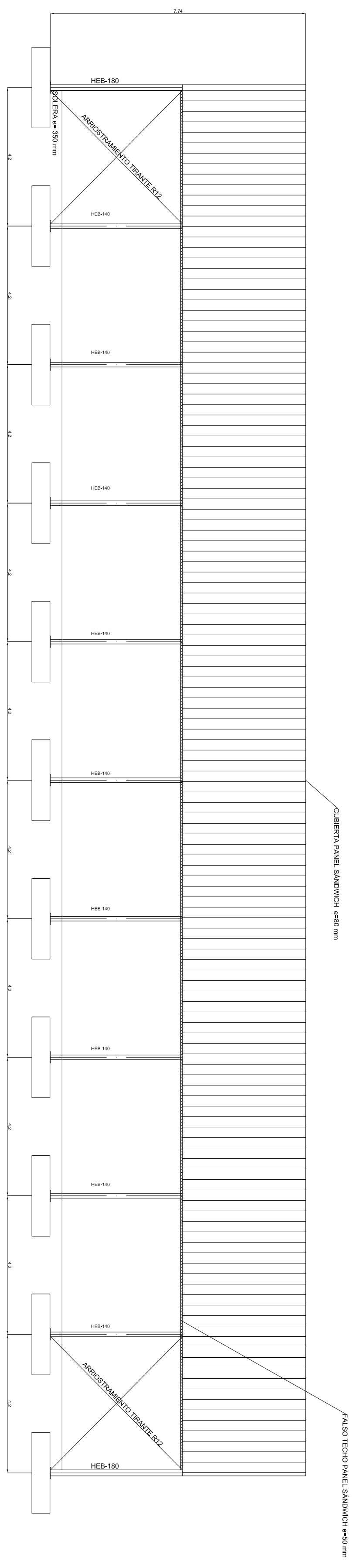
Fdo.: Daniel Lora Corredera




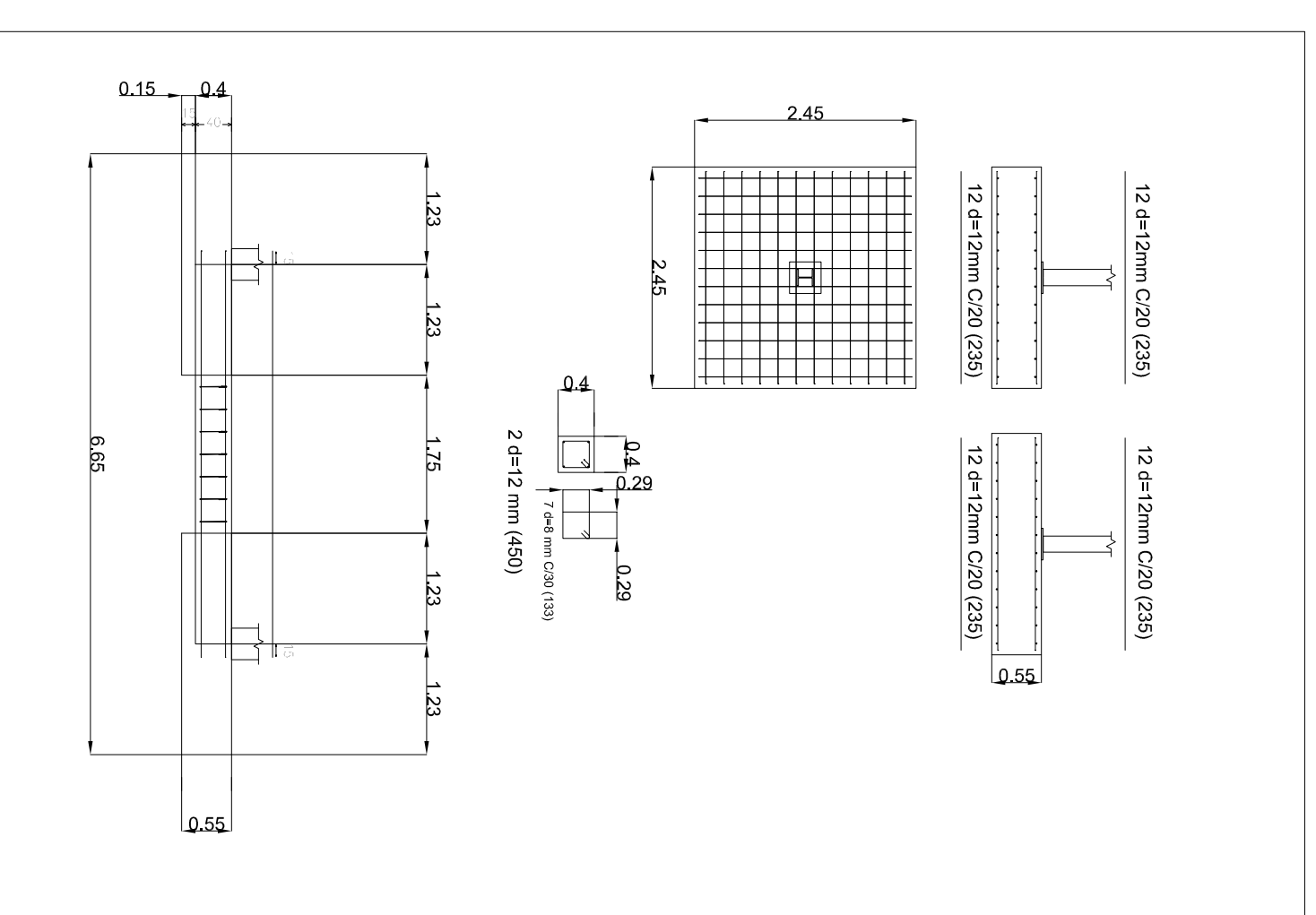
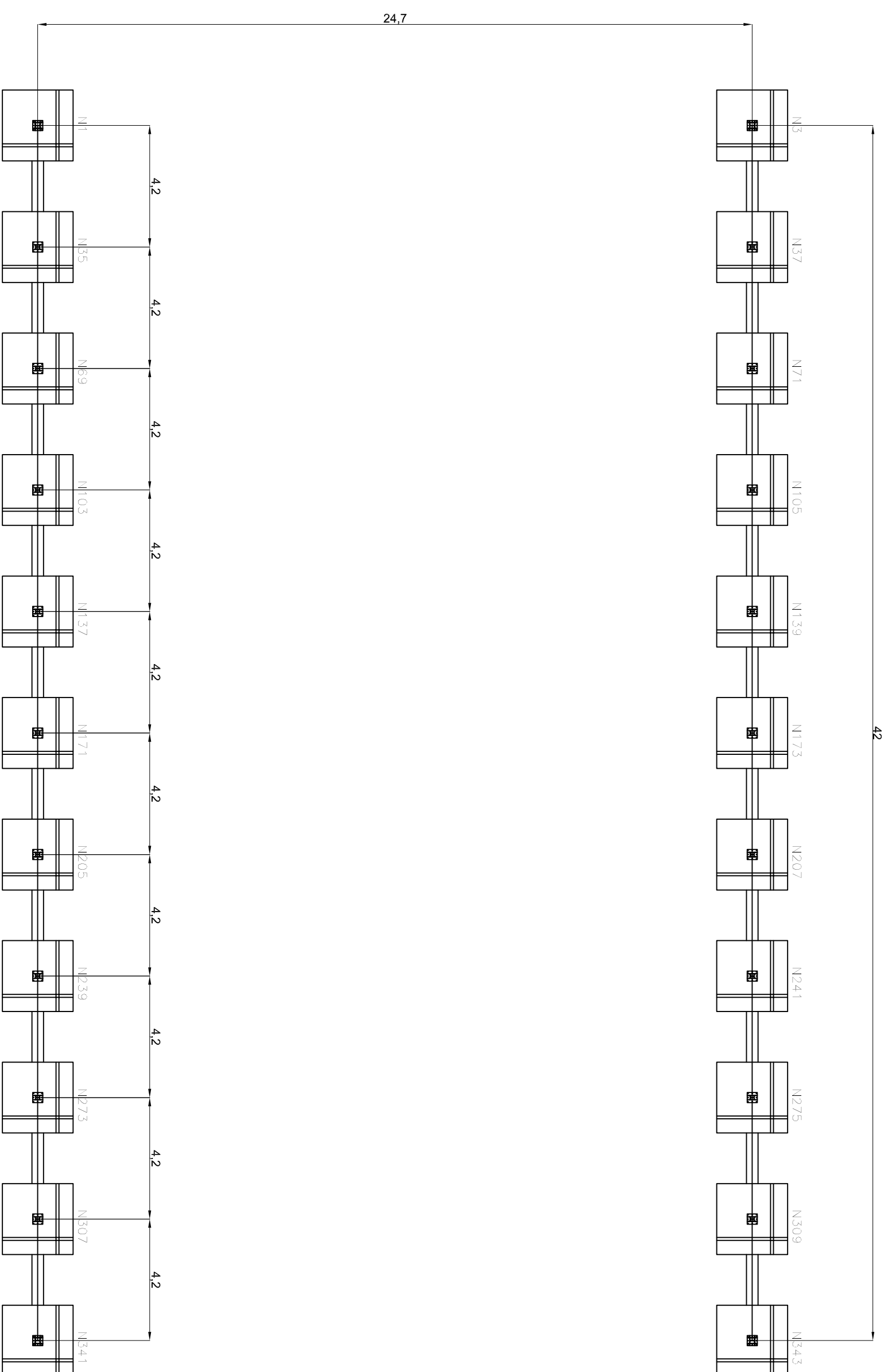
BARRAS DE LA CERCHA:  
 -CORDON SUPERIOR: 80X80X3,6  
 -CORDON INFERIOR: 160X110X5  
 -MONTANTES: 1 20X20X3,6  
 -MONTANTES 2: 20X20X3,6



Unión A	Unión B	Unión C	Unión D	Unión E	Unión F	Unión G
Alzado	Alzado	Alzado	Alzado	Alzado	Alzado	Alzado
Unión 1	Unión 2	Unión 3	Unión 4	Unión 5	Unión 6	Unión 7
Alzado	Alzado	Alzado	Alzado	Alzado	Alzado	Alzado
Unión 8						
Alzado						




 Universidad de Salamanca  
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Edificios  
 ESTRUCTURA METALICA  
 POLIGONO INDUSTRIAL DE BELAR  
 Fecha: 04/09/2015  
 Escala: 1:100  
 Fdo.: Daniel Lora Corredera  
 Plano N.º 17



Universidad de Salamanca  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar

Fecha: 04/09/2015  
Escala: 1:150  
Plano Nº: 18

PLANTA DE  
REPLANTEO Y  
CIMENTACIÓN  
POLÍGONO INDUSTRIAL  
DE BEJAR

Fdo.: Daniel Lora Corredera

# VI. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

---

**Índice**

1. Memoria informativa .....	4
1.1. Objeto del estudio de seguridad y salud .....	4
1.2. Datos de la obra .....	4
1.3. Condiciones del solar.....	5
1.4. Descripción del proceso constructivo.....	5
2. Memoria descriptiva.....	9
2.1. Organización de la seguridad en obra.....	9
2.2. Actuaciones previas .....	9
2.3. Servicios para el personal .....	9
2.4. Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar .....	9
2.4.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra .....	12
2.4.2. Durante las fases de ejecución de la obra .....	14
2.4.3. Durante la utilización de medios auxiliares.....	18
2.4.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas .....	22
2.4.5.-Durante la utilización de medios auxiliares .....	29
2.4.6. Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento .....	33
3. Pliego de condiciones .....	36
3.1. Pliego de cláusulas administrativas .....	36
3.1.1. Disposiciones generales.....	36
3.1.2. Disposiciones facultativas .....	36
3.1.3. Formación en Seguridad.....	41
3.1.4. Reconocimientos médicos .....	42
3.1.5. Salud e higiene en el trabajo.....	42
3.1.6. Documentación de obra .....	43
3.1.7. Disposiciones Económicas .....	46

3.2. Pliego de condiciones técnicas particulares.....	47
3.2.1. Medios de protección colectiva .....	47
3.2.2. Medios de protección individual .....	47
3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort .....	48

## **1. Memoria informativa**

### **1.1. Objeto del estudio de seguridad y salud**

En el presente Estudio de Seguridad y Salud se definen las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con la legislación vigente, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos

### **1.2. Datos de la obra**

El edificio se situará en la parcela N° 8 de la Calle Ángel Izard, de la fase II del Polígono Industrial de Béjar, situado al noroeste de Béjar, provincia de Salamanca.

El edificio será empleado para la actividad industrial de despiece y preparado de productos cárnicos, donde también se incluyen procesos de embutido y curado, recepción, almacenamiento y expedición, además del uso administrativo de las oficinas.

El edificio se proyecta sobre la parcela del Polígono Industrial de Béjar en una única planta.

El presupuesto de ejecución material estimado para el presente proyecto es de 600000 €.

Se estima un plazo de ejecución de 30 días laborales, con 20 empleados trabajando a la vez en la obra.

Por el momento no existen edificaciones colindantes a la del presente proyecto.

### **1.3. Condiciones del solar**

La obra presenta acceso por la parte frontal a través de la Calle Alcalde Ángel Izard, en la cual se prevé cierta presencia de personas ajenas a la obra debido a la edificación existente en la parcela de en frente.

Durante los periodos en los que se produzca entrada y salida de vehículos se señalizará convenientemente el acceso de los mismos, tomándose todas las medidas oportunas establecidas por la Dirección General de Tráfico y por la Policía Local, para evitar posibles accidentes de circulación.

Se conservarán los bordillos y el pavimento de las aceras colindantes, causando el mínimo deterioro posible y reponiendo, en cualquier caso, aquellas unidades en las que se aprecie algún desperfecto.

Se trata de un solar prácticamente nivelado formado por limos y roca granítica como terreno de asentamiento.

El suministro de electricidad y de agua se realizarán a través de las acometidas existentes para las instalaciones de la propia nave.

El centro médico de asistencia más próximo se sitúa a 7 km en la Calle Travesía de Santa Ana, en la localidad en Béjar, recorrido realizable en coche en unos 10 minutos.

### **1.4. Descripción del proceso constructivo**

Se realizarán los movimientos de tierra necesarios para ejecutar la cimentación, así como la nivelación de la parcela. La cimentación se realizará mediante zapatas aisladas unidas por vigas de atado.

La estructura portante estará formada por un conjunto de 11 cerchas de tipo Americano, con una luz de 24,7 metros, apoyadas sobre pilares de 4 metros de altura.



La envolvente varía según la zona, pudiéndose diferenciar las zonas que requieren bien un aislamiento térmico o que van a estar en contacto con productos cárnicos y las que no. El cerramiento exterior de toda la nave será una losa alveolar de hormigón prefabricado, embebida en los pilares, en la zona interior, en la zona de vestuarios y oficinas se empleará un tabique y un recubrimiento de yeso, en la zona de recepción, además de dicho tabique se empleará un recubrimiento de acero inoxidable, por otro lado las zonas que requieran climatización se empleará un panel sándwich prefabricado formado por dos chapas de acero inoxidable y una capa de poliuretano en el interior.

La cubierta está formada por un panel sándwich prefabricado de 80 mm de espesor apoyada sobre correas de perfil IPE, que a su vez apoyan sobre los nudos de la cercha, permitiendo el comportamiento como elemento isostático.

Sobre esta estructura se realizarán las perforaciones necesarias para el alojamiento de la carpintería exterior y la salida de conductos de evacuación de humos o ventilación.

A continuación se indican las instalaciones que serán dispuestas en el presente proyecto.

- Abastecimiento de agua: Se instalará una red de distribución de agua potable, que partiendo de la red pública alcance todos los puntos de consumo previstos en el edificio, en condiciones adecuadas de caudal y presión.
- Evacuación de agua: Se realizará una red de saneamiento que evacuará las aguas por separado según se traten de aguas residuales urbanas o industriales, hasta la acometida, en caso de tratarse de aguas residuales industriales, pasando antes por un separador de grasas.
- Suministro eléctrico: Se realizara una acometida eléctrica desde la hornacina de contadores hasta el cuadro general del edificio a través de la canalización subterránea.
- Instalaciones frigoríficas: La instalación se ajustará a lo dispuesto en el R.D. 3099/1977 de 8 de Septiembre, por el que se aprueba el "Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas" y sus Instrucciones Técnicas Complementarias denominadas "MI-IF.

Los sistemas de acabados empleados en cada zona del edificio vienen detallados en la memoria constructiva no requiriéndose en principio ningún tipo de acabado sobre los elementos formados por panel sándwich, ya que lleva un acabado propio de acero inoxidable. Se dispondrá un pavimento multicapa epoxi para obtener un suelo adherente.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

## **2. Memoria descriptiva**

### **2.1. Organización de la seguridad en obra**

### **2.2. Actuaciones previas**

### **2.3. Servicios para el personal**

El lugar de obra estará dotado de un módulo de vestuario con taquillas, colgadores, luz y calefacción, así como aseos con retretes, duchas, lavabos, agua caliente, etc.

El lugar de obra, además estará dotado de un botiquín situado en los vestuarios que contenga, como mínimo, según indica el RD 486/1997, disposiciones mínimas de seguridad en los lugares de trabajo, de los siguientes elementos:

- Desinfectantes y Antisépticos
- Gasas estériles
- Algodón Hidrófilo
- Venda
- Esparadrapo
- Apósitos adhesivos
- Tijeras
- Pinzas
- Guantes desechables

### **2.4. Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar**

A continuación se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir durante las distintas fases de la obra, con las medidas preventivas y de protección colectiva a adoptar con el fin de eliminar o reducir al máximo dichos riesgos, así como los equipos de protección individual (EPI) imprescindibles para mejorar las condiciones de seguridad y salud en la obra.

Riesgos generales más frecuentes

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel
- Desprendimiento de cargas suspendidas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas

- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Electrocuciiones por contacto directo o indirecto
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas de carácter general

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra
- Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra
- Los recursos preventivos de la obra tendrán presencia permanente en aquellos trabajos que entrañen mayores riesgos, en cumplimiento de los supuestos regulados por el Real Decreto 604/06 que exigen su presencia.
- Las operaciones que entrañen riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de una persona cualificada, debidamente instruida
- Se suspenderán los trabajos en caso de tormenta y cuando llueva con intensidad o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h
- Cuando las temperaturas sean extremas, se evitará, en la medida de lo posible, trabajar durante las horas de mayor insolación
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída
- La manipulación de los elementos pesados se realizará por personal cualificado, utilizando medios mecánicos o palancas, para evitar sobreesfuerzos innecesarios
- Ante la existencia de líneas eléctricas aéreas, se guardarán las distancias mínimas preventivas, en función de su intensidad y voltaje

- No se realizará ningún trabajo dentro del radio de acción de las máquinas o vehículos
- Los operarios no desarrollarán trabajos, ni permanecerán, debajo de cargas suspendidas
- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en altura
- Se utilizarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas
- Dentro del recinto de la obra, los vehículos y máquinas circularán a una velocidad reducida, inferior a 20 km/h

Equipos de protección individual (EPI) a utilizar en las distintas fases de ejecución de la obra

- Casco de seguridad homologado
- Casco de seguridad con barboquejo
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de goma
- Guantes de cuero
- Guantes aislantes
- Calzado con puntera reforzada
- Calzado de seguridad con suela aislante y anticlavos
- Botas de caña alta de goma
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra
- Ropa de trabajo impermeable
- Faja antilumbago
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

### **2.4.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra**

Se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir en los trabajos previos a la ejecución de la obra, con las medidas preventivas, protecciones colectivas y equipos de protección individual (EPI), específicos para dichos trabajos.

#### **2.4.1.1. Instalación eléctrica provisional**

Riesgos más frecuentes

- Electrocuciiones por contacto directo o indirecto
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de partículas en los ojos
- Incendios

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, mediante el sistema de protección de puesta a tierra y dispositivos de corte (interruptores diferenciales)
- Se respetará una distancia mínima a las líneas de alta tensión de 6 m para las líneas aéreas y de 2 m para las líneas enterradas
- Se comprobará que el trazado de la línea eléctrica no coincide con el del suministro de agua
- Se ubicarán los cuadros eléctricos en lugares accesibles, dentro de cajas prefabricadas homologadas, con su toma de tierra independiente, protegidas de la intemperie y provistas de puerta, llave y visera
- Se utilizarán solamente conducciones eléctricas antihumedad y conexiones estancas
- En caso de tender líneas eléctricas sobre zonas de paso, se situarán a una altura mínima de 2,2 m si se ha dispuesto algún elemento para impedir el paso de vehículos y de 5,0 m en caso contrario
- Los cables enterrados estarán perfectamente señalizados y protegidos con tubos rígidos, a una profundidad superior a 0,4 m
- Las tomas de corriente se realizarán a través de clavijas blindadas normalizadas

- Quedan terminantemente prohibidas las conexiones triples (ladrones) y el empleo de fusibles caseros, empleándose una toma de corriente independiente para cada aparato o herramienta

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado aislante para electricistas
- Guantes dieléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes
- Ropa de trabajo impermeable
- Ropa de trabajo reflectante

#### **2.4.1.2. Vallado de obra**

##### Riesgos más frecuentes

- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de fragmentos o de partículas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido

##### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se prohibirá el aparcamiento en la zona destinada a la entrada de vehículos a la obra
- Se retirarán los clavos y todo el material punzante resultante del vallado
- Se localizarán las conducciones que puedan existir en la zona de trabajo, previamente a la excavación

#### Equipos de protección individual (EPI)



- Calzado con puntera reforzada
- Guantes de cuero
- Ropa de trabajo reflectante

## **2.4.2. Durante las fases de ejecución de la obra**

### **2.4.2.1. Cimentación**

Riesgos más frecuentes

- Inundaciones o filtraciones de agua
- Vuelcos, choques y golpes provocados por la maquinaria o por vehículos

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se colocarán protectores homologados en las puntas de las armaduras de espera
- El transporte de las armaduras se efectuará mediante eslingas, enlazadas y provistas de ganchos con pestillos de seguridad
- Se retirarán los clavos sobrantes y los materiales punzantes

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes homologados para el trabajo con hormigón
- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras
- Botas de goma de caña alta para hormigonado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

### **2.4.2.2. Estructura**

Riesgos más frecuentes

- Desprendimientos de los materiales de encofrado por apilado incorrecto
- Caída del encofrado al vacío durante las operaciones de desencofrado
- Cortes al utilizar la sierra circular de mesa o las sierras de mano

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se protegerá la vía pública con una visera de protección formada por ménsula y entablado
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída
- Guantes homologados para el trabajo con hormigón
- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras
- Botas de goma de caña alta para hormigonado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

#### **2.4.2.3. Cerramientos y revestimientos exteriores**

##### Riesgos más frecuentes

- Caída de objetos o materiales desde distinto nivel
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Afecciones cutáneas por contacto con morteros, yeso, escayola o materiales aislantes

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Marquesinas para la protección frente a la caída de objetos
- No retirada de las barandillas antes de la ejecución del cerramiento

Equipos de protección individual (EPI)

- Uso de mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra

#### **2.4.2.4. Cubiertas**

Riesgos más frecuentes

- Caída por los bordes de cubierta o deslizamiento por los faldones

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- El acopio de los materiales de cubierta se realizará en zonas alejadas de los bordes o aleros, y fuera de las zonas de circulación, preferentemente sobre vigas o soportes
- El acceso a la cubierta se realizará mediante escaleras de mano homologadas, ubicadas en huecos protegidos y apoyadas sobre superficies horizontales, sobrepasando 1,0 m la altura de desembarque
- Se instalarán anclajes en la cumbrera para amarrar los cables y/o los cinturones de seguridad

Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado con suela antideslizante
- Ropa de trabajo impermeable
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

#### **2.4.2.5. Compartimentación**

Riesgos más frecuentes

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel
- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc.

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en altura
- Se utilizarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas
- El acopio de los materiales de cubierta se realizará en zonas alejadas de los bordes o aleros, y fuera de las zonas de circulación, preferentemente sobre vigas o soportes
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas

#### Equipos de protección individual (EPI)

- Casco de seguridad homologado
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de cuero
- Calzado con puntera reforzada
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra
- Faja antilumbago
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

#### **2.4.2.6. Instalaciones en general**

#### Riesgos más frecuentes

- Electrocuci3nes por contacto directo o indirecto
- Quemaduras producidas por descargas el3ctricas
- Intoxicaci3n por vapores procedentes de la soldadura
- Incendios y explosiones

#### Medidas preventivas y protecciones colectivas

- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estar3 formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas espec3ficas para cada labor
- Se utilizar3n solamente l3mparas port3tiles homologadas, con manguera antihumedad y clavija de conexi3n normalizada, alimentadas a 24 voltios
- Se utilizar3n herramientas port3tiles con doble aislamiento

#### Equipos de protecci3n individual (EPI)

- Guantes aislantes en pruebas de tensi3n
- Calzado con suela aislante ante contactos el3ctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensi3n
- Herramientas aislantes

#### **2.4.3. Durante la utilizaci3n de medios auxiliares**

La prevenci3n de los riesgos derivados de la utilizaci3n de los medios auxiliares de la obra se realizar3 atendiendo a las prescripciones de la Ley de Prevenci3n de Riesgos Laborales y a la Ordenanza de Trabajo en la Construcci3n, Vidrio y Cer3mica (Orden de 28 de agosto de 1970), prestando especial atenci3n a la Secci3n 3<sup>a</sup> "Seguridad en el trabajo en las industrias de la Construcci3n y Obras P3blicas" Subsecci3n 2<sup>a</sup> "Andamios en general".

En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Relación de medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

#### **2.4.3.1. Puntales**

- No se retirarán los puntales, ni se modificará su disposición una vez hayan entrado en carga, respetándose el periodo estricto de desencofrado
- Los puntales no quedarán dispersos por la obra, evitando su apoyo en posición inclinada sobre los paramentos verticales, acopiándose siempre cuando dejen de utilizarse
- Los puntales telescópicos se transportarán con los mecanismos de extensión bloqueados

#### **2.4.3.2. Torre de hormigonado**

- Se colocará, en un lugar visible al pie de la torre de hormigonado, un cartel que indique "Prohibido el acceso a toda persona no autorizada"
- Las torres de hormigonado permanecerán protegidas perimetralmente mediante barandillas homologadas, con rodapié, con una altura igual o superior a 0,9 m
- No se permitirá la presencia de personas ni de objetos sobre las plataformas de las torres de hormigonado durante sus cambios de posición
- En el hormigonado de los pilares de esquina, las torres de hormigonado se ubicarán con la cara de trabajo situada perpendicularmente a la diagonal interna del pilar, con el fin de lograr la posición más segura y eficaz

#### **2.4.3.3. Escalera de mano**

- Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras
- Dispondrán de zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros

- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas
- Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares
- Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal
- El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de la altura de desembarque, medido en la dirección vertical
- El operario realizará el ascenso y descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas
- Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

#### **2.4.3.4. Visera de protección**

- La visera sobre el acceso a obra se construirá por personal cualificado, con suficiente resistencia y estabilidad, para evitar los riesgos más frecuentes
- Los soportes de la visera se apoyarán sobre durmientes perfectamente nivelados
- Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de forma inmediata para su reparación o sustitución

#### **2.4.3.5. Andamio de borriquetas**

- Los andamios de borriquetas se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas
- Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando totalmente prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos
- Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas
- Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro

#### **2.4.3.6. Plataforma de descarga**

- Se utilizarán plataformas homologadas, no admitiéndose su construcción "in situ"
- Las características resistentes de la plataforma serán adecuadas a las cargas a soportar, disponiendo un cartel indicativo de la carga máxima de la plataforma
- Dispondrá de un mecanismo de protección frontal cuando no esté en uso, para que quede perfectamente protegido el frente de descarga
- La superficie de la plataforma será de material antideslizante
- Se conservará en perfecto estado de mantenimiento, realizándose inspecciones en la fase de instalación y cada 6 meses

#### **2.4.3.7. Plataforma suspendida**

- Se realizará una inspección antes de iniciar cualquier actividad en el andamio, prestando especial atención a los cables, a los mecanismos de elevación, a los pescantes y a los puntos de amarre
- Se verificará que la separación entre el paramento vertical de trabajo y la cara del andamio es inferior a 0,3 m, y que las pasarelas permanecen niveladas
- No se utilizarán pasarelas de tablones entre las plataformas de los andamios colgantes
- Se utilizará el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída, asegurándolo a la línea de vida independiente
- No se realizarán trabajos en la vertical de la plataforma de andamios colgantes

#### **2.4.3.8. Plataforma motorizada**

- Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de forma inmediata para su reparación o sustitución
- Se balizará la zona situada bajo el andamio de cremallera para evitar el acceso a la zona de riesgo
- Se cumplirán las indicaciones del fabricante en cuanto a la carga máxima
- No se permitirán construcciones auxiliares realizadas in situ para alcanzar zonas alejadas

#### **2.4.3.9. Andamio multidireccional**



- Los andamios sólo podrán ser montados, desmontados o modificados bajo la dirección y supervisión de una persona cualificada
- Cumplirán las condiciones generales respecto a materiales, estabilidad, resistencia y seguridad y las referentes a su tipología en particular, según la normativa vigente en materia de andamios
- Se montarán y desmontarán siguiendo siempre las instrucciones del fabricante
- Las dimensiones de las plataformas del andamio, así como su forma y disposición, serán adecuadas para el trabajo y las cargas previstas, con holgura suficiente para permitir la circulación con seguridad

#### **2.4.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas**

Las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear para el control y la reducción de riesgos debidos a la utilización de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra se desarrollarán en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, conforme a los siguientes criterios:

- a) Todas las máquinas y herramientas que se utilicen en la obra dispondrán de su correspondiente manual de instrucciones, en el que estarán especificados claramente tanto los riesgos que entrañan para los trabajadores como los procedimientos para su utilización con la debida seguridad.
- b) La maquinaria cumplirá las prescripciones contenidas en el vigente Reglamento de Seguridad en las Máquinas, las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) y las especificaciones de los fabricantes.
- c) No se aceptará la utilización de ninguna máquina, mecanismo o artefacto mecánico sin reglamentación específica.

Relación de máquinas y herramientas que está previsto utilizar en la obra, con sus correspondientes medidas preventivas y protecciones colectivas:

##### **2.4.4.1. Pala cargadora**

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina

- Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte
- La extracción de tierras se efectuará en posición frontal a la pendiente
- El transporte de tierras se realizará con la cuchara en la posición más baja posible, para garantizar la estabilidad de la pala

#### **2.4.4.2. Retroexcavadora**

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina
- Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte
- Los desplazamientos de la retroexcavadora se realizarán con la cuchara apoyada sobre la máquina en el sentido de la marcha
- Los cambios de posición de la cuchara en superficies inclinadas se realizarán por la zona de mayor altura
- Se prohibirá la realización de trabajos dentro del radio de acción de la máquina

#### **2.4.4.3. Camión de caja basculante**

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico
- Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de carga y descarga
- No se circulará con la caja izada después de la descarga

#### **2.4.4.4. Camión para transporte**

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico
- Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona
- Antes de proceder a las operaciones de carga y descarga, se colocará el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas
- En las operaciones de carga y descarga se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de estabilidad, permaneciendo siempre el conductor fuera de la cabina

**2.4.4.5. Camión grúa**

- El conductor accederá al vehículo descenderá del mismo con el motor apagado, en posición frontal, evitando saltar al suelo y haciendo uso de los peldaños y asideros
- Se cuidará especialmente de no sobrepasar la carga máxima indicada por el fabricante
- La cabina dispondrá de botiquín de primeros auxilios y de extintor timbrado y revisado
- Los vehículos dispondrán de bocina de retroceso
- Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de elevación
- La elevación se realizará evitando operaciones bruscas, que provoquen la pérdida de estabilidad de la carga

**2.4.4.6. Montacargas**

- El montacargas será examinado y probado antes de su puesta en servicio, quedando este acto debidamente documentado
- Se realizará una inspección diaria de los cables, los frenos, los dispositivos eléctricos y las puertas de acceso al montacargas
- Se prohíbe el acopio de materiales en las proximidades de los accesos a la plataforma
- Se prohíbe asomarse al hueco del montacargas y posicionarse sobre la plataforma para retirar la carga
- El cuadro de maniobra se colocará a una distancia mínima de 3 m de la base del montacargas y permanecerá cerrado con llave
- Se instalarán topes de fin de recorrido en la parte superior del montacargas
- La plataforma estará dotada de un dispositivo limitador de carga, indicándose mediante un cartel la carga máxima admisible en la plataforma, que no podrá ser superada
- La carga se repartirá uniformemente sobre la plataforma, no sobresaliendo en ningún caso por los laterales de la misma

- Queda prohibido el transporte de personas y el uso de las plataformas como andamios para efectuar cualquier trabajo
- La parte inferior de la plataforma dispondrá de una barra antiobstáculos, que provocará la parada del montacargas ante la presencia de cualquier obstáculo
- Estará dotado con un dispositivo paracaídas, que provocará la parada de la plataforma en caso de rotura del cable de suspensión
- Ante la posible caída de objetos de niveles superiores, se colocará una cubierta resistente sobre la plataforma y sobre el acceso a la misma en planta baja
- Los huecos de acceso a las plantas estarán protegidos mediante cancelas, que estarán asociadas a dispositivos electromecánicos que impedirán su apertura si la plataforma no se encuentra en la misma planta y el desplazamiento de la plataforma si no están todas cerradas

#### **2.4.4.7. Hormigonera**

- Las operaciones de mantenimiento serán realizadas por personal especializado, previa desconexión de la energía eléctrica
- La hormigonera tendrá un grado de protección IP-55
- Su uso estará restringido sólo a personas autorizadas
- Dispondrá de freno de basculamiento del bombo
- Los conductos de alimentación eléctrica de la hormigonera estarán conectados a tierra, asociados a un disyuntor diferencial
- Las partes móviles del aparato deberán permanecer siempre protegidas mediante carcasas conectadas a tierra
- No se ubicarán a distancias inferiores a tres metros de los bordes de excavación y/o de los bordes de los forjados

#### **2.4.4.8. Vibrador**

- La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable
- La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida cuando discurra por zonas de paso
- Tanto el cable de alimentación como su conexión al transformador estarán en perfectas condiciones de estanqueidad y aislamiento

- Los operarios no efectuarán el arrastre del cable de alimentación colocándolo alrededor del cuerpo. Si es necesario, esta operación se realizará entre dos operarios
- El vibrado del hormigón se realizará desde plataformas de trabajo seguras, no permaneciendo en ningún momento el operario sobre el encofrado ni sobre elementos inestables
- Nunca se abandonará el vibrador en funcionamiento, ni se desplazará tirando de los cables
- Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas, no superará 2,5 m/s<sup>2</sup>, siendo el valor límite de 5 m/s<sup>2</sup>

#### **2.4.4.9. Martillo picador**

- Las mangueras de aire comprimido deben estar situadas de forma que no dificulten ni el trabajo de los operarios ni el paso del personal
- No se realizarán ni esfuerzos de palanca ni operaciones similares con el martillo en marcha
- Se verificará el perfecto estado de los acoplamientos de las mangueras
- Se cerrará el paso del aire antes de desarmar un martillo

#### **2.4.4.10. Maquinillo**

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice el maquinillo estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios
- Previamente al inicio de cualquier trabajo, se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, del cable de suspensión de cargas y de las eslingas
- Se comprobará la existencia del limitador de recorrido que impide el choque de la carga contra el extremo superior de la pluma
- Dispondrá de marcado CE, de declaración de conformidad y de manual de instrucciones emitido por el fabricante
- Quedará claramente visible el cartel que indica el peso máximo a elevar

- Se acotará la zona de la obra en la que exista riesgo de caída de los materiales transportados por el maquinillo
- Se revisará el cable a diario, siendo obligatoria su sustitución cuando el número de hilos rotos sea igual o superior al 10% del total
- El anclaje del maquinillo se realizará según se indica en el manual de instrucciones del fabricante
- El arriostamiento nunca se hará con bidones llenos de agua, de arena u de otro material
- Se realizará el mantenimiento previsto por el fabricante

#### **2.4.4.11. Sierra circular**

- Su uso está destinado exclusivamente al corte de elementos o piezas de la obra
- Para el corte de materiales cerámicos o pétreos se emplearán discos abrasivos y para elementos de madera discos de sierra
- Deberá existir un interruptor de parada cerca de la zona de mando
- La zona de trabajo deberá estar limpia de serrín y de virutas, para evitar posibles incendios
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos
- El trabajo con el disco agresivo se realizará en húmedo
- No se utilizará la sierra circular sin la protección de prendas adecuadas, tales como mascarillas antipolvo y gafas

#### **2.4.4.12. Sierra circular de mesa**

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice la sierra circular estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios
- Las sierras circulares se ubicarán en un lugar apropiado, sobre superficies firmes y secas, a distancias superiores a tres metros del borde de los forjados, salvo que éstos estén debidamente protegidos por redes, barandillas o petos de remate
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al

ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos

- La sierra estará totalmente protegida por la parte inferior de la mesa, de manera que no se pueda acceder al disco
- La parte superior de la sierra dispondrá de una carcasa metálica que impida el acceso al disco de sierra, excepto por el punto de introducción del elemento a cortar, y la proyección de partículas
- Se utilizará siempre un empujador para guiar el elemento a cortar, de modo que en ningún caso la mano quede expuesta al disco de la sierra
- La instalación eléctrica de la máquina estará siempre en perfecto estado y condiciones, comprobándose periódicamente el cableado, las clavijas y la toma de tierra
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos
- El operario se colocará a sotavento del disco, evitando la inhalación de polvo

#### **2.4.4.13. Cortadora de material cerámico**

- Se comprobará el estado del disco antes de iniciar cualquier trabajo. Si estuviera desgastado o resquebrajado se procederá a su inmediata sustitución
- la protección del disco y de la transmisión estará activada en todo momento
- No se presionará contra el disco la pieza a cortar para evitar el bloqueo

#### **2.4.4.14. Equipo de soldadura**

- No habrá materiales inflamables ni explosivos a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura
- Antes de soldar se eliminarán las pinturas y recubrimientos del soporte
- Durante los trabajos de soldadura se dispondrá siempre de un extintor de polvo químico en perfecto estado y condiciones de uso, en un lugar próximo y accesible
- En los locales cerrados en los que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores, preferentemente sistemas de aspiración localizada

- Se paralizarán los trabajos de soldadura en altura ante la presencia de personas bajo el área de trabajo
- Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones dispondrán de protección visual adecuada, no permaneciendo en ningún caso con los ojos al descubierto

#### **2.4.4.15. Herramientas manuales diversas**

- La alimentación de las herramientas se realizará a 24 V cuando se trabaje en ambientes húmedos o las herramientas no dispongan de doble aislamiento
- El acceso a las herramientas y su uso estará permitido únicamente a las personas autorizadas
- No se retirarán de las herramientas las protecciones diseñadas por el fabricante
- Se prohibirá, durante el trabajo con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares
- Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento o estarán conectadas a tierra
- En las herramientas de corte se protegerá el disco con una carcasa antiproyección
- Las conexiones eléctricas a través de clemas se protegerán con carcasas anticontactos eléctricos
- Las herramientas se mantendrán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos
- Las herramientas eléctricas estarán apagadas mientras no se estén utilizando y no se podrán usar con las manos o los pies mojados
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos

#### **2.4.5.-Durante la utilización de medios auxiliares**

La prevención de los riesgos derivados de la utilización de los medios auxiliares de la obra se realizará atendiendo a las prescripciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y a la Ordenanza de Trabajo en la Construcción, Vidrio y Cerámica



(Orden de 28 de agosto de 1970), prestando especial atención a la Sección 3ª "Seguridad en el trabajo en las industrias de la Construcción y Obras Públicas" Subsección 2ª "Andamios en general".

En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Relación de medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

#### **2.4.5.1. Puntales**

- No se retirarán los puntales, ni se modificará su disposición una vez hayan entrado en carga, respetándose el periodo estricto de desencofrado
- Los puntales no quedarán dispersos por la obra, evitando su apoyo en posición inclinada sobre los paramentos verticales, acopiándose siempre cuando dejen de utilizarse
- Los puntales telescópicos se transportarán con los mecanismos de extensión bloqueados

#### **2.4.5.2. Torre de hormigonado**

- Se colocará, en un lugar visible al pie de la torre de hormigonado, un cartel que indique "Prohibido el acceso a toda persona no autorizada"
- Las torres de hormigonado permanecerán protegidas perimetralmente mediante barandillas homologadas, con rodapié, con una altura igual o superior a 0,9 m
- No se permitirá la presencia de personas ni de objetos sobre las plataformas de las torres de hormigonado durante sus cambios de posición
- En el hormigonado de los pilares de esquina, las torres de hormigonado se ubicarán con la cara de trabajo situada perpendicularmente a la diagonal interna del pilar, con el fin de lograr la posición más segura y eficaz

**2.4.5.3. Escalera de mano**

- Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras
- Dispondrán de zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros
- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas
- Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares
- Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal
- El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de la altura de desembarque, medido en la dirección vertical
- El operario realizará el ascenso y descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas
- Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

**2.4.5.4. Visera de protección**

- La visera sobre el acceso a obra se construirá por personal cualificado, con suficiente resistencia y estabilidad, para evitar los riesgos más frecuentes
- Los soportes de la visera se apoyarán sobre durmientes perfectamente nivelados
- Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de forma inmediata para su reparación o sustitución

**2.4.5.5. Andamio de borriquetas**

- Los andamios de borriquetas se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas
- Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando totalmente prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos

- Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas
- Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro

#### **2.4.5.6. Plataforma de descarga**

- Se utilizarán plataformas homologadas, no admitiéndose su construcción "in situ"
- Las características resistentes de la plataforma serán adecuadas a las cargas a soportar, disponiendo un cartel indicativo de la carga máxima de la plataforma
- Dispondrá de un mecanismo de protección frontal cuando no esté en uso, para que quede perfectamente protegido el frente de descarga
- La superficie de la plataforma será de material antideslizante
- Se conservará en perfecto estado de mantenimiento, realizándose inspecciones en la fase de instalación y cada 6 meses

#### **2.4.5.7. Plataforma suspendida**

- Se realizará una inspección antes de iniciar cualquier actividad en el andamio, prestando especial atención a los cables, a los mecanismos de elevación, a los pescantes y a los puntos de amarre
- Se verificará que la separación entre el paramento vertical de trabajo y la cara del andamio es inferior a 0,3 m, y que las pasarelas permanecen niveladas
- No se utilizarán pasarelas de tablones entre las plataformas de los andamios colgantes
- Se utilizará el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída, asegurándolo a la línea de vida independiente
- No se realizarán trabajos en la vertical de la plataforma de andamios colgantes

#### **2.4.5.8. Plataforma motorizada**

- Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de forma inmediata para su reparación o sustitución
- Se balizará la zona situada bajo el andamio de cremallera para evitar el acceso a la zona de riesgo
- Se cumplirán las indicaciones del fabricante en cuanto a la carga máxima

- No se permitirán construcciones auxiliares realizadas in situ para alcanzar zonas alejadas

#### **2.4.5.9. Andamio multidireccional**

- Los andamios sólo podrán ser montados, desmontados o modificados bajo la dirección y supervisión de una persona cualificada
- Cumplirán las condiciones generales respecto a materiales, estabilidad, resistencia y seguridad y las referentes a su tipología en particular, según la normativa vigente en materia de andamios
- Se montarán y desmontarán siguiendo siempre las instrucciones del fabricante
- Las dimensiones de las plataformas del andamio, así como su forma y disposición, serán adecuadas para el trabajo y las cargas previstas, con holgura suficiente para permitir la circulación con seguridad

#### **2.4.6. Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento**

En este apartado se aporta la información útil para realizar, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido que entrañan mayores riesgos.

##### **1.8.1. Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas**

Para los trabajos en cerramientos, aleros de cubierta, revestimientos de paramentos exteriores o cualquier otro que se efectúe con riesgo de caída en altura, deberán utilizarse andamios que cumplan las condiciones especificadas en el presente estudio de seguridad y salud.

Durante los trabajos que puedan afectar a la vía pública, se colocará una visera de protección a la altura de la primera planta, para proteger a los transeúntes y a los vehículos de las posibles caídas de objetos.

##### **1.8.2. Trabajos en instalaciones**

Los trabajos correspondientes a las instalaciones de fontanería, eléctrica y de gas, deberán realizarse por personal cualificado, cumpliendo las especificaciones

establecidas en su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, así como en la normativa vigente en cada materia.

Antes de la ejecución de cualquier trabajo de reparación o de mantenimiento de los ascensores y montacargas, deberá elaborarse un Plan de Seguridad suscrito por un técnico competente en la materia.

### **1.8.3. Trabajos con pinturas y barnices**

Los trabajos con pinturas u otros materiales cuya inhalación pueda resultar tóxica deberán realizarse con ventilación suficiente, adoptando los elementos de protección adecuados.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

### **3. Pliego de condiciones**

#### **3.1. Pliego de cláusulas administrativas**

##### **3.1.1. Disposiciones generales**

###### ***3.1.1.1. Objeto del Pliego de condiciones***

El presente Pliego de condiciones junto con las disposiciones contenidas en el correspondiente Pliego del Proyecto de ejecución, tienen por objeto definir las atribuciones y obligaciones de los agentes que intervienen en materia de Seguridad y Salud, así como las condiciones que deben cumplir las medidas preventivas, las protecciones individuales y colectivas de la construcción de la obra "PROYECTO TÉCNICO DE EDIFICIO INDUSTRIAL DESTINADO A SALA DE DESPIECE Y PREPARACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS APTOS PARA SU VENTA Y DISTRIBUCIÓN.", situada en Calle Alcalde Ángel Izard, Nº 8, Polígono Industrial de Béjar, Béjar (Salamanca), según el proyecto redactado por Daniel Lora Corredera. Todo ello con fin de evitar cualquier accidente o enfermedad profesional, que pueden ocasionarse durante el transcurso de la ejecución de la obra o en los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento.

##### **3.1.2. Disposiciones facultativas**

###### ***3.1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación***

Las atribuciones y las obligaciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas en sus aspectos generales por la Ley 38/99, de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Las garantías y responsabilidades de los agentes y trabajadores de la obra frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo en materia de seguridad y salud, son las establecidas por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 1627/1997 "Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

###### ***3.1.2.2. El Promotor***

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las

obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Tiene la responsabilidad de contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud - o Estudio Básico, en su caso - al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción, facilitando copias a las empresas contratistas, subcontratistas o trabajadores autónomos contratados directamente por el Promotor, exigiendo la presentación de cada Plan de Seguridad y Salud previamente al comienzo de las obras.

El Promotor tendrá la consideración de Contratista cuando realice la totalidad o determinadas partes de la obra con medios humanos y recursos propios, o en el caso de contratar directamente a trabajadores autónomos para su realización o para trabajos parciales de la misma, excepto en los casos estipulados en el Real Decreto 1627/1997.

#### **3.1.2.3. El Projectista**

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Tomará en consideración en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto básico y de ejecución, los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y de salud, de acuerdo con la legislación vigente.

#### **3.1.2.4. El Contratista y Subcontratista**

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997:

Contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras, con sujeción al proyecto y al contrato.

Subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.



El Contratista comunicará a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del R.D.1627/1997, de 24 de octubre.

Adoptará todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, cumpliendo las órdenes efectuadas por el coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Entregará la información suficiente al coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, donde se acredite la estructura organizativa de la empresa, sus responsabilidades, funciones, procesos, procedimientos y recursos materiales y humanos disponibles, con el fin de garantizar una adecuada acción preventiva de riesgos de la obra.

Entre las responsabilidades y obligaciones del contratista y de los subcontratistas en materia de seguridad y salud, cabe destacar las contenidas en el artículo 11 "Obligaciones de los contratistas y subcontratistas" del R.D. 1627/1997.

Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.

Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en la Ley, durante la ejecución de la obra.

Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas y precisas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo referente a su seguridad y salud en la obra.

Atender las indicaciones y consignas del coordinador en materia de seguridad y salud, cumpliendo estrictamente sus instrucciones durante la ejecución de la obra.

Responderán de la correcta ejecución de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección facultativa y del Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

#### **3.1.2.5. La Dirección Facultativa**

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997, se entiende como Dirección Facultativa:

El técnico o los técnicos competentes designados por el Promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.

Las responsabilidades de la Dirección facultativa y del Promotor, no eximen en ningún caso de las atribuibles a los contratistas y a los subcontratistas.

#### **3.1.2.6. Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto**

Es el técnico competente designado por el Promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de ejecución, la aplicación de los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y salud.

#### **3.1.2.7. Coordinador de Seguridad y Salud en Ejecución**

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, es el técnico competente designado por el Promotor, que forma parte de la Dirección Facultativa.

Asumirá las tareas y responsabilidades asociadas a las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización, con el fin de planificar las distintas tareas o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente, estimando la duración requerida para la ejecución de las mismas.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva recogidos en la legislación vigente.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de un coordinador.

#### **3.1.2.8. Trabajadores Autónomos**

Es la persona física, distinta del contratista y subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo y que asume contractualmente ante el promotor, el contratista o el subcontratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Cuando el trabajador autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena, tendrá la consideración de contratista o subcontratista.

Los trabajadores autónomos cumplirán lo establecido en el plan de seguridad y salud.

#### **3.1.2.9. Trabajadores por cuenta ajena**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes, se realizarán de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El contratista facilitará a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones.

#### **3.1.2.10. Fabricantes y suministradores de equipos de protección y materiales de construcción**

Los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo, deberán suministrar la información que indique la forma correcta de utilización por los trabajadores, las medidas preventivas adicionales que deban tomarse y los riesgos laborales que conlleven tanto su uso normal como su manipulación o empleo inadecuado.

#### **3.1.2.11. Recursos preventivos**

Con el fin de ejercer las labores de recurso preventivo, según lo establecido en la Ley 31/95, Ley 54/03 y Real Decreto 604/06, el empresario designará para la obra los recursos preventivos, que podrán ser:

- a) Uno o varios trabajadores designados por la empresa.
- b) Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- c) Uno o varios miembros del servicio o los servicios de prevención ajenos.

Las personas a las que se asigne esta vigilancia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas. En caso de observar un deficiente cumplimiento de las mismas o una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las mismas, se informará al empresario para que éste adopte las medidas necesarias para su corrección, notificándose a su vez al Coordinador de Seguridad y Salud y al resto de la Dirección Facultativa.

En el Plan de Seguridad y Salud se especificarán los casos en que la presencia de los recursos preventivos es necesaria, especificándose expresamente el nombre de la persona o personas designadas para tal fin, concretando las tareas en las que inicialmente se prevé necesaria su presencia.

#### **3.1.3. Formación en Seguridad**

Con el fin de que todo el personal que acceda a la obra disponga de la suficiente

formación en las materias preventivas de seguridad y salud, la empresa se encargará de su formación para la adecuada prevención de riesgos y el correcto uso de las protecciones colectivas e individuales. Dicha formación alcanzará todos los niveles de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores no cualificados, incluyendo a los técnicos, encargados, especialistas y operadores de máquinas entre otros.

#### **3.1.4. Reconocimientos médicos**

La vigilancia del estado de salud de los trabajadores quedará garantizada por la empresa contratista, en función de los riesgos inherentes al trabajo asignado y en los casos establecidos por la legislación vigente.

Dicha vigilancia será voluntaria, excepto cuando la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre su salud, o para verificar que su estado de salud no constituye un peligro para otras personas o para el mismo trabajador.

#### **3.1.5. Salud e higiene en el trabajo**

##### ***3.1.5.1. Primeros auxilios***

El empresario designará al personal encargado de la adopción de las medidas necesarias en caso de accidente, con el fin de garantizar la prestación de los primeros auxilios y la evacuación del accidentado.

Se dispondrá, en un lugar visible de la obra y accesible a los operarios, un botiquín perfectamente equipado con material sanitario destinado a primeros auxilios.

El Contratista instalará rótulos con caracteres legibles hasta una distancia de 2 m, en el que se suministre a los trabajadores y participantes en la obra la información suficiente para establecer rápido contacto con el centro asistencial más próximo.

##### ***3.1.5.2. Actuación en caso de accidente***

En caso de accidente se tomarán solamente las medidas indispensables hasta que llegue la asistencia médica, para que el accidentado pueda ser trasladado con rapidez y sin riesgo. En ningún caso se le moverá, excepto cuando sea imprescindible para su integridad.

Se comprobarán sus signos vitales (consciencia, respiración, pulso y presión sanguínea), se le intentará tranquilizar, y se le cubrirá con una manta para mantener su temperatura corporal.

No se le suministrará agua, bebidas o medicamento alguno y, en caso de hemorragia, se presionarán las heridas con gasas limpias.

El empresario notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral, conforme al procedimiento reglamentario.

### **3.1.6. Documentación de obra**

#### ***3.1.6.1. Estudio Básico de Seguridad y Salud***

Es el documento elaborado por el técnico competente designado por el Promotor, donde se precisan las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Incluye también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

#### ***3.1.6.2. Plan de seguridad y salud***

En aplicación del presente estudio básico de seguridad y salud, cada Contratista elaborará el correspondiente plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el Contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra aprobará el plan de seguridad y salud antes del inicio de la misma.

El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el Contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir durante el desarrollo de la misma,

siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud y la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos y de la Dirección Facultativa.

#### **3.1.6.3. Acta de aprobación del plan**

El plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la Dirección Facultativa o por la Administración en el caso de obras públicas, quien deberá emitir un acta de aprobación como documento acreditativo de dicha operación, visado por el Colegio Profesional correspondiente.

#### **3.1.6.4. Comunicación de apertura de centro de trabajo**

La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente será previa al comienzo de los trabajos y se presentará únicamente por los empresarios que tengan la consideración de contratistas.

La comunicación contendrá los datos de la empresa, del centro de trabajo y de producción y/o almacenamiento del centro de trabajo. Deberá incluir, además, el plan de seguridad y salud.

#### **3.1.6.5. Libro de incidencias**

Con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, en cada centro de trabajo existirá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado a tal efecto.

Será facilitado por el colegio profesional que vise el acta de aprobación del plan o la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las administraciones públicas.

El libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra, en poder del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, teniendo acceso la Dirección Facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores

autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, deberá notificar al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste, sobre las anotaciones efectuadas en el libro de incidencias.

Cuando las anotaciones se refieran a cualquier incumplimiento de las advertencias u observaciones anteriores, se remitirá una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de veinticuatro horas. En todo caso, deberá especificarse si la anotación se trata de una nueva observación o supone una reiteración de una advertencia u observación anterior.

#### **3.1.6.6. Libro de órdenes**

En la obra existirá un libro de órdenes y asistencias, en el que la Dirección Facultativa reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

Las anotaciones así expuestas tienen rango de órdenes o comentarios necesarios de ejecución de obra y, en consecuencia, serán respetadas por el Contratista de la obra.

#### **3.1.6.7. Libro de visitas**

El libro de visitas deberá estar en obra, a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

El primer libro lo habilitará el Jefe de la Inspección de la provincia en que se encuentre la obra. Para habilitar el segundo o los siguientes, será necesario presentar el anterior. En caso de pérdida o destrucción, el representante legal de la empresa deberá justificar por escrito los motivos y las pruebas. Una vez agotado un libro, se conservará durante 5 años, contados desde la última diligencia.

#### **3.1.6.8. Libro de subcontratación**

El contratista deberá disponer de un libro de subcontratación, que permanecerá en todo momento en la obra, reflejando por orden cronológico desde el comienzo de los



trabajos, todas y cada una de las subcontrataciones realizadas en una determinada obra con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos.

El libro de subcontratación cumplirá las prescripciones contenidas en el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006 de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, en particular el artículo 15 "Contenido del Libro de Subcontratación" y el artículo 16 "Obligaciones y derechos relativos al Libro de Subcontratación".

Al libro de subcontratación tendrán acceso el Promotor, la Dirección Facultativa, el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, las empresas y trabajadores autónomos intervinientes en la obra, los técnicos de prevención, los delegados de prevención, la autoridad laboral y los representantes de los trabajadores de las diferentes empresas que intervengan en la ejecución de la obra.

### **3.1.7. Disposiciones Económicas**

El marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra, se fija en el pliego de condiciones del proyecto o en el correspondiente contrato de obra entre el Promotor y el contratista, debiendo contener al menos los puntos siguientes:

- Fianzas
- De los precios
  - Precio básico
  - Precio unitario
  - Presupuesto de Ejecución Material (PEM)
  - Precios contradictorios
  - Reclamación de aumento de precios
  - Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios
  - De la revisión de los precios contratados
  - Acopio de materiales
  - Obras por administración
- Valoración y abono de los trabajos
- Indemnizaciones Mutuas
- Retenciones en concepto de garantía
- Plazos de ejecución y plan de obra
- Liquidación económica de las obras

- Liquidación final de la obra

### **3.2. Pliego de condiciones técnicas particulares**

#### **3.2.1. Medios de protección colectiva**

Los medios de protección colectiva se colocarán según las especificaciones del plan de seguridad y salud antes de iniciar el trabajo en el que se requieran, no suponiendo un riesgo en sí mismos.

Se repondrán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil, después de estar sometidos a solicitaciones límite, o cuando sus tolerancias sean superiores a las admitidas o aconsejadas por el fabricante.

El mantenimiento será vigilado de forma periódica (cada semana) por el Delegado de Prevención.

#### **3.2.2. Medios de protección individual**

Dispondrán de marcado CE, que llevarán inscrito en el propio equipo, en el embalaje y en el folleto informativo.

Serán ergonómicos y no causarán molestias innecesarias. Nunca supondrán un riesgo en sí mismos, ni perderán su seguridad de forma involuntaria.

El fabricante los suministrará junto con un folleto informativo en el que aparecerán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre y dirección del fabricante, grado o clase de protección, accesorios que pueda llevar y características de las piezas de repuesto, límite de uso, plazo de vida útil y controles a los que se ha sometido. Estará redactado de forma comprensible y, en el caso de equipos de importación, traducidos a la lengua oficial.

Serán suministrados gratuitamente por el empresario y se reemplazarán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil o después de estar sometidos a solicitaciones límite.

Se utilizarán de forma personal y para los usos previstos por el fabricante, supervisando el mantenimiento el Delegado de Prevención.

### **3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort**

Los locales destinados a instalaciones provisionales de salud y confort tendrán una temperatura, iluminación, ventilación y condiciones de humedad adecuadas para su uso. Los revestimientos de los suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables, acabados preferentemente con colores claros y con material que permita la limpieza con desinfectantes o antisépticos.

El Contratista mantendrá las instalaciones en perfectas condiciones sanitarias (limpieza diaria), estarán provistas de agua corriente fría y caliente y dotadas de los complementos necesarios para higiene personal, tales como jabón, toallas y recipientes de desechos.

#### **3.2.3.1. Vestuarios**

Serán de fácil acceso, estarán próximos al área de trabajo y tendrán asientos y taquillas independientes bajo llave, con espacio suficiente para guardar la ropa y el calzado.

Se dispondrá una superficie mínima de 2 m<sup>2</sup> por cada trabajador destinada a vestuario, con una altura mínima de 2,30 m.

Cuando no se disponga de vestuarios, se habilitará una zona para dejar la ropa y los objetos personales bajo llave.

#### **3.2.3.2. Aseos y duchas**

Estarán junto a los vestuarios y dispondrán de instalación de agua fría y caliente, ubicando al menos una cuarta parte de los grifos en cabinas individuales con puerta con cierre interior.

Las cabinas tendrán una superficie mínima de 2 m<sup>2</sup> y una altura mínima de 2,30 m.

La dotación mínima prevista para los aseos será de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen en la misma jornada
- 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción

- 1 lavabo por cada retrete
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción
- 1 secamanos de celulosa o eléctrico por cada lavabo
- 1 jabonera dosificadora por cada lavabo
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

#### **3.2.3.3. Retretes**

Serán de fácil acceso y estarán próximos al área de trabajo. Se ubicarán preferentemente en cabinas de dimensiones mínimas 1,2x1,0 m con altura de 2,30 m, sin visibilidad desde el exterior y provistas de percha y puerta con cierre interior.

Dispondrán de ventilación al exterior, pudiendo no tener techo siempre que comuniquen con aseos o pasillos con ventilación exterior, evitando cualquier comunicación con comedores, cocinas, dormitorios o vestuarios.

Tendrán descarga automática de agua corriente y en el caso de que no puedan conectarse a la red de alcantarillado se dispondrá de letrinas sanitarias o fosas sépticas.

#### **3.2.3.4. Comedor y cocina**

Los locales destinados a comedor y cocina estarán equipados con mesas, sillas de material lavable y vajilla, y dispondrán de calefacción en invierno. Quedarán separados de las áreas de trabajo y de cualquier fuente de contaminación ambiental.

En el caso de que los trabajadores lleven su propia comida, dispondrán de calentaplatos, prohibiéndose fuera de los lugares previstos la preparación de la comida mediante fuego, brasas o barbacoas.

La superficie destinada a la zona de comedor y cocina será como mínimo de 2 m<sup>2</sup> por cada operario que utilice dicha instalación.

**4. Presupuesto**

Descripción	Ud.	Precio (€)	Parcial (€)
m Valla trasladable de acero galvanizado 2,5x2 metros y señalización	180,00	8,50	1530,00
sem. Alquiler de caseta de obra	5,00	167,00	835,00
Ud. Botiquín de primeras urgencias	1,00	118,00	118,00
Ud. Ropa de trabajo	20,00	70,00	1400,00
Ud. Casco de seguridad	20,00	21,30	426,00
Ud. Otros enseres de seguridad	1,00	200,00	200,00
		SUBTOTAL	4509,00

Asciende el presente presupuesto de seguridad y salud a la cantidad total de CUATRO MIL QUINIENTOS NUEVE EUROS.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

Fdo. D. Daniel Lora Corredera

**5. Planos**

	TÍTULO DEL PLANO	ESCALA
1	SEGURIDAD Y SALUD	1:200

