

Trabajo Fin de Grado

CÁLCULO Y DIMENSIONADO ESTRUCTURAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN ASERRADERO DE MADERA

Autor

Sergio Clavero Pina

Director

Víctor Tabuenca Cintora

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2016



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. SERGIO CLAVERO PINA,

con nº de DNI 73092281-Y en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
GRADO, (Título del Trabajo)

CÁLCULO Y DIMENSIONADO ESTRUCTURAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN
ASERRADERO DE MADERA.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, a 5 de Febrero de 2016

Fdo: Sergio Clavero Pina

ÍNDICE

1. MEMORIA

2. ANEXOS

- 2.1 ANEXO I - CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS
- 2.2 ANEXO II - INFORME TÉCNICO DE PROTECCIÓN
CONTRA INCENDIOS

3. PLIEGO DE CONDICIONES

4. PRESUPUESTO

5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- 5.1 MEMORIA
- 5.2 PLIEGO DE CONDICIONES
- 5.3 PRESUPUESTO
- 5.4 PLANOS

6. PLANOS

Trabajo Fin de Grado

CÁLCULO Y DIMENSIONADO ESTRUCTURAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN ASERRADERO DE MADERA

MEMORIA

Autor

Sergio Clavero Pina

Director

Víctor Tabuenca Cintora

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2016

CÁLCULO Y DIMENSIONADO ESTRUCTURAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN ASERRADERO DE MADERA

RESUMEN

Se plantea el cálculo y dimensionado de la estructura metálica y sus uniones de una nave industrial para la instalación de un aserradero de madera, basándose para sus dimensiones en el estudio el proceso productivo del aserrado de madera y concluyendo que dicha nave tendrá unas dimensiones de 50 metros de largo por 18 metros de luz y cuya cubierta tendrá un diseño a dos aguas, resuelto con una cercha, de modo que se obtiene una altura en cumbrera de 11,7 metros. Además, la cumbrera estará complementada con una prolongación, en voladizo de 5 metros de longitud, sobre una de las fachadas laterales, de modo que pueda albergar bajo ella una zona de trabajo en el exterior ofreciendo refugio ante las inclemencias del clima local.

También se considerará la presencia de un puente grúa, de bajo tonelaje (5Tn), aunque el proceso productivo no lo requiere, se colocará por posibles movimientos de maquinaria, productos etc. y su correspondiente viga carril.

El trabajo se descompone en dos partes, la primera está compuesta por: memoria y sus anexos, pliego de condiciones, presupuesto, estudio de seguridad y salud. Dicha parte es la que explica y justifica el diseño de la estructura. Por otro lado, la segunda parte, que es la necesaria para la comprensión y ejecución de la primera, que está compuesta por los planos.

Para el diseño, planteamiento de un modelo resistente y cálculo de esfuerzos se ha utilizado el programa CYPE 3D, para la determinación de las acciones que actúan sobre la estructura se ha utilizado el Generador de Pórticos de CYPE, y finalmente, para el dibujo de los planos, el programa AutoCAD 2007.

INDICE

1. OBJETO	1
2. DESTINATARIO Y AUTOR	1
3. EMPLAZAMIENTO	1
4. ANTECEDENTES.....	3
5. DEFINICIÓN DE LA ACTIVIDAD/ES Y USO DEL LOCAL.....	5
6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	5
7. CONDICIONES URBANÍSTICAS	16
8. CONDICIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	17
9. CONDICIONES HIGIENICO-SANITARIAS Y SEGURIDAD	18
10. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	18
11. NORMATIVA APLICADA.....	18
12. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	19
13. BIBLIOGRAFÍA.....	20

1. OBJETO

El objeto de éste trabajo es la realización del cálculo y dimensionado de la estructura metálica de una nave industrial que albergará la actividad industrial de aserrado de madera de Pino Negro.

2. DESTINATARIO Y AUTOR

Éste Trabajo Fin de Grado se realiza a petición del promotor Don Víctor Tabuenca Cintora, en calidad de director de éste trabajo. El trabajo está realizado por Sergio Clavero Pina, estudiante de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza.

3. EMPLAZAMIENTO

La estructura necesaria para la instalación del aserradero estará ubicada en la localidad de Valdelinares, en la provincia de Teruel, el acceso al recinto se lleva a cabo a través de la carretera TE-V-3 bien por Alcalá de la Selva o por Linares de Mora.

Dicha localidad situada en la sierra de Gudar-Javalambre, ha sido escogida por el promotor debido a 3 razones fundamentales:

- El entorno natural, rodeado de densos bosques de pino de modo que la materia prima para el trabajo está muy próxima.
- Su ubicación próxima a la autovía A-23 que la ubica a caballo entre Zaragoza y Valencia, dos grandes núcleos de población, y por tanto potenciales consumidores de madera, además de ofrecer posibilidad de exportación al extranjero a través de dichas ciudades.
- Por último las facilidades ofrecidas por la corporación municipal a la creación de puestos de trabajo cuya finalidad es fijar población en la zona (subvenciones, cesión de terrenos, exenciones de impuestos, etc.).

En la Imagen 1.1 se puede observar la situación de la localidad de Valdelinares respecto a los dos potenciales núcleos de venta y exportación de madera, Zaragoza y Valencia.

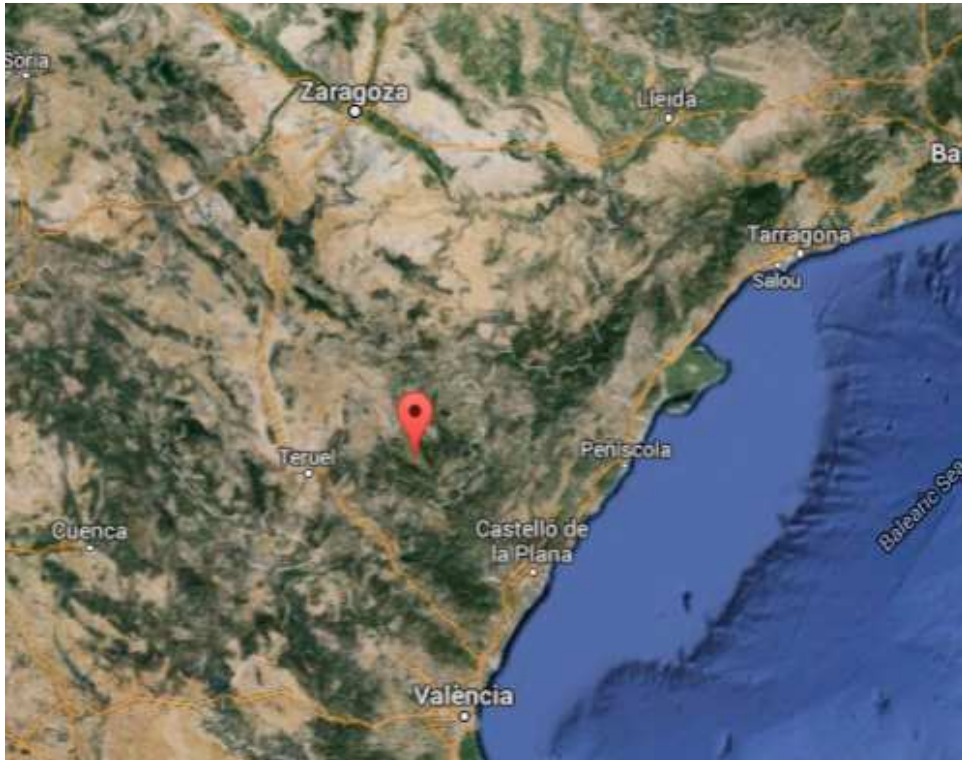


Imagen 1.1 Ubicación de Valdellinares

El aserradero se ubicará en tres parcelas propiedad del promotor con referencia catastral 44258A02400020, 44258A02400019 y 44258A02400018 y que anteriormente venían siendo utilizadas como campos de almacenaje de herramienta y materia prima y que suman una superficie total de 5060,03 m².

La situación de Valdellinares y su itinerario por carretera para llegar a la localidad desde Teruel, así como la situación de las parcelas respecto a la población, están descritos en el Plano nº 1.



Imagen 1.2 Parcelas de ubicación.

En la Imagen 1.2 se puede observar la ubicación de las parcelas donde se ubicará el aserradero, descritas con anterioridad, dentro del término municipal de la localidad de Valdelinares.

El Plano nº 2 recoge con más detalle, la situación de las parcelas donde se desarrollará la actividad respecto a la división topográfica del terreno de Valdelinares.

4. ANTECEDENTES

Se ha optado por realizar la estructura metálica ya que presenta las siguientes ventajas frente a las estructuras de hormigón pre-fabricado:

- En pilares, las estructuras metálicas ocupan menor espacio que las estructuras de hormigón y por lo tanto, se evita ocupar espacio innecesario, por lo que se obtiene buena rentabilidad de la superficie construida.
- Las estructuras metálicas se deforman antes de su rotura, de éste modo se pueden identificar posibles fallos estructurales.
- Si es necesaria su demolición, el acero conserva su valor en parte, de modo que puede tener rentabilidad económica.

Para establecer las dimensiones de la estructura necesaria se ha partido de un estudio del proceso productivo de aserrado, tras definir un esquema de producción o una distribución en planta en base a dicho proceso, se establecen las dimensiones que deberá tener la estructura. El proceso productivo de aserrado se define en la Imagen 4.1.

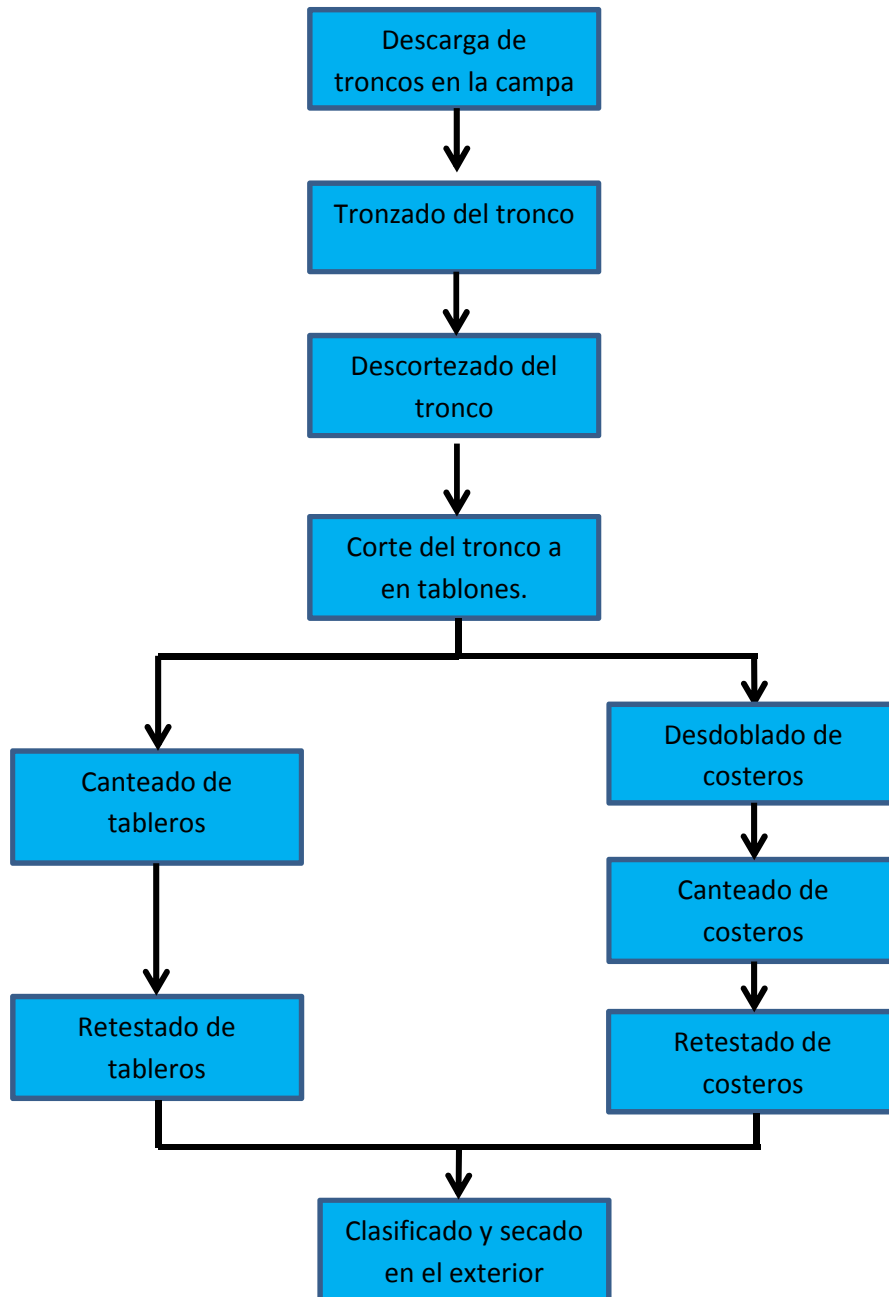


Imagen 4.1 Esquema del proceso productivo.

Una vez estudiado el proceso productivo se llega a la conclusión de diseñar una estructura con unas dimensiones de 50x18 metros y 11,7 metros de altura en cumbrera.

5. DEFINICIÓN DE LA ACTIVIDAD/ES Y USO DEL LOCAL

La actividad que se desarrollará en la nave será el aserrado de troncos de madera de pino negro procedentes directamente de los bosques cercanos. El IAE correspondiente a esta actividad es el 461.1.

El terreno y la nave servirán para albergar la maquinaria necesaria para el tronzado, descortezado, corte longitudinal, desdoblado, canteado, retestado y secado de la madera.

6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

6.1 Descripción del producto

La instalación del aserradero tiene como finalidad el corte y posterior secado en forma de tablas y tablones de la madera de pino negro que será talada en los bosques cercanos. Tras finalizar el proceso de corte y secado, la madera estará lista para su venta.

6.2 Breve descripción del proceso

- 1- El camión entra cargado de troncos procedente del lugar de tala de pinos y descarga los troncos en la capa junto al aserradero.
- 2- Seguidamente los troncos son cargados en un carro por una pala cargadora que conduce a los troncos a la zona de tronzado, donde serán cortados por una sierra a la medida necesaria para su corte longitudinal.
- 3- Tras ello los troncos pasan a la etapa de descortezado, donde una máquina descortezadora los despoja de la corteza.
- 4- Tras esto, los troncos son clasificados según su diámetro y longitud en un clasificador de troncos automatizado.
- 5- A continuación los troncos son cargados en el alimentador de troncos, ésta es la primera etapa que se realiza dentro de la nave, el alimentador de troncos lleva los troncos hasta la ubicación de la sierra longitudinal.
- 6- La sierra longitudinal está paralela a un carro, dicho carro amarra cada uno de los troncos y los hace pasar por la sierra longitudinal, de manera que los troncos son cortados en tableros. Los costeros, como son llamados los tableros cuya una de sus caras pertenece a la cara lateral del tronco, son llevados a una línea de aprovechamiento aparte.
- 7- El siguiente paso para los tablones será el canteado, donde se les eliminan los cantos laterales, que aun pertenecen a la capa exterior del

tronco. Por otro lado, los costeros pasan a la etapa de desdoblado, donde una nueva sierra elimina ese costado perteneciente al tronco y también pasan al canteado.

- 8- Posteriormente, tanto costeros como tablonos pasan a la fase de retestado, donde se les realiza uno o varios cortes transversales de manera que tengan la longitud especificada con exactitud.
- 9- Finalmente los tableros son clasificados según sus características y son llevados a la campa anexa donde son apilados para su secado.

6.3 Descripción del establecimiento

6.3.1 Descripción estructural.

Las instalaciones del aserradero tendrán una superficie total de 5060,03 m², mientras que las dimensiones de la edificación serán de 50x18 metros, lo que hace una superficie de 900 m² que estarán divididos en 11 pórticos de 18 metros de luz y 11,7 metros de altura en cumbrera, modulados cada 5 metros.

La cubierta de la estructura tendrá una pendiente del 30%, que propiciará una mejor descarga de la nieve, dadas las frecuentes nevadas que se producen en la zona.

La nave está rodeada por un muro de fábrica de 3 metros de altura construido con bloque de hormigón prefabricado de dimensiones 40x20x20 cm, ya que el proceso productivo requiere que la maquinaria esté ubicada cerca de las fachadas de la nave, además de ser más apropiado para procesos de carga de material con maquinaria, frente a robos etc.

Cada uno de los pórticos está compuesto por dos pilares de 8,3 metros de altura formados por un perfil HEA 500, excepto en los pórticos hastiales o de cierre, que tienen 9 metros de altura.

Cada uno de los pilares principales estará soldado a una placa de anclaje de dimensiones 800x650x30mm y con dos cartelas rigidizadoras de dimensiones 800x250x11mm. Cada placa de anclaje estará unida a la zapata mediante 6 pernos de acero corrugado 500S, de 32 mm de diámetro y con anclaje en patilla.

Los pórticos de cierre estarán compuestos, además de por los pilares principales, por dos pilares hastiales o de cierre, separados entre sí por 6 metros de distancia y que estarán formados por un perfil IPE 300 y unidos al dintel, compuesto por un perfil IPE 360.

Los pilares de cierre estarán soldados, cada uno a una placa de anclaje de dimensiones 550x400x20mm y con dos cartelas rigidizadoras de dimensiones 500x150x7mm. Cada placa se unirá a su correspondiente zapata mediante seis pernos de anclaje de acero corrugado 500S, de 20 mm y con anclaje en patilla.

Por otro lado, la cubierta de la estructura descansa sobre una cercha, excepto en los pórticos de cierre. Dicha cercha, está compuesta de: cordón superior, cordón inferior, montantes y diagonales. El cordón superior y las patas de la cercha están constituidos por el mismo perfil, ya que las patas de la cercha están sometidas a esfuerzos de compresión similares que el cordón superior, el perfil escogido es dos UPN 180 colocados en forma de I. El cordón inferior está compuesto por dos L 150x12 colocados en forma de T invertida, al igual que las primeras diagonales de cada lado de la cercha. Los montantes estarán formados por perfiles L 60x10 colocados en T. Finalmente las diagonales estarán compuestas por dos L 90x8. Todos los perfiles escogidos son dobles, separados entre ellos por una chapa de 8mm de espesor en cada uno de los nudos y de dimensiones variables en función de la longitud requerida por cada uno de los cordones de soldadura que unirán cada uno de los perfiles a cada una de las chapas.

También se dispondrán dos chapas por cada tramo de longitud libre entre nudos, para cada barra, distanciadas una de la otra una longitud igual a $\frac{1}{3}$ de la longitud libre entre nudos. La misión de dichas chapas será la mantener el comportamiento de los dos perfiles que componen cada barra de la cercha, como un solo perfil, es decir, previniendo el pandeo de uno o de los dos perfiles que componen cada barra, haciendo que ambos perfiles trabajen y se deformen de manera conjunta. Dichas chapas serán cuadradas, de dimensiones iguales al canto del perfil al que unen, es decir, en el caso del cordón superior, 180x180mm, en el caso del cordón inferior, 150x150mm, en el caso de los montantes, 60x60mm y en el caso de las diagonales, 90x90mm.

La cubierta tendrá en una de las fachadas una prolongación en voladizo de 5 metros de longitud para poder albergar bajo ella maquinaria de trabajo en el exterior de la estructura, dicha prolongación mantendrá la pendiente de la cubierta y para sus cordones superior e inferior, montantes y diagonales se utilizarán los mismos perfiles que los utilizados en la cercha, por cuestión de homogeneización y a fin de evitar confusiones con los perfiles en el montaje. Del mismo modo, cada uno de los cordones seguirán los mismos modos de unión que los utilizados en la cercha, al igual que las características de las chapas intermedias, soldadas en cada una de las barras.

Respecto al puente grúa, se supondrá la colocación de un puente grúa ABUS modelo ZLK birraíl de 18 metros de luz y 5Tn de carga máxima que, aunque no requerido en el proceso productivo, al menos en un principio, se incluirá en el cálculo de la estructura. El puente grúa se apoyará en dos vigas carril de perfil IPE 500, apoyadas a su vez en una ménsula de perfil HEA 200 de 300 mm de longitud, soldada a los pilares de cada pórtico a una altura de 6,5 metros. Cada viga carril estarán amarradas a cada una de las ménsulas por dos tornillos M12x50-8.8 Para la viga carril se opta por un perfil IPE 500 frente a un perfil HE debido a su menor peso. Cada tramo de la viga carril estará rigidizado en cada uno de sus apoyos, por dos chapas soldadas al alma de la viga de dimensiones 468x50x8mm, además, el ala superior de la viga carril estará arriostrada en dirección horizontal mediante un perfil L-60x10 soldado al ala del pilar para prevenir el pandeo lateral.

La estructura estará arriostrada frente a las acciones de viento, mediante un entramado de montantes y diagonales, tanto en cubierta como en fachada.

En el arriostramiento de cubierta se colocarán montantes coincidiendo con los pilares de los pórticos de cierre, con la cumbrera de la cubierta y con el extremo de la prolongación de la cubierta, se colocará como montante tubo estructural #80x6. De éste modo la cubierta queda dividida en cuadrantes. En dichos cuadrantes se colocarán tirantes de diámetro 18 mm formando cruces de San Andrés. Cada montante está unido a la estructura principal mediante dos chapas de dimensiones 100x100x8mm, una chapa soldada a la estructura, bien sea el dintel del pórtico hastial o al cordón superior de la cercha, por otro lado, la otra chapa estará soldada a una chapa de dimensiones 100x100x8mm que actuará como tape. Las dos chapas estarán unidas entre sí por un tornillo M12x40-8.8. El sistema de unión de cada uno de los tirantes de las diagonales estará compuesto por un perfil L-150x12 soldado a la estructura y con un agujero mecanizado para permitir el paso del tirante y sujetarlo mediante dos tuercas a su extremo.

Para el arriostramiento de las fachadas laterales, se utilizará el mismo concepto de montantes y cruces de San Andrés, para los montantes se utilizará también tubo estructural #120x6 colocados a una altura de 6,5 metros y tubo estructural #80.6 coincidiendo con el inicio y el fin de las patas de la cercha. Los tirantes en cambio serán, en el cuadrante inferior, de un diámetro 25 mm y en el cuadrante siguiente los tirantes serán de diámetro 18 mm como en cubierta, a fin de evitar confusiones con los diámetros durante el montaje. Para el sistema de unión de los montantes y tirantes a la estructura principal, se utilizarán los mismos sistemas que en el caso del arriostramiento de cubierta.

Como cerramiento de fachada se utilizará panel de chapa de acero con núcleo de poliestireno expandido de 40mm de espesor, mientras que en cubierta se utilizará el mismo cerramiento pero de 50mm de espesor.

El cerramiento estará colocado sobre correas, que en fachada las formarán perfiles conformados en frío CF 180,3,0 separadas una distancia de 2 metros y unidas entre ellas en el centro de cada vano por una tirantilla redonda de 12mm de diámetro. Hay que destacar en las fachadas laterales en la parte superior del paño la correa será de perfil CF 180,3,0 doble. Cada correa estará unida al ala de cada uno de los pilares mediante un ejón de la marca Curbimetal CM-11.

En cubierta las correas las formarán 7 perfiles IPE200 en cada uno de los paños, separadas entre sí una distancia en proyección de las vertientes de 1,56 metros y en la zona de la marquesina, el paño estará dividido en 4 vanos, de modo que deberán ir colocadas 5 correas, 4 si no se tiene en cuenta la correa del final del paño de la cubierta. Todas las correas estarán unidas entre ellas mediante tirantillas redondas de diámetro 20mm colocadas en el centro de cada vano. Cada correa estará unida al ala de cada uno de los pilares mediante un ejón de la marca Acelormittal C-PA 200.

En la Tabla 6.1 se muestra la relación de cada componente estructural con su perfil de acero correspondiente.

ELEMENTO	PERFIL METÁLICO
Pilares	HEA 500
Dintel hastial	IPE 360
Pilares de cierre o hastiales	IPE 300
Cordón superior cercha-marquesina	2x IPE 180
Cordón inferior cercha-marquesina	2x L-150x12
Montantes cercha-marquesina	2x L-60x10
Diagonales cercha-marquesina	2x L-90x8
Viga carril	IPE 500
Ménsula apoyo viga carril	HEA 200
Correas de fachada	CF 180,3,0
Correas de cubierta	IPE 200
Tirantillas de fachada	Ø12
Tirantillas de cubierta	Ø20
Montantes arriostramientos	#80.6 y #120.6
Diagonales arriostramientos cubierta	Ø18
Diagonales arriostramientos fachada	Ø25 y Ø18
Pernos de anclaje pilares	Ø32
Pernos anclaje pilares hastiales	Ø20

Tabla 6.1

Los Planos N° 6 hasta 10 describen con detalle la estructura del establecimiento.

La estructura transmitirá los esfuerzos que sobre ella se producen al terreno mediante por zapatas centradas de 1,2 metros de canto y de geometría rectangular, las dimensiones de las zapatas serán distintas en función del pilar que se encuentra sobre ella, de modo que se distinguen dos tipos de zapatas:

- Zapatas Tipo A, que corresponderán con los pilares principales de la estructura. Dichas zapatas tendrán unas dimensiones de 3,4 metros de largo y 2, 4 metros de ancho. Las zapatas tendrán una armadura superior e inferior compuesta por redondos de diámetro 20mm separados cada 26cm.
- Zapatas Tipo B, que corresponderán con los pilares hastiales o de cierre. Estas zapatas tendrán unas dimensiones de 3 metros de largo y 2 metros de ancho. Las zapatas tendrán una armadura superior e inferior compuesta por redondos de diámetro 20mm separados cada 29cm.

Las zapatas están unidas entre ellas mediante un entramado de vigas de atado de sección cuadrada 40x40cm y que además realizarán la función de cimentación para el muro de fábrica.

El Plano N° 5 describe la cimentación de la estructura.

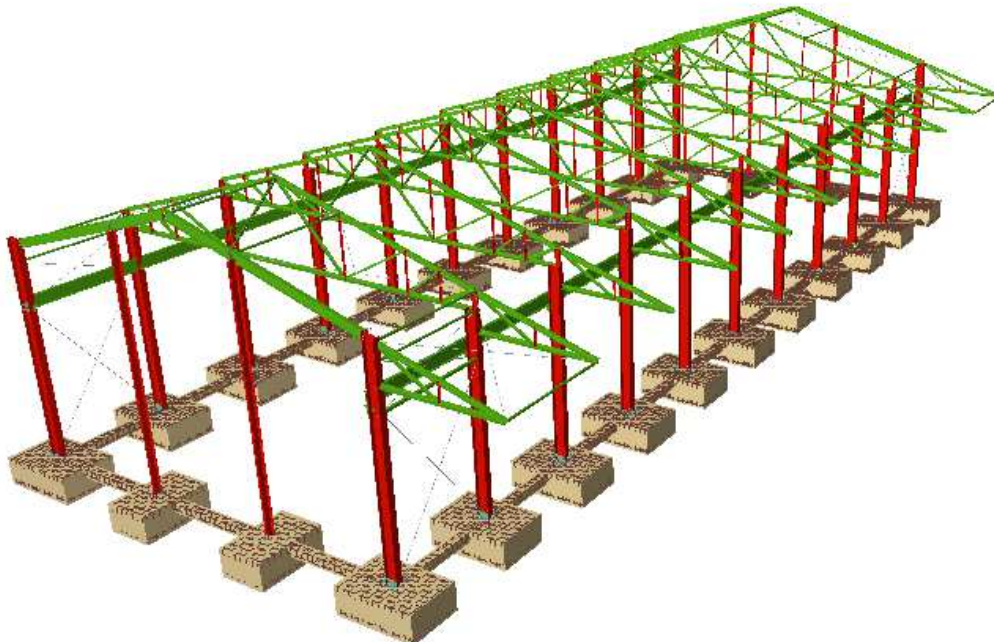


Imagen 6.1. Estructura del establecimiento.

6.3.2 Instalación de Saneamiento de Aguas pluviales.

El establecimiento contará con una red de saneamiento de aguas pluviales y que permitirá la completa evacuación de aguas desde la zona de cubierta hacia la red general de alcantarillado.

La evacuación de agua pluvial de cubierta se realizará mediante canalones cuadrados de acero inoxidable de dimensiones 180x180mm. Cada canalón de 5 metros de longitud, deberá ser colocado con una pendiente del 2%.

Los canalones desembocarán dos a dos en 8 bajantes de diámetro 90mm repartidas entre las dos vertientes de la cubierta, colocadas a ambos lados de los pórticos 2,4,6,8,10.

El agua procedente de las bajantes será transferida a un conjunto de colectores a través de 8 arquetas cuadradas de dimensiones 63x63cm.

El conjunto de arquetas estará comunicado entre sí mediante una red de colectores colocados a una distancia de 6 metros del perímetro formado por las fachadas norte, oeste y sur de la edificación. El diámetro de los colectores será de dos tipos, por un lado, un diámetro de 160mm, que abarcará la distancia entre las arquetas de los pórticos 4 y 10, y por otro lado, se colocará tubo de 200mm de diámetro desde la arqueta del pórtico 4 hasta una arqueta final, de dimensiones 75x75cm, donde las aguas serán vertidas a la red general de alcantarillado a través de un colector de 250mm de diámetro. Todos los colectores serán colocados con una pendiente del 1%.

En el Plano N° 11 se muestra la red de saneamiento de aguas pluviales.

6.3.3 Dependencias del establecimiento.

La superficie de las instalaciones pueden dividirse en tres zonas, en primer lugar, la zona de producción, donde se engloba todo el proceso productivo de aserrado y además el almacén para repuestos y utillajes, en segundo lugar la zona de vestuarios, que engloba a los propios vestuarios como su pasillo de acceso, y finalmente, la zona de oficina. Cada una de las zonas se detallan a continuación.

- Zona de producción

La zona de producción o aserrado estará dividida en tantas áreas como etapas productivas tiene el proceso de aserrado de la madera, entre las zonas de procesamiento de la madera, excepto entre las zonas de clasificación de troncos-alimentador de troncos y la zona de corte longitudinal-alimentador de costeros que se realizará mediante carretillas, habrá un sistema de rodillos de 3 metros de longitud que conducirá la madera hacia el proceso posterior, y que se dividirá en:

- Zona de carga de troncos.
Se compone de un carro de carga, donde, de manera sincronizada con la tronadora va conduciendo los troncos cargados hacia la etapa de tronzado. Tiene unas dimensiones de 5x4metros.
- Zona de tronzado.
En dicha zona se cortan los troncos a la longitud deseada. Tiene unas dimensiones de 4x2metros.
- Zona de descortezado.
Los troncos son recibidos de la zona de tronzado y son pelados por una descortezadora. Tiene unas dimensiones de 2,5x2metros.
- Zona de alimentación de troncos.
Se clasifican los troncos con un clasificador automatizado, que se basa en su diámetro y longitud, en contenedores. Tiene unas dimensiones de 8x3 metros.
- Zona de alimentación de troncos.
Compuesta de un alimentador de troncos, cuya misión es desplazarlos hasta la sierra de corte, los troncos procedentes de la zona de corte son cargados mediante una carretilla o pala cargadora. Tiene unas dimensiones de 3x4metros.
- Zona de corte con sierra y carro.
Compuesta por una sierra vertical fija y un carro que se desplaza en paralelo a la sierra, de manera que se cortan los tablones al espesor deseado. Los costeros son desviados a otra línea de corte. Tiene unas dimensiones de 5x2 metros.
- Zona de canteado de tablones.
Se eliminan los bordes laterales de los tablones con una máquina canteadora. Tiene unas dimensiones de 4x2,5 metros.
- Zona de retestado de tablones.
Se cortan los tablones a la longitud especificada con una máquina de retestado. Tiene unas dimensiones de 4x2,5 metros.
- Zona de alimentación de costeros.
Compuesta de un alimentador de troncos que desplaza los costeros trasladados de la sierra de corte longitudinal hasta la desdobladora, los costeros son cargados mediante una carretilla o pala cargadora. Tiene unas dimensiones de 3x4metros.
- Zona de desdoblado de costeros.
En dicha zona se saca un tablón de los costeros sobrantes de la línea principal. Está compuesta por una dobladora y tiene una dimensiones de 8x3 metros.

- Zona de canteado de costeros.
Se eliminan los bordes laterales de los costeros con una máquina canteadora. Tiene unas dimensiones de 4x2,5 metros.
- Zona de retestado de costeros.
Se cortan los costeros a la longitud especificada con una máquina de retestado. Tiene unas dimensiones de 4x2,5 metros.
- Zonas de clasificación de tablones-tablas.
Los tablones finalizados se clasifican según sus dimensiones y se trasladan a la campa exterior para su secado.
Habrá dos zonas de clasificación, la primera de dimensiones 13,5x4 metros situada al final de la línea de procesamiento de tablones y otra menos, de 5x4 metros de superficie al final de la línea de procesamiento de costeros. Esta última tendrá unas dimensiones menores, ya que en la línea de costeros la velocidad de producción es más lenta que en la de tablones.
- Zona de repuestos.
Se trata de una pequeña habitación para guardar herramientas para mantenimiento, utillajes, repuestos para la maquinaria utilizada el acceso a se podrá realizar desde la zona de producción o bien desde la oficina, ambos accesos serán mediante una puerta de paso. Tendrá unas dimensiones de 5x3 metros.

El plano nº 12 muestra una vista de la distribución en planta del aserradero

- *Vestuarios*

Los vestuarios están situados en la zona este del aserradero, entre los pórticos 1 y 2, se accede a ellos desde el exterior por una puerta peatonal situada en la fachada este y desde la zona de producción por un pasillo contiguo a la zona de alimentación de troncos de 2 metros de ancho y 14 metros de longitud que da acceso a la puerta de acceso. Ambas puertas dan acceso a un pasillo interior de 1,5 metros de ancho, donde se ubica la puerta de acceso a los vestuarios.

Los vestuarios se distribuyen del siguiente modo:

- Una primera zona, de dimensiones 5x4,5 metros donde se ubican 3 inodoros de dimensiones 1,6x1,2 metros que estarán separados físicamente del resto de la estancia mediante puertas de madera de 0,7 metros de ancho y 2 metros de alto y 3 lavabos para aseo personal de los trabajadores de producción y oficina, incluso de posibles visitas.
- Una segunda zona, de dimensiones 5x3,7 metros y a la que se accede a través de una puerta doble de vaivén de 0,8 metros de ancho de hoja, donde se ubicarán 3 duchas de dimensiones

1,2x0,8 metros cada una para higiene personal y separadas físicamente del resto de la estancia mediante puertas de 0,6 metros de ancho además de bancos para cambio de ropa y taquillas personales para los trabajadores de producción.

- *Oficina*

Las instalaciones contarán con una pequeña oficina situada de 5x5 metros de dimensión justo al lado de la puerta de acceso a la zona de producción en la fachada sur. El acceso a la oficina se realizará desde la zona de producción mediante una puerta de dimensiones 0,7 metros de ancho y 2 metros de alto. La oficina tendrá acceso al cuarto de repuestos mediante una puerta de paso de dimensiones 0,7 metros de ancho y 2 metros de alto.

El plano N° 13 muestra la distribución de los vestuarios y de la zona de oficina.

Respecto a los accesos al establecimiento, se podrán realizar de tres maneras distintas.

La puerta principal, situada en la fachada sur, entre los pórticos 2 y 3, de dimensiones 5x5 metros, de tipo basculante y que será de chapa de acero plegada.

También habrá una segunda puerta, que se denominará como secundaria, ya que es para uso durante el proceso productivo, estará situada en la fachada este, será de tipo corredera, de dimensiones 5x6 metros y que será de chapa de acero plegada.

Dichas puertas serán utilizadas como salidas de emergencia.

El acceso a la zona de vestuarios, se realizará mediante una puerta peatonal situada en la fachada oeste y de dimensiones de 0,9 x 2 metros. La puerta será de doble chapa de acero galvanizado con panel intermedio.

La superficie de terreno sin edificar se destinará al uso como capa para secado de la madera y almacenaje de troncos, además de contar con espacio suficiente para que los camiones cargados con materia prima puedan maniobrar en la descarga, además de una zona para pesaje de camiones.

6.3.4 Iluminación

En cubierta se dispondrá en cada vertiente de 10 lucernarios de poliéster reforzado con fibra de vidrio, translúcido, de dimensiones 6x2 metros cada uno y que estarán distribuidos cada 3 metros, coincidiendo con el centro de cada vano entre pórticos.

En la zona de oficina, se dispondrán de 3 ventanas de dimensiones 2x1,2 m. Dos ventanas estarán colocadas en la fachada oeste, mientras que la restante estará en la fachada sur. Las ventanas estarán colocadas a una altura de 1,2 metros del solado, para cumplir con la normativa en prevención de incendios.

El espacio destinado a almacén de repuestos y utillajes tendrá un ventanal de dimensiones 0,8x0,5 metros colocado en la fachada oeste, a 3 metros de altura.

En la zona de vestuarios habrá colocados seis ventanales de 0,8x0,5 metros colocados en la fachada oeste, a 3 metros de altura. Además, en el pasillo de acceso a los vestuarios, se deberán colocar 2 ventanales del mismo modelo, emplazados en la fachada norte.

6.3.5 Accesos

El acceso a las instalaciones se realizará, en primer lugar, a través de una puerta corredera exterior, que dará acceso a toda la parcela desde la carretera adyacente.

Para acceder a la edificación, se disponen de diferentes puntos.

En primer lugar, se considerará como puerta de acceso principal a la puerta ubicada en la fachada sur del aserradero, colocada entre los pórticos 2 y 3. Se tratará de una puerta de chapa de acero laminada, de dimensiones 5x5 metros, de tipo basculante, a través de la cual se podrá acceder a la oficina y a su vez, realizar la tarea productiva de trasladar los troncos cortados a su etapa de aserrado en el interior de la instalación.

En segundo lugar se dispondrá de una segunda puerta de acceso, de dimensiones 0,9x2 metros ubicada en la fachada oeste, dicha puerta dará acceso al pasillo de la zona de vestuarios. La puerta deberá ser de chapa de acero galvanizado plegada.

El aserradero también dispondrá de otra puerta de 6x5m de dimensiones y que estará ubicada en la fachada este y que servirá para el tránsito durante el proceso productivo del aserrado, concretamente para trasladar la madera clasificada a la campa exterior para su secado. Dicha puerta será de chapa de acero plegada y será de tipo corredera para facilitar el tránsito de maquinaria durante la producción. En principio, dicha puerta no se considerará como acceso al aserradero.

- Salidas de emergencia y recorridos de evacuación

Se considerarán como salidas de emergencia la puerta considerada como puerta principal y la puerta corredera de la fachada este, ya que son las

puertas de mayores dimensiones y el personal de la instalación está cerca de ellas y tienen un recorrido sencillo.

Los dos recorridos de evacuación están detallados en el Anexo II – Informe Técnico de Protección contra Incendios.

- Aforo

El aserradero contará 2 trabajadores de oficina y 8 personas como personal de planta, tanto trabajen en el interior del aserradero como en la campa.

7. CONDICIONES URBANÍSTICAS

El aserradero se ubicará en tres parcelas propiedad del promotor con referencia catastral 44258A02400020, 44258A02400019 y 44258A02400018 y que anteriormente venían siendo utilizadas como campas de almacenaje de herramienta y materia prima y que suman una superficie total de 5060,03 m². Las parcelas lindan tanto al norte, este y oeste con otras parcelas de propiedad privada, mientras que al sur linda con la carretera TE-V-3.

Las parcelas al no estar ubicadas en un polígono industrial no cuentan con instalaciones de agua potable, saneamiento, instalación eléctrica etc. No obstante la ubicación está junto al casco urbano de Valdelinares, de modo que serán necesarias obras para realizar acometidas a la red general de cada uno de los servicios.

Las parcelas habiendo sido declaradas por el ayuntamiento de la localidad como suelo industrial, tienen las siguientes condiciones de edificación:

- Ocupación del suelo máxima del 80%.
- Altura máxima de 15 metros en cumbrera, en caso de que la necesidad de la industria requiera una altura mayor podrá realizarse previa justificación.
- Edificabilidad neta 1m²/m² de suelo.
- Retranqueos mínimos, 7 metros a alineaciones y 3 metros a linderos. Ésta condición se cumple estrictamente como se puede confirmar en el Plano Nº 3.

8. CONDICIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El Anexo II corresponde al Informe Técnico que se ha realizado sobre las medidas a tomar de protección contra incendios en las instalaciones. En él se detallan todos los cálculos, normativas y medidas de protección necesarias que se han tenido en cuenta para llegar a las conclusiones que se exponen a continuación:

- *Propagación Interior*

El nivel de riesgo intrínseco de incendio es de 740,12 MJ/m², que corresponde a un nivel de riesgo bajo. De modo que se cumple la condición de que el nivel de riesgo intrínseco sea menor a 810 MJ/m² (Exigido por el Ayuntamiento).

En las instalaciones no existe ninguna zona de riesgo especial de incendio.

- *Propagación Exterior.*

La propia estructura del aserradero constituye el único sector de incendio, ya que está catalogado como un establecimiento de Tipo C según el RD 2267/2004 y no existen medianerías en su interior

Los cerramientos y el muro de fábrica del aserradero cumplen las condiciones de fachadas accesibles y de cubiertas ligeras como se indica en el Anexo II.

- *Evacuación de ocupantes.*

La evacuación del establecimiento se realizará en caso de ser necesaria a través de la denominada como puerta principal de 5x5 metros, situada en la fachada sur y de la puerta destinada a uso durante el proceso productivo, de 6x5 metros, ubicada en la fachada este.

Se establecerán dos recorridos de evacuación.

El primer recorrido, destinado al personal de oficina y al situado en la línea de serrado de troncos y que deberán desalojar el establecimiento a través de la puerta principal.

El segundo recorrido estará destinado al personal ubicado en el proceso de serrado de costeros y que desalojarán el establecimiento a través de la puerta de la fachada este.

- *Instalaciones de protección contra incendios.*

El establecimiento contará con 6 extintores distribuidos equitativamente dentro del establecimiento, de modo que están distanciados 9 metros entre

ellos en dirección transversal a la estructura y no más de 10 metros de distancia en dirección longitudinal.

9. CONDICIONES HIGIENICO-SANITARIAS Y SEGURIDAD

En el Estudio de Seguridad y Salud de este Proyecto están recogidas las medidas de seguridad y salud en el trabajo que se aplicarán durante el proceso de construcción, así como durante la actividad industrial.

10. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Para el cálculo y dimensionado de la estructura se ha partido de la determinación de las acciones y sobrecargas que actuarán sobre la estructura, en función del lugar de ubicación geográfica, conocidos dichos valores, se han determinado esfuerzos sobre cada elemento de la estructura con la ayuda de CYPE METAL 3D y realizar un pre-dimensionado de la estructura.

Una vez realizado dicho pre-dimensionado, se ha comprobado que la estructura cumpla las condiciones de resistencia y deformación que establece el Código Técnico de la Edificación ante los esfuerzos producidos por las sobrecargas y acciones combinadas según lo establecido en el Código Técnico de la Edificación.

Todos los cálculos estructurales realizados se encuentran descritos en el Anexo I – Cálculos Justificativos.

11. NORMATIVA APLICADA

- Código Técnico de la Edificación – Documento Básico. Seguridad Estructural.
- Código Técnico de la Edificación – Documento Básico. Seguridad Estructural Acero.
- Código Técnico de la Edificación – Documento Básico. Seguridad Estructural Acciones en la Edificación.
- Código Técnico de la Edificación – Documento Básico. HS. Salubridad.
- Instrucción de Hormigón Estructural - EHE 08.
- RD 2267/2004
- Ley de prevención de Riesgos Laborales 31/1995.
- Norma UNE 157001:2002; Criterios generales para la elaboración de proyectos.

12. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.

1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	6.899,34
2. CIMENTACIÓN	35.364,57
3. SANEAMIENTO	7.896,83
4. ESTRUCTURA	235.804,84
4.1.- PILARES PRINCIPALES	55.899,86
4.2.- PILARES PRINCIPALES PÓRTICO HASTIAL	13.695,32
4.3.- PILARES DE CIERRE	4.288,92
4.4.- CERCHAS	62.071,35
4.5.- MARQUESINA	15.802,27
4.6.- DINTEL	4.284,41
4.7.- ENTRAMADO DE CORREAS	56.292,09
4.8.- ENTRAMADO DE ARRIOSTRAMIENTO	4.695,72
4.9.- VIGA CARRIL	18.774,90
5. PAVIMENTACIÓN	14.994,00
6. CERRAMIENTOS	61.853,67
7. ALBAÑILERÍA	16.651,04
8. CARPINTERIA Y CERRAJERIA	9.526,14
9. INSTALACIÓN SANITARIA	2.041,83
10. URBANIZACIÓN	24.858,96
11. CONTROL DE CALIDAD	1.265,34
12. SEGURIDAD Y SALUD	9.863,13
Total	427.019,69 €

13. BILBIOGRAFÍA

- Datos de terreno: www.sedecatastro.gob.es
- Plan General de Ordenación Urbana de Valdelinares.
www.valdelinares.es
- Apuntes de la asignatura Oficina de proyectos. Bernardino Callejero y César García
- La Estructura Metálica Hoy. Ramón Argüelles.
- Apuntes de Estructuras Metálicas. Víctor Tabuenca Cintora.
- Estructuras de Acero. Luis Gracia Villa, Elena Ibarz Montaner.
- Resistencia de Materiales. Timoshenko.
- Catálogo Puente Grúa: www.abusgruas.es
- www.bloquesautocad.com
- Modelo A1 y B2 del ayuntamiento de Zaragoza para apertura de actividad no clasificada y para licencia ambiental de actividades clasificadas en establecimientos.

En Zaragoza a 5 de Febrero de 2016.

Firmado, el Autor:

Sergio Clavero Pina.

Trabajo Fin de Grado

CÁLCULO Y DIMENSIONADO ESTRUCTURAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN ASERRADERO DE MADERA

ANEXOS

Autor

Sergio Clavero Pina

Director

Víctor Tabuenca Cintora

ANEXO I

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

1. CÁLCULO DE ACCIONES SOBRE LA ESTRUCTURA.....	1
1.1 CÁLCULO ACCIONES DE VIENTO	1
1.2 CÁLCULO ACCIONES DE NIEVE.....	12
2. CÁLCULO DE LAS CORREAS	13
2.1 CORREAS LATERALES	14
2.2 CORREAS FRONTALES.....	22
2.3 CORREAS MARQUESINA	28
2.4 CORREAS DE CUBIERTA	33
3. CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL.....	40
3.1 CÁLCULO DE LA LÍNEA DE INFLUENCIA	41
3.2 COMPROBACIONES	56
4. DISEÑO DE LA CERCHA	69
5. CÁLCULO DE LA CERCHA	70
6. CÁLCULO DE LOS PILARES.....	78
7. CÁLCULO DEL DINETEL HASTIAL.....	83
8. CÁLCULO DE LOS PILARES HASTIALES.....	86
9. CÁLCULO DE LOS ARRIOSTRAMIENTOS.....	91
9.1 ARRIOSTRAMIENTOS DE CUBIERTA	91
9.2 ARRIOSTRAMIENTOS LATERALES	93
10. CÁLCULO DE LAS PLACAS DE ANCLAJE	96
11. CÁLCULO DE LA MÉNSULA PARA PUENTE GRÚA	109
12. CÁLCULO DE UNIONES SOLDADAS.....	111
12.1 UNIÓN CORDONES DE LA CERCHA.....	111
12.1.1 CORDÓN SUPERIOR UPN 180.....	112
12.1.2 CORDÓN INFERIOR L-150x12	113
12.1.3 MONTANTES L-60x10.....	115
12.1.4 DIAGONALES L-90x8.....	117
12.1.5 PATAS DE LA CERCHA UPN 180.....	118
12.1.6 DIAGONAL DE EXTREMO L-150x12	119
12.2 UNIÓN CORDONES DE LA MARQUESINA	121
12.2.1 CORDÓN SUPERIOR UPN 180.....	122
12.2.2 CORDÓN INFERIOR L-150x12	123
12.2.3 MONTANTE L-60x10.....	125
12.2.4 DIAGONAL L-90x8.....	127
12.3 UNIÓN MÉNSULA – PILAR	129
13. CÁLCULO DE UNIONES ATORNILLADAS	132
13.1 UNIÓN CERCHA – PILAR	132

13.2	UNIÓN PILAR – DINTEL HASTIAL	136
13.3	DINTEL – PILAR HASTIAL	141
13.4	UNIONES EN CERCHA	145
13.4.1	UNIÓN CORDÓN INFERIOR.....	145
13.4.2	UNIÓN CORDÓN SUPERIOR.....	147
13.5	UNIONES DE MARQUESINA	150
13.5.1	CORDÓN INFERIOR – PILAR.....	150
13.5.2	CORDÓN SUPERIOR – CERCHA.....	152
13.6	UNIÓN DINTELES HASTIALES	157
13.7	UNIÓN DE ARRIOSTRAMIENTOS	164
13.7.1	MONTANTES DE FACHADA.....	165
13.7.2	MONTANTES DE CUBIERTA.....	166
13.8	TORNILLOS DE AMARRE VIGA CARRIL	168
14.	CÁLCULO DE CIMENTACIÓN.....	169

1. CÁLCULO DE ACCIONES SOBRE LA ESTRUCTURA

1.1 CÁLCULO ACCIONES DE VIENTO

CYPE calcula las cargas de viento actuantes sobre la estructura de otra manera, la cual no es conocida, pero obtiene como resultado unos valores de carga más conservadores a los calculados según el método del CTE, de modo que se estará por el lado de la seguridad. Por lo tanto, se va a proceder a explicar el proceso de cálculo de las acciones de viento según el método del CTE y posteriormente se enumeraran los valores obtenidos por CYPE con los que se ha calculado la estructura.

Según el Código Técnico de la Edificación, se deben considerar, como mínimo, dos direcciones perpendiculares entre sí, cada una de ellas en los dos sentidos, por lo que se tomarán las direcciones perpendiculares a cada fachada de la estructura, 0°, 90°, 180° y 270°.

El Código Técnico de la Edificación, en el apartado 3.3.2 del DB-SE-AE establece que la acción del viento puede expresarse como:

$$q_e = q_b * c_e * c_p$$

Dónde:

q_e : Presión estática del viento.

q_b : Presión dinámica del viento.

c_e : Coeficiente de exposición.

c_p : Coeficiente de presión.

Según la Figura D.1 del Anejo D del Documento Básico SA-AE la localidad de Valdelinares, en la provincia de Teruel se encuentra en zona eólica A, por lo que la presión dinámica del viento $q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$.

Para el cálculo del coeficiente de exposición es necesario establecer el grado de aspereza del entorno, se tomará un Grado de Aspereza III ya que el entorno de la población de Valdelinares es un entorno rural accidentado. En el apartado D.2 del Anejo D se establecen las bases de cálculo del coeficiente de exposición para alturas de terreno no mayores de 200m.

$$c_e = F * (F + 7k)$$

$$F = k * \ln(\max(z, Z)/L)$$

Los valores de k , L y Z están tabulados para un Grado de Aspereza III con un valor de:

$$k = 0,19, \quad L = 0,05m, \quad Z = 2m$$

Respecto a la altura z , se suele tomar la altura del centro de gravedad de la superficie a estudiar, por lo que el valor variará según el paramento que se considere, paramentos verticales (fachadas) o paramentos de cubierta.

Finalmente, el coeficiente de presión está tabulado para unas características geométricas particulares de las zonas a estudiar. Con éstos valores se interpolará para encontrar el valor de coeficiente de presión asociado a la zona que se está estudiando.

Ahora se van a realizar los cálculos para cada una de las zonas de los paramentos.

PARAMENTOS VERTICALES

Hipótesis V1(0°)

En esta hipótesis se considera que el viento incide sobre la fachada lateral izquierda de la estructura.

Las dimensiones del paramento son 9 metros de alto y 50 metros de ancho, por lo que el centro de gravedad del paramento estará a una altura $z = 4,5 m$. Obtenido éste valor se puede calcular el coeficiente de exposición.

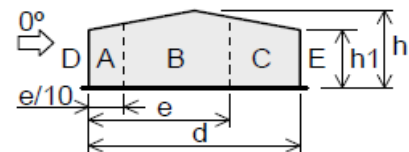


Figura 1.1.1

$$F = k * \ln(\max(z, Z)/L) = 0,19 * \ln\left(\frac{\max(4,5, 2)}{0,05}\right) = 0,855$$

$$c_e = 0,855 * (0,855 + 7 * 0,19) = 1,868$$

Ahora se debe calcular el valor de e que según la Tabla D.3 del Anejo D del Documento Básico SA-AE se obtiene como $e = \min(b, 2h)$ donde b es la anchura del paramento donde incide el viento, en éste caso $b = 50m$ y h es la altura de cumbrera, como puede verse en la Figura 1.1.1, en éste caso, $h = 23,4 m$.

Por lo que $e = 23,4 m$.

También es necesario calcular las superficies de cada una de las zonas que se pueden ver en la Figura 1.1.1 y cuyas dimensiones dependen del valor e y que se resumen en la Tabla 1.1.1.

	A	B	C	D	E
Superficie [m^2]	21,74	164,55	-	450	450

Tabla 1.1.1

Hay que destacar que para éste caso la zona C no existe, ya que el valor de e supera la luz de la estructura.

Todas las zonas tienen una superficie superior a $10 m^2$ por lo que se tomaran los coeficientes eólicos para casos con una superficie mayor de $10 m^2$.

Finalmente solo es necesario conocer la esbeltez de la estructura.

$$\frac{h}{d} = \frac{11,7m}{18m} = 0,65$$

Con éste valor se interpola entre los que figuran en la Tabla D.3 del Anejo D del Documento Básico SA-AE y se pueden resumir los cálculos en la Tabla 1.1.2.

		A	B	C	D	E
$\frac{h}{d}$	1	-1,2	-0,8	-	0,8	-0,5
	0,25	-1,2	-0,8	-	0,7	-0,3
	c_p	-1,2	-0,8	-	0,7534	-0,4067
	$c_p * c_e$	-2,242	-1,494	-	1,407	-0,76
	$q_e [KN/m^2]$	-0,942	-0,627	-	0,591	-0,319

Tabla 1.1.2

Hay que destacar que el signo negativo indica succión y el positivo, presión.

Para la hipótesis de V1 (180°) se tendrán los mismos valores de carga, pero ya que la dirección del viento será la opuesta, algunas de las cargas tendrán sentido contrario.

Hipótesis V2(90°)

En esta hipótesis se considera que el viento incide sobre la fachada frontal de la estructura.

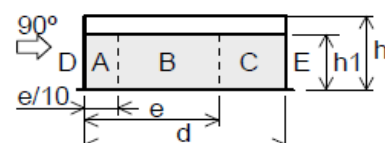


Figura 1.1.2

Las dimensiones del paramento son 11,7 metros de altura en cumbrera, 9 metros de altura en cabeza de pilar y 18 metros de luz. Para el cálculo del centro de gravedad del paramento, se descompone la sección en un triángulo de 2,7 metros de altura y 18 metros de

base, y por otro lado un rectángulo de 8 metros de altura y 18 metros de base. Sus respectivas áreas son:

$$A_{triángulo} = \frac{b * h}{2} = \frac{2,7 m * 18m}{2} = 24,3m^2$$

$$A_{rectángulo} = b * h = 18m * 9m = 162m^2$$

Conocido esto se calcula la altura del centro de gravedad, conociendo la altura del centro de gravedad del triángulo, que estará a 1/3 de su altura total, es decir 0,9 metros sobre la cabeza del pilar, 9,9 metros y el centro de gravedad del rectángulo estará a una altura de 4,5 metros. De modo que se calcula la altura del centro de gravedad como:

$$\bar{z} = \frac{\sum(\bar{z}_i * A_i)}{A} = \frac{(4,5m * 162m^2)(9,9m * 24,3m^2)}{162m^2 + 24,3m^2} = 5,2m$$

Conocido éste dato, se puede calcular el coeficiente de exposición.

$$F = k * \ln(\max(z, Z)/L) = 0,19 * \ln\left(\frac{\max(5,2, 2)}{0,05}\right) = 0,883$$

$$c_e = 0,883 * (0,883 + 7 * 0,19) = 1,954$$

Ahora se debe calcular el valor de e que según la Tabla D.3 del Anejo D del Documento Básico SA-AE se obtiene como $e = \min(b, 2h)$ donde b es la anchura del paramento donde incide el viento, en éste caso $b = 18m$ y h es la altura de cumbrera, como puede verse en la Figura 1.1.2 , en éste caso, $h = 11,7 m$.

Por lo que $e = 18 m$.

También es necesario calcular las superficies de cada una de las zonas que se pueden ver en la Figura 1.1.2 y cuyas dimensiones dependen del valor e y que se resumen en la siguiente tabla.

	A	B	C	D	E
Superficie [m^2]	16,2	145,8	288	186,3	186,3

Tabla 1.1.3

Todas las zonas tienen una superficie superior a 10 m^2 por lo que se tomaran los coeficientes eólicos para casos con una superficie mayor de 10 m^2 .

Finalmente solo es necesario conocer la esbeltez de la estructura.

$$\frac{h}{d} = \frac{11,7m}{50m} = 0,234$$

Con éste valor se interpola entre los que figuran en la Tabla D.3 del Anejo D del Documento Básico SA-AE y se pueden resumir los cálculos en la siguiente tabla.

		A	B	C	D	E
$\frac{h}{d}$	-	-	-	-	-	-
	$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3
	c_p	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3
	$c_p * c_e$	-2,341	-1,561	-0,976	1,366	-0,585
	$q_e [KN/m^2]$	-0,983	-0,656	-0,41	0,574	-0,246

Tabla 1.1.4

Hay que destacar que el signo negativo indica succión y el positivo, presión.

Para la hipótesis de V2 (270°) se tendrán los mismos valores de carga, pero ya que la dirección del viento será la opuesta, las zonas se distribuirán en sentido contrario.

PARAMENTOS DE CUBIERTA

Hipótesis V1(0°)

En esta hipótesis se considera que el viento incide sobre la cubierta lateral izquierda de la estructura, que tiene un ángulo de inclinación de 16,7°.

Las dimensiones del paramento son 11,7 metros de alto y 50 metros de ancho, por lo que el centro de gravedad del paramento estará a una altura de $z = 10,35 \text{ m}$. Obtenido éste valor se puede calcular el coeficiente de exposición.

$$F = k * \ln(\max(z, Z)/L) = 0,19 * \ln\left(\frac{\max(10,35, 2)}{0,05}\right) = 1,013$$

$$c_e = 1,013 * (1,013 + 7 * 0,19) = 2,374$$

El valor del coeficiente de exposición será común para las hipótesis de viento en cubierta, ya

que para los casos en los que incide el viento a 90° y 270° el punto de aplicación de la carga de viento, o centro de gravedad del paramento, estará a la misma altura.

Ahora se debe calcular el valor de e para cubiertas a dos aguas y un

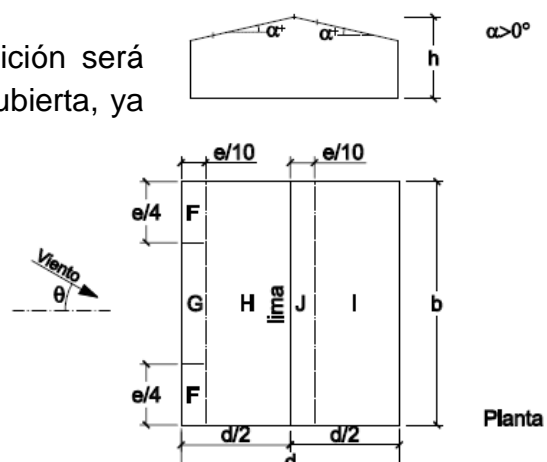


Figura 1.1.3

ángulo del incidencia del viento entre -45° y 45° que según la Tabla D.6 del Anejo D del Documento Básico SA-AE se obtiene como

$$e = \min(b, 2h)$$

b es la anchura del paramento donde incide el viento, en éste caso $b = 50m$ y h es la altura de cumbrera, como puede verse en la Figura 1.1.3 , en éste caso, $h = 23,4 m$.

Por lo que $e = 23,4 m$.

También es necesario calcular las superficies de cada una de las zonas que se pueden ver en la Figura 1.1.3 y cuyas dimensiones dependen del valor e y que se resumen en la siguiente tabla.

	F	G	H	I	J
Superficie [m^2]	14,29	93,56	347,85	347,85	122,14

Tabla 1.1.5

Todas las zonas tienen una superficie superior a $10 m^2$ por lo que se tomaran los coeficientes eólicos para casos con una superficie mayor de $10 m^2$.

Para el caso de la cubierta, los valores de los coeficientes eólicos dependen del ángulo de inclinación de la cubierta.

También hay que destacar que se consideran dos hipótesis dentro del supuesto de viento a 0° , que serán denominadas V1a y V1b tanto para 0° como para 180° .

En la Tabla D.6 del Anejo D del DB SA-AE se encuentran los coeficientes eólicos para las dos hipótesis según el ángulo de inclinación de la cubierta. Es necesario interpolar si el ángulo no está tabulado. En las siguientes tablas se recogen los resultados obtenidos para cada una de las dos hipótesis.

V1a(0°)

		F	G	H	I	J
$\alpha = 16,7^\circ$	30°	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	15°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-0,5
	c_p	-0,855	-0,766	-0,289	-0,4	-0,943
	$c_p * c_e$	-2,029	-1,818	-0,686	-0,949	-0,2238
	$q_e [KN/m^2]$	-0,852	-0,764	-0,288	-0,399	-0,94

Tabla 1.1.6

V1b(0°)

		F	G	H	I	J
$\alpha = 16,7^\circ$	30°	0,7	0,7	0,4	0	0
	15°	0,2	0,2	0,2	0	0
	c_p	0,257	0,257	0,223	0	0
	$c_p * c_e$	0,61	0,61	0,529	0	0
	$q_e [KN/m^2]$	0,256	0,256	0,222	-	-

Tabla 1.1.6

Hay que destacar que el signo negativo indica succión y el positivo, presión.

Para las hipótesis V1a(180°) y V1b(180°) se tendrán los mismos valores de carga, pero ya que la dirección del viento será la opuesta, las zonas se distribuirán en sentido contrario.

Hipótesis V2(90°)

En esta hipótesis se considera que el viento incide perpendicularmente a 90° sobre la cubierta de la estructura.

Ahora se debe calcular el valor de e que

según la Tabla D.7 del Anejo D del Documento Básico SA-AE se obtiene como $e = \min(b, 2h)$ donde b es la anchura del paramento donde incide el viento, en éste caso $b = 18m$ y h es la altura de cumbrera, como puede verse en la Figura 1.1.4 , en éste caso, $h = 11,7 m$.

Por lo que $e = 18 m$.

También es necesario calcular las superficies de cada una de las zonas que se pueden ver en la Figura 1.1.4 y cuyas dimensiones dependen del valor e y que se resumen en la siguiente tabla.

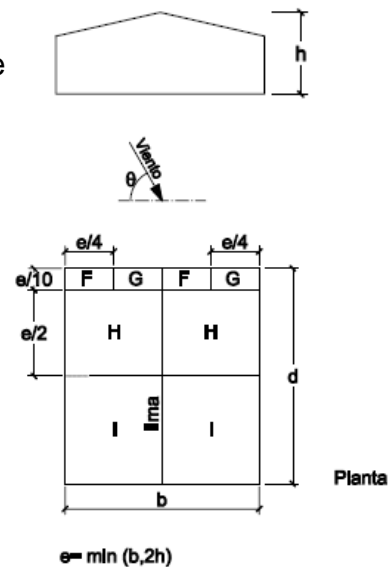


Figura 1.1.4

	F	G	H	I
Superficie [m^2]	16,92	16,92	169,14	736,96

Tabla 1.1.7

Todas las zonas tienen una superficie superior a 10 m^2 por lo que se tomarán los coeficientes eólicos para casos con una superficie mayor de 10 m^2 .

Para el caso de la cubierta, los valores de los coeficientes eólicos dependen del ángulo de inclinación de la cubierta.

En la Tabla D.7 del Anejo D del DB SA-AE se encuentran los coeficientes eólicos para las dos hipótesis según el ángulo de inclinación de la cubierta. Es necesario interpolar si el ángulo no está tabulado. En las siguientes tablas se recogen los resultados obtenidos para cada una de las dos hipótesis.

$\alpha = 16,7^\circ$		F	G	H	I
	30	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	15	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	c_p	-1,277	-1,311	-0,623	-0,5
	$c_p * c_e$	-3,03	-3,111	-1,478	-1,187
	$q_e [m^2]$	-1,273	-1,307	-0,621	-0,5

Tabla 1.1.8

Hay que destacar que el signo negativo indica succión y el positivo, presión.

Para la hipótesis de V2 (270°) se tendrán los mismos valores de carga, pero ya que la dirección del viento será la opuesta, algunas de las cargas tienen sentido contrario.

Los valores que genera CYPE 3D son los siguientes.

Carga $q \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$	Zonas					
	Hipótesis	A	B	C	D	E
	V1a(0°)	-1,244	-0,829	-	0,781	-0,421
	V1b(0°)	-1,244	-0,829	-	0,781	-0,421
	V2(90°)	-1,244	-0,829	-0,518	0,725	-0,311
	V1a(180°)	-1,244	-0,829	-	0,781	-0,421
	V1b(180°)	-1,244	-0,829	-	0,781	-0,421
	V2(270°)	-1,244	-0,829	-0,518	0,725	-0,311

Tabla 1.1.9

Carga $q \left[\frac{kN}{mm^2} \right]$	Zonas					
	Hipótesis	F	G	H	I	J
	V1a(0°)	-0,886	-0,794	-0,299	-0,415	-0,978
	V1b(0°)	0,266	0,266	0,231	-	-
	V2(90°)	-1,324	-1,359	-0,645	-0,518	-
	V1a(180°)	-0,886	-0,794	-0,299	-0,415	-0,978
	V1b(180°)	0,266	0,266	0,231	-	-
	V2(270°)	-1,324	-1,359	-0,645	-0,518	-

Tabla 1.1.10

Como se puede ver en las tablas, las cargas de viento que toma CYPE para el cálculo de la estructura son mayores de lo calculado según el CTE, por lo que las aceptamos en el cálculo, ya que de este modo, se estará por el lado de la seguridad en el dimensionado.

Hay que destacar que el signo negativo indica succión y el positivo, presión.

CÁLCULO ACCIONES DE VIENTO SOBRE MARQUESINA

Para el cálculo del saliente en voladizo de la cubierta de la estructura, CYPE no genera cargas de viento, por lo que es necesario calcularlas según el CTE y después introducirlas en CYPE como carga superficial. Para ello, primero es necesario encontrar el tipo de cubierta al que se asemeja el saliente de la cubierta respecto a los que figuran en el CTE DB-SE-AE, en éste caso lo trataremos como una marquesina aun agua y que cuando el viento sopla en las hipótesis V1(180°) se considerará como una marquesina obstruida bajo la cubierta, es decir, $\varphi = 1$, ya que el viento se encontrará con la fachada lateral. Por otro lado, para las hipótesis V1(0°) se considerará $\varphi = 0$, ya que en la Tabla D.10 del Anejo D del CTE DB-SE-AE se establece la condición “A sotavento del punto de máximo bloqueo, se emplearán los valores de los coeficientes de presión exterior correspondientes a un factor de obstrucción $\varphi = 0$ ”.

De otro modo, para cada hipótesis ($\varphi = 0$ y $\varphi = 1$) se considerará la acción del viento hacia arriba y hacia abajo, según la condición de la Tabla D.10 del Anejo D del CTE DB-SE-AE se establece la condición – Los coeficientes de presión tienen en cuenta los efectos del viento actuando sobre ambas superficies, la superior y la inferior. Un valor negativo del coeficiente indica que la acción del viento tiende a levantar la marquesina, y un valor positivo lo contrario. Por regla general, a efectos del dimensionado de las marquesinas se deberán considerar ambas situaciones -.

De éste modo, se tendrán cuatro hipótesis de viento para la marquesina, combinables dos a dos con las dos hipótesis de viento lateral, V1(0°) y V1(180°). Las hipótesis de carga de viento para el voladizo se nombran como:

Marquesina ($\varphi = 0$) Arriba. Correspondiente con la hipótesis de viento V1(0°) en la que se supone la acción del viento sobre la cubierta hacia arriba.

Marquesina ($\varphi = 0$) Abajo. Correspondiente con la hipótesis de viento V1(0°) en la que se supone la acción del viento sobre la cubierta hacia abajo.

Marquesina ($\varphi = 1$) Arriba. Correspondiente con la hipótesis de viento V1(180°) en la que se supone la acción del viento sobre la cubierta hacia arriba.

Marquesina ($\varphi = 1$) Abajo. Correspondiente con la hipótesis de viento V1(0°) en la que se supone la acción del viento sobre la cubierta hacia abajo.

Para el cálculo de éstas hipótesis mencionadas, se parte de la Tabla D.10 del CTE DB-SE-AE, en el Anejo D.

El voladizo tiene unas dimensiones de 50 metros de largo, 5 metros de ancho y 1,5 metros de alto con una inclinación de 16,7°.

Según el CTE la cubierta del voladizo debe dividirse en zonas con distintas cargas, como se muestra en la **Imagen**. Las dimensiones de dichas superficies son $b = 50m$ y $d = 5,22m$.

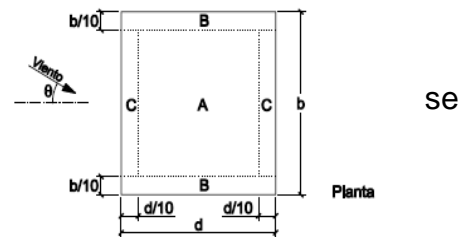


Figura 1.1.5

Con dichas dimensiones conocidas se puede calcular las dimensiones de cada área.

Zona	A	B	C
Área [m^2]	167,04	52,2	41,76

Tabla 1.1.11

Para el cálculo de la carga de viento para cada zona, empezamos por el cálculo del coeficiente de exposición. Para un grado de aspereza III:

$$k = 0,19 \quad L = 0,05m \quad Z = 2$$

La altura media del voladizo es $z = 8,25m$. Por lo que el coeficiente de exposición queda:

$$F = k * \ln(\max(z, Z)/L) = 0,19 * \ln\left(\frac{\max(8,25, 2)}{0,05}\right) = 0,97$$

$$c_e = 0,97 * (0,97 + 7 * 0,19) = 2,231$$

Ahora se calcularán las cargas de viento para cada zona dentro de cada hipótesis de carga según los coeficientes de la Tabla D.10 del Anejo D del CTE DB-SE-AE.

1. Marquesina ($\varphi = 0$) Arriba.

		A	B	C
$\alpha = 16,7^\circ$	20°	-2,2	-2,8	-2,9
	15°	-1,8	-2,4	-2,5
	c_p	-1,936	-2,536	-2,636
	$c_p * c_e$	-4,32	-5,658	-5,88
	$q_e [KN/m^2]$	-1,815	-2,377	-2,47

Tabla 1.1.12

2. Marquesina ($\varphi = 0$) Abajo.

		A	B	C
$\alpha = 16,7^\circ$	20°	1,7	2,9	2,1
	15°	1,4	2,7	1,8
	c_p	1,502	2,768	1,902
	$c_p * c_e$	3,35	6,176	4,244
	$q_e [KN/m^2]$	1,408	2,6	1,783

Tabla 1.1.13

3. Marquesina ($\varphi = 1$) Arriba.

		A	B	C
$\alpha = 16,7^\circ$	20°	-1,6	-2,9	-3
	15°	-1,6	-2,9	-3
	c_p	-1,6	-2,9	-3
	$c_p * c_e$	-3,57	-6,47	-6,693
	$q_e [KN/m^2]$	-1,5	-2,718	-2,812

Tabla 1.1.14

4. Marquesina ($\varphi = 1$) Abajo.

		A	B	C
$\alpha = 16,7^\circ$	20°	1,7	2,9	2,1
	15°	1,4	2,7	1,8
	c_p	1,502	2,768	1,902
	$c_p * c_e$	3,35	6,176	4,244
	$q_e [KN/m^2]$	1,408	2,6	1,783

Tabla 1.1.15

Hay que destacar que el signo negativo indica succión y el positivo, presión.

En el caso de las hipótesis de viento V2(90°) y V2(270°) se considerará carga en las zonas laterales del voladizo, aplicando un valor de carga para Zona B de paramentos verticales. Por otro lado, en el caso de paramentos de cubierta, se extenderá la zona con mayor carga, en éste caso la Zona F, hasta el final del voladizo, así como las zonas H e I.

1.2 CÁLCULO ACCIONES DE NIEVE

El apartado 3.5.1 del CTE DB-SE-AE establece el método de cálculo de la carga de nieve que debe soportar la estructura en función de distintos parámetros. Así pues, define el valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal como:

$$q_n = \mu * s_k$$

Siendo μ el coeficiente de forma de la cubierta, que para el caso de la estructura actual tendrá valor 1, ya que el ángulo de inclinación de la cubierta, $16,7^\circ$ es menor o igual a 30° . Y donde s_k es el valor de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, que según el Anejo E del CTE DB-SE-AE la localidad de Valdelinares está localizada dentro de la zona climática 2 y como dicha localidad está ubicada a 1693 metros sobre el nivel del mar, se tomará como altura para la carga de nieve, 1800 metros, por lo que $s_k = 4,6 \text{ KN/m}^2$. De éste modo se tiene que:

$$q_n = 4,6 \text{ KN/m}^2$$

Además, como la estructura está ubicada a más de 1000 metros de altitud y tenemos un elemento voladizo, la marquesina, el CTE DB-SE-AE establece que hay que considerar además de la carga superficial de nieve, una carga lineal p_n en el borde del voladizo, debida a la formación de hielo, donde:

$$p_n = k * \mu^2 * s_k$$

Donde $k = 3 \text{ metros}$. Con lo cual la carga lineal queda:

$$p_n = 3 * 1 * 4,6 \text{ KN/m}^2 = 13,8 \text{ KN/m}$$

Dicha carga la introduciremos en CYPE, para el cálculo de los esfuerzos como carga puntual en los nudos de los extremos del voladizo, de modo que se introducirá el valor antes calculado multiplicado por la modulación entre pórticos, ya que es la dimensión de su superficie tributaria, excepto en los nudos de los extremos de la estructura, en los que el valor de la carga puntual será la mitad. La carga se introducirá con un valor de:

$$p_n = 13,8 \text{ KN/m} * 5\text{m} = 69 \text{ KN}$$

En los extremos,

$$p_n = 13,8 \text{ KN/m} * 2,5\text{m} = 34,5 \text{ KN}$$

2. CÁLCULO DE LAS CORREAS

Las correas de la estructura se pueden dividir en tres grupos, por un lado, las correas de las fachadas laterales, por otro las correas de las fachadas hastiales o frontales, y finalmente las correas de cubierta. Cada uno de estos grupos de correas estará sometido a distintas cargas, como pueden ser las cargas de viento, o nieve (en el caso de la cubierta). Se propone un estudio de la correa más cargada de cada zona, es decir, la que estará ubicada dentro de las zonas de viento con mayor carga. Cada correa se supone como una viga continua en dos vanos, con apoyos que impiden su desplazamiento, pero que permiten el giro. Además, en el eje Y-Y se considerarán apoyadas en el centro de los vanos, ya que cada correa está unida a las demás mediante tirantillas, que también van a ser dimensionadas, cuya misión es distribuir entre las correas del paño los esfuerzos provocados por el peso propio de dichas correas. Se comprobará la resistencia de la sección de cada correa a flexión compuesta.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

Como las correas no estarán sometidas a esfuerzos axiales, se despreciará dicho término de la ecuación, de manera que la comprobación queda:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

Finalmente, destacar que cada correa se comprobará en dos secciones, la primera correspondiente al apoyo central, ya que el momento flector respecto al eje y adquiere su valor máximo en dicho punto, y por otro lado, en el centro del vano, ya que el momento flector respecto al eje z, adquiere su valor máximo en dicho punto.

También será necesario que las correas cumpla la condición de flecha máxima que establece el CTE y que es que la flecha máxima de cada correa sea menor o igual a $L/300$.

Para los paramentos verticales se utilizará un perfil de cerramiento de la casa CURBIMIETAL CM 40/974 de 0,6mm de espesor y que ofrece una resistencia de hasta $2,472KN/mm^2$ colocado sobre dos vanos y que es superior a cualquier valor de carga superficial en paramentos verticales. Éste perfil de cerramiento tiene un peso propio de $0,06KN/m^2$.

Para los paramentos de cubierta se utilizará un perfil de cerramiento de la casa CURBIMIETAL CM 40/974 de 1mm de espesor y que ofrece una

resistencia de hasta $5,27 \text{KN/mm}^2$ colocado sobre dos vanos y que es superior a cualquier valor de carga superficial en paramentos de cubierta. Éste perfil de cerramiento tiene un peso propio de $0,1 \text{KN/m}^2$.

2.1 CORREAS LATERALES

El primer paso a realizar será determinar los esfuerzos que actuarán sobre los paramentos de las fachadas laterales.

Se considerarán las cargas de viento y la carga permanente de peso propio, compuesta por el peso de cada correa, sumado al peso de la chapa de cerramiento. Las cargas de viento que actuarán sobre cada una de las fachadas laterales se recogen en la siguiente tabla.

	V1(0°)	V2(90°)
Zona A	-	-1,244
Zona B	-	-0,829
Zona C	-	-0,518
Zona D	0,781	-
Zona E	-0,421	-

Tabla 2.1.1

El signo negativo indica succión y el positivo, presión.

Se propone una separación entre correas de 2 metros, de manera que el paño lateral, que es de 9 metros de altura, se ve reducido a 6 metros por el muro de fábrica que tiene una altura de 3 metros, de modo que el paño de fachada lateral estará compuesto por 5 correas y 4 vanos entre ellas. Las correas se estudiarán con una distancia entre apoyos de 5 metros, que es la correspondiente a la distancia entre pórticos de la estructura.

Según los valores de la tabla, se elige para su estudio, una correa que se ubicará dentro de las zonas A y B, dentro de la hipótesis de viento V2(90°)

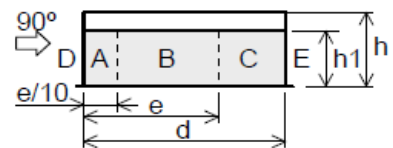


Figura 2.1.1

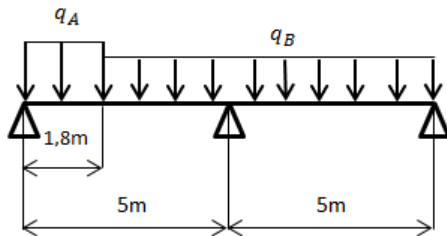
ya que son las que más carga poseen.

El estudio de las correas de las fachadas laterales se realiza en dos planos de carga, el x-z, donde en éste caso, solo actuarán las acciones de viento, y el x-y, donde actuará la carga permanente de peso propio de las correas añadido al peso del paramento de chapa.

Eje x-z

Para la hipótesis V2(90°) $e = 18m$ de modo que la carga de la zona A actuará sobre la correa una distancia de 1,8 metros, mientras que la carga de la zona B actuará sobre una distancia de 8,2 metros.

El caso de carga en el plano x-z será el siguiente:



Donde q_A se calcula como la distancia entre correas multiplicada por la carga correspondiente a la zona A.

$$q_A = -1,244 \frac{KN}{mm^2} * 2m = -2,488 KN$$

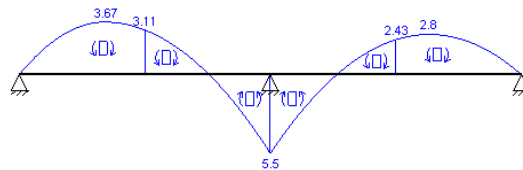
Del mismo modo, con la carga correspondiente a la zona B.

$$q_B = -0,829 \frac{KN}{mm^2} * 2m = -1,658 KN$$

Calculando con la ayuda del programa MEFi se obtienen los valores del momento flector en el apoyo central y en el centro del primer vano.

$$M_{y1} = 5,5 KNm$$

$$M_{y2} = -3,11 KNm$$

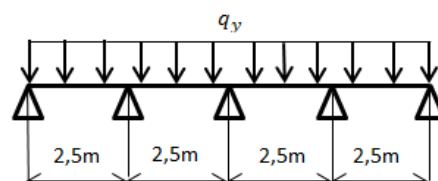


Eje x-y

El peso de cada una de las correas se aproxima, en una pre-dimensión a 0,1KN/m, mientras que el peso de la chapa de cerramiento asciende a $6,04 \frac{Kg}{m^2}$ según indica el fabricante, que multiplicado por la distancia entre correas, hace un peso propio de $0,12 \frac{KN}{mm^2}$. Todo esto sumado, compone la carga permanente, que asciende a $q_y = 0,22 \frac{KN}{m}$.

La correa se considerará apoyada, además de en los pórticos, en las tirantillas que se colocarán uniando unas correas con otras para que de éste modo se consiga transmitir los esfuerzos producidos por el peso propio, ya que éstos actúan sobre el eje de menor inercia de la correa.

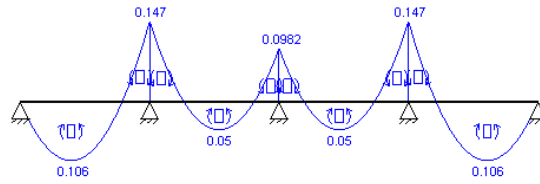
El caso de carga en el plano x-y será el siguiente:



Calculando con la ayuda del programa MEFi se obtienen los valores del momento flector en el apoyo central y en el apoyo del centro del primer vano.

$$M_{y1} = -0,0982 \text{ KNm}$$

$$M_{y2} = -0,147 \text{ KNm}$$



Conocidos los momentos flectores producidos por los esfuerzos en ambos planos, es el momento de establecer la combinación desfavorable de esfuerzos, que será:

$$1,35CP + 1,5V2(90^\circ)$$

Por lo que los esfuerzos flectores en la Sección 1 (Apoyo central) son:

$$M_{y1Ed} = 1,5 * 5,5 \text{ KNm} = 8,25 \text{ KNm}$$

$$M_{z1Ed} = 1,35 * 0,0982 \text{ KNm} = 0,133 \text{ KNm}$$

Y de igual manera en la Sección 2 (Centro del vano):

$$M_{y2Ed} = 1,5 * 3,11 \text{ KNm} = 4,665 \text{ KNm}$$

$$M_{z2Ed} = 1,35 * 0,147 \text{ KNm} = 0,1985 \text{ KNm}$$

Para las coreas laterales se propone un perfil de acero conformado en frío CF 180,2,5. La sección de dicho perfil tiene las siguientes propiedades mecánicas, que se recogen en la siguiente tabla.

	CF 180,2,5
W_y	$43,2 \times 10^3 \text{ mm}^3$
W_z	$9,06 \times 10^3 \text{ mm}^3$
I_y	$389 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Tabla 2.1.2

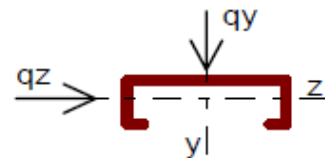


Imagen 2.1.1

Con estos datos, se pueden calcular los momentos resistentes de la sección.

$$M_{y,Rd} = W_y * f_{yd} = 43,2 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 11,314 \text{ KNm}$$

$$M_{z,Rd} = W_z * f_{yd} = 9,06 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 2,372 \text{ KNm}$$

La comprobación finalmente queda:

Sección 1

$$\frac{8,25 \text{ KNm}}{11,314 \text{ KNm}} + \frac{0,133 \text{ KNm}}{2,372 \text{ KNm}} = 0,73 + 0,056 = 0,786 < 1$$

Sección 2

$$\frac{4,665 \text{ KNm}}{11,314 \text{ KNm}} + \frac{0,1985 \text{ KNm}}{2,372 \text{ KNm}} = 0,413 + 0,0837 = 0,4967 < 1$$

Respecto al cálculo de la flecha máxima, ésta se producirá a 2,21 metros del apoyo izquierdo. Éste valor se ha obtenido derivando la ecuación de la deformada para una viga de un vano cargada con una carga $q = -0,83 \text{ KN/m}$ que será la diferencia entre q_A y q_B aplicada en una distancia $a = 1,8\text{m}$ en una viga de 5 metros de longitud.

La flecha máxima vendrá dada por la superposición de flechas de 3 casos de carga, primero el anteriormente mencionado cuya flecha se nombrará como f_1 . El segundo caso de carga, que será una viga de 5 metros de luz sometida a una carga de valor $q_B = -1,658 \text{ KN/m}$ uniformemente repartida en toda su longitud, cuya flecha se nombrará como f_2 y finalmente el momento producido en el apoyo central, que tenderá a compensar las flechas antes nombradas. El momento flector del apoyo central es de un valor $M_o = 5,5 \text{ KNm}$ y su flecha se nombrará como f_3 .

$$\begin{aligned} f_1(x = 2,21) &= \frac{-2,35 * q}{EI_y} = \frac{-2,35 * (-0,83)}{210 \times 10^6 * 389 \times 10^{-8}} = 2,387 \text{ mm} \\ f_2(x = 2,21) &= \frac{-8,007 * q_B}{EI_y} = \frac{-(-1,658) * 8,007}{210 \times 10^6 * 389 \times 10^{-8}} = 16,25 \text{ mm} \\ f_3(x = 2,21) &= \frac{-1,42 M_o}{EI_y} = \frac{-1,42 * (5,5)}{210 \times 10^6 * 389 \times 10^{-8}} = -9,977 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sumando los tres valores, la flecha máxima queda:

$$f = 2,387 + 16,25 + (-9,977) = 8,66 \text{ mm} < \frac{L}{300} = 16,66 \text{ mm}$$

El valor positivo de la flecha significa que la correa se deforma hacia afuera de la fachada, por el contrario, el negativo significa que lo hace hacia adentro de la estructura.

La flecha máxima será un 53,195% de la permitida. Por lo que el perfil CF 180,2,5 será apto como correa de las fachadas laterales, ya que cumple la condición de flecha máxima, y su sección trabajará, en el caso de carga más desfavorable al 78,6% de su capacidad resistente.

Para el dimensionado de las tirantillas, primero es necesario explicar el razonamiento del cálculo. La correa que está situada en la parte inferior del

pañó, tiene una superficie de carga tributaria que es la mitad que las de las otras correas, ya que ésta está junto al muro de fábrica. Por tanto, la reacción que se origina en el cálculo de los esfuerzos en el eje y-y es la mitad que en el caso de las demás correas, es decir, que la tirantilla que soporta a la correa inferior, estará sometida a una carga inferior de valor $R/2$, pero la tirantilla que sujeta a la correa que sigue a la correa inferior, estará sometida a la carga proveniente de la tirantilla que sujeta a la correa inferior, añadida a la carga que produce la correa que está sujetando, y que tiene una superficie tributaria igual a la distancia entre correas, por lo que ésta tirantilla tendrá que soportar un esfuerzo de $R + R/2$, esto ocurre sucesivamente conforme se va ascendiendo por el paño, de modo que la tirantilla que está amarrada a la correa superior, estará sometida a un esfuerzo de valor $(n - 0,5)R$ donde n es el número de vanos que hay en el paño. Se utilizará éste valor de carga para el dimensionado de todas las tirantillas del paño.

Para el caso de las fachadas laterales, el paño, de 6 metros de altura está dividido en 3 vanos de 2 metros cada uno, por lo que el esfuerzo que debe soportar la última tirantilla será de $2,5R$.

El valor máximo de R se alcanza en los apoyos del centro de los vanos de las correas para el plano de carga x-y. Donde $R = 0,629KN$, éste valor debe ser mayorado conforme a la combinación desfavorable de esfuerzos, de modo que como es producido por la hipótesis de carga permanente.

$$R_{Ed} = 1,35R = 1,35 * 0,629KN = 0,85KN$$

Con éste valor se calcula el esfuerzo que debe soportar la última tirantilla.

$$R_{uEd} = 2,5R_{Ed} = 2,5 * 0,85KN = 2,125KN$$

Se calcula el área mínima que debe de tener la tirantilla según:

$$S_{min} = \frac{R_{uEd}}{f_{yd}} = \frac{2,125KN}{0,2619KN/mm^2} = 8,114mm^2$$

Y finalmente el diámetro mínimo necesario.

$$\phi_{min} = \sqrt{\frac{4S_{min}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 8,114mm^2}{\pi}} = 3,21mm$$

Se colocará un redondo de diámetro 10 mm ya que no se colocan redondos de diámetro inferior.

CORREA SUPERIOR

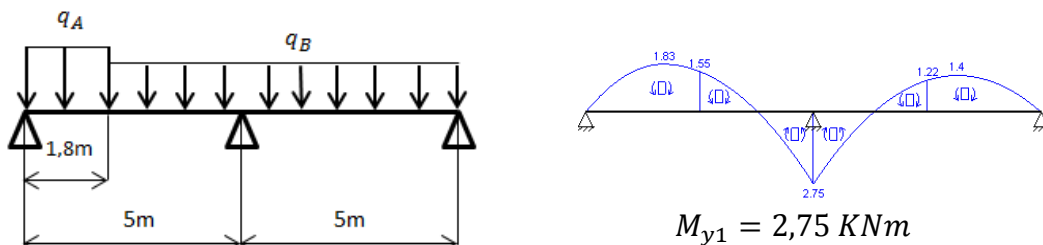
La correa superior del paño de la fachada lateral, es un caso particular, ya que aunque tiene una superficie tributaria que es la mitad de las demás correas, en el plano de carga x-y estará más solicitada, ya que es ésta correa la que soporta, a través de las tirantillas, el peso de las demás correas del paño, es por ésta razón por la que es necesario comprobar que es capaz de resistir los esfuerzos a los que está sometida en el plano x-y, de modo que en éste caso solo se comprueba la resistencia de la sección del perfil en un punto, el apoyo central, ya que al suponerse como una viga de dos vanos, el momento flector máximo estará en el apoyo central, tanto en el plano x-z como en el plano x-y.

El puto de partida es calcular las cargas de viento que recibe la correa, sabiendo que su superficie tributaria tiene un ancho de 1 metro.

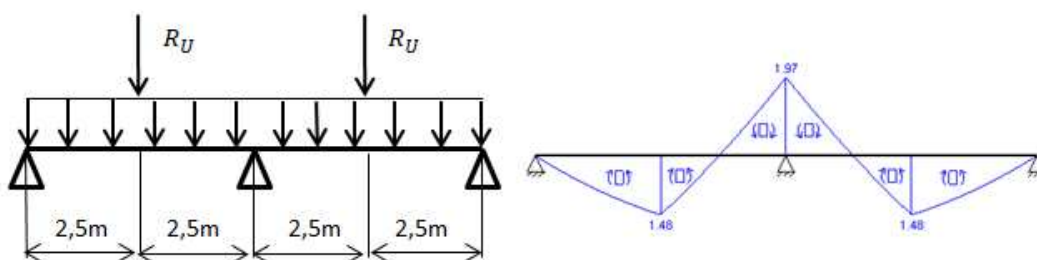
$$q_A = -1,244 \frac{KN}{mm^2} * 1m = -1,244 KN$$

$$q_B = -0,829 \frac{KN}{mm^2} * 1m = -0,829 KN$$

De éste modo, q_A actúa sobre una longitud de la viga de 1,8 metros, y q_B en una distancia de 8,2 metros. Se calculan, con la ayuda de MEFI los momentos flectores producidos por dichas cargas.



El caso de carga en el plano x-y es más complejo, ya que la correa superior solamente estará apoyada en los pórticos y además tiene aplicada la carga de la última tirantilla R_U en el centro de los vanos. El valor de R_U es 2,5 veces el valor de R , por lo que $R_U = 2,5 * 0,629KN = 1,573KN$. Se calculan los esfuerzos flectores con la ayuda de MEFI.



$$M_{z1} = -1,97 \text{ KNm}$$

La combinación de esfuerzos desfavorable es la misma que para las otras correas.

$$1,35CP + 1,5V2(90^\circ)$$

Por lo que los esfuerzos flectores en la Sección 1 (Apoyo central) son:

$$M_{y1Ed} = 1,5 * 2,75 \text{ KNm} = 4,125 \text{ KNm}$$

$$M_{z1Ed} = 1,35 * 1,97 \text{ KNm} = 2,66 \text{ KNm}$$

La comprobación finalmente queda:

$$\frac{4,125 \text{ KNm}}{11,314 \text{ KNm}} + \frac{2,66 \text{ KNm}}{2,372 \text{ KNm}} = 0,365 + 1,122 = 1,487 > 1$$

Las combinaciones de esfuerzos superan la capacidad resistente de la sección del perfil CF 180,2,5 por lo que se resuelve colocando dos perfiles CF 180,2,5 unidos en cajón, como se muestra en la Imagen 2.1.2. En la siguiente tabla se recogen las propiedades de su sección.

	2 x CF 180,2,5
Area	1618mm ²
I_y	778x10 ⁴ mm ³
I_z	369,251x10 ⁴ mm ³
W_y	86,444x10 ³ mm ³
W_z	61,542x10 ³ mm ³

Tabla 2.1.3

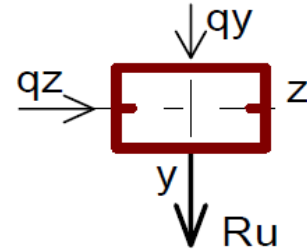


Imagen2.1.2

Con estos datos, se pueden calcular los momentos resistentes de la sección.

$$M_{y,Rd} = W_y * f_{yd} = 86,444 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 22,64 \text{ KNm}$$

$$M_{z,Rd} = W_z * f_{yd} = 61,542 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 16,113 \text{ KNm}$$

Ahora, el peso propio de la correa será el doble, por lo que la carga de la hipótesis de carga permanente queda $q_y = 0,26 \text{ KN/mm}^2$. Con éste dato, se

recalculan los momentos flectores respecto del eje z con la ayuda de MEFI y se obtienen los siguientes resultados.

$$M_{z1} = -2,29 \text{ KNm}$$

Según la combinación de esfuerzos desfavorable

$$1,35CP + 1,5V2(90^\circ)$$

Los esfuerzos de cálculo quedan:

En la Sección 1 (Apoyo central) son:

$$M_{y1Ed} = 1,5 * 2,75 \text{ KNm} = 4,125 \text{ KNm}$$

$$M_{z1Ed} = 1,35 * 2,29 \text{ KNm} = 3,092 \text{ KNm}$$

Por lo que la comprobación queda:

Sección 1

$$\frac{4,125 \text{ KNm}}{22,64 \text{ KNm}} + \frac{3,092 \text{ KNm}}{16,113 \text{ KNm}} = 0,1822 + 0,1919 = 0,3741 < 1$$

La sección de la correa superior trabajará bajo carga a un máximo del 37,41% de su capacidad resistente.

El último paso es el cálculo de la flecha máxima de la correa en dirección y-y.

La flecha máxima se producirá en los puntos centrales de los vanos y se puede calcular, descomponiendo el esquema de carga en tres esquemas, el primero, una viga bi-apoyada sometida a una carga de valor q_y uniformemente repartida, el segundo, una viga bi-apoyada, sometida a una carga puntual R_U en el centro del vano, y el tercero, una viga bi-apoyada sometida a un momento flector en el apoyo de la derecha. La suma producida de las flechas producidas en el centro de los vanos de cada una de las vigas, dará la flecha máxima de la correa.

$$f_1(x = 2,5) = \frac{-5q_yL^5}{384EI_z} = \frac{-5 * (0,26)^5}{384 * 210 \times 10^6 * 369 \times 10^{-8}} = -2,729 \text{ mm}$$

$$f_2(x = 2,5) = \frac{-R_UL^3}{48EI_z} = \frac{-(1,573) * 5^3}{48 * 210 \times 10^6 * 369 \times 10^{-8}} = -5,283 \text{ mm}$$

$$f_3(x = 2,5) = \frac{-M_0L^2}{16EI_z} = \frac{-(-2,29)5^2}{16 * 210 \times 10^6 * 369 \times 10^{-8}} = 4,6144 \text{ mm}$$

Sumando los tres valores, la flecha máxima queda:

$$f = -2,729 + (-5,283) + 4,6144 = -3,39mm < \frac{L}{300} = 16,66mm$$

El valor positivo de la flecha significa que la correa se deforma hacia afuera de la fachada, por el contrario, el negativo significa que lo hace hacia adentro de la estructura.

La flecha máxima será un 20,35% de la permitida. Por lo que el perfil doble CF 180,2,5 será apto como correa superior de las fachadas laterales.

2.2 CORREAS FRONTALES

El primer paso a realizar será determinar los esfuerzos que actuarán sobre los paramentos de las fachadas frontales o hastiales.

Se considerarán las cargas de viento y la carga permanente de peso propio, compuesta por el peso de cada correa, sumado al peso de la chapa de cerramiento. Las cargas de viento que actuarán sobre cada una de las fachadas frontales o hastiales se recogen en la siguiente tabla.

	V1(0°)	V2(90°)
Zona A	-1,244	-
Zona B	-0,829	-
Zona C	-	-
Zona D	-	0,725
Zona E	-	-0,311

El signo negativo indica succión y el positivo, presión.

Se propone una separación entre correas de 2 metros, de manera que el paño, que es de 11,7 metros de altura, se ve reducido a 8,7 metros por el muro de fábrica que tiene una altura de 3 metros, de modo que el paño de fachada estará compuesto por 5 correas y 4 vanos entre ellas, teniendo como excepción la última correa, que estará a una distancia de 0,7 metros de la cumbrera. Las correas se estudiarán con una distancia entre apoyos de 6 metros, que es la correspondiente a la distancia entre los pilares de los pórticos de cierre de la estructura.

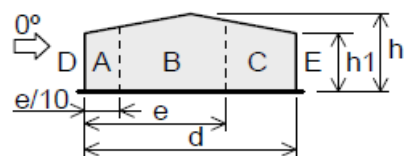


Imagen 2.2.1

Según los valores de la tabla, se elige para su estudio, una correa que se ubicará dentro de las zonas A y B, dentro de la hipótesis de viento V1(0°) ya que son las que más carga poseen.

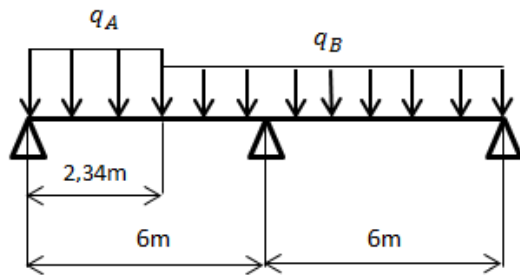
El estudio de las correas de las fachadas laterales se realiza en dos planos de carga, el x-z, donde en éste caso, solo actuarán las acciones de

viento, y el x-y, donde actuará la carga permanente de peso propio de las correas añadido al peso del paramento de chapa.

Eje x-z

Para la hipótesis V1(0°) $e = 23,4m$ de modo que la carga de la zona A actuará sobre la correa una distancia de 2,34 metros, mientras que la carga de la zona B actuará sobre una distancia de 9,66 metros.

El caso de carga en el plano x-z será el siguiente:



Donde q_A se calcula como la distancia entre correas multiplicada por la carga correspondiente a la zona A.

$$q_A = -1,244 \frac{KN}{mm^2} * 2m = -2,488 KN$$

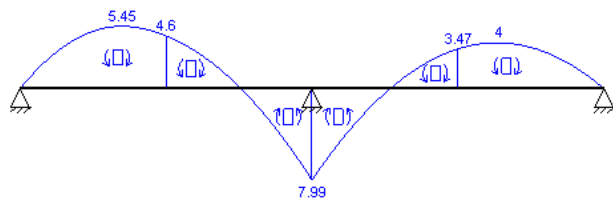
Del mismo modo, con la carga correspondiente a la zona B.

$$q_B = -0,829 \frac{KN}{mm^2} * 2m = -1,658 KN$$

Calculando con la ayuda del programa MEF1 se obtienen los valores del momento flector en el apoyo central y en el centro del primer vano.

$$M_{y1} = 7,99 KNm$$

$$M_{y2} = -4,6 KNm$$

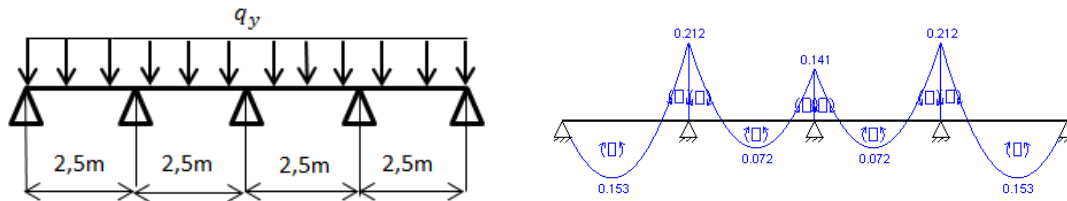


Eje x-y

El peso de cada una de las correas se aproxima, en una pre-dimensión a 0,1KN/m, mientras que el peso de la chapa de cerramiento asciende a 6,04 Kg/m^2 según indica el fabricante, que multiplicado por la distancia entre correas, hace un peso propio de 0,12 KN/mm^2 . Todo esto sumado, compone la carga permanente, que asciende a $q_y = 0,22 KN/m$.

La correa se considerará apoyada, además de en los pilares del pórtico de cierre, en las tirantillas que se colocarán uniendo unas correas con otras para que de éste modo se consiga transmitir los esfuerzos producidos por el peso propio, ya que éstos actúan sobre el eje de menor inercia de la correa.

El caso de carga en el plano x-y será el siguiente:



Calculando con la ayuda del programa MEF1 se obtienen los valores del momento flector en el apoyo central y en el apoyo del centro del primer vano.

$$M_{y1} = -1,141 \text{ KNm}$$

$$M_{y2} = -0,212 \text{ KNm}$$

Conocidos los momentos flectores producidos por los esfuerzos en ambos planos, es el momento de establecer la combinación desfavorable de esfuerzos, que será:

$$1,35CP + 1,5V1(0^\circ)$$

Por lo que los esfuerzos flectores en la Sección 1 (Apoyo central) son:

$$M_{y1Ed} = 1,5 * 7,99 \text{ KNm} = 11,985 \text{ KNm}$$

$$M_{z1Ed} = 1,35 * 0,141 \text{ KNm} = 0,19 \text{ KNm}$$

Y de igual manera en la Sección 2 (Centro del vano):

$$M_{y2Ed} = 1,5 * 4,6 \text{ KNm} = 6,9 \text{ KNm}$$

$$M_{z2Ed} = 1,35 * 0,212 \text{ KNm} = 0,2862 \text{ KNm}$$

Al igual que para las correas de las fachadas laterales, se propone un perfil de acero conformado en frío CF 180,2,5. La sección de dicho perfil tiene las siguientes propiedades mecánicas, que se recogen en la siguiente tabla.

	CF 180,2,5
W_y	$43,2 \times 10^3 \text{ mm}^3$
W_z	$9,06 \times 10^3 \text{ mm}^3$
I_y	$389 \times 10^4 \text{ mm}^3$

Tabla 2.2.1

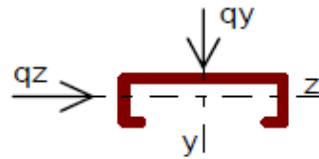


Imagen 2.2.1

Con estos datos, se pueden calcular los momentos resistentes de la sección.

$$M_{y,Rd} = W_y * f_{yd} = 43,2 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 11,314 \text{ KNm}$$

$$M_{z,Rd} = W_z * f_{yd} = 9,06 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 2,372 \text{ KNm}$$

La comprobación finalmente queda:

Sección 1

$$\frac{11,985 \text{ KNm}}{11,314 \text{ KNm}} + \frac{0,19 \text{ KNm}}{2,372 \text{ KNm}} = 1,06 + 0,08 = 1,14 > 1$$

Sección 2

$$\frac{6,9 \text{ KNm}}{11,314 \text{ KNm}} + \frac{0,2862 \text{ KNm}}{2,372 \text{ KNm}} = 0,61 + 0,12 = 0,73 < 1$$

Como se puede ver en la comprobación de la sección 1, el perfil CF 180,2,5 no posee una sección que sea lo suficientemente resistente, de modo que éste perfil no es apropiado para las correas de cerramiento de las fachadas hastiales de la estructura. Por lo que se propone un perfil CF 180,3,0, las propiedades mecánicas de su sección se recogen en la siguiente tabla.

	CF 180,3,0
W_y	$50,9 \times 10^3 \text{ mm}^3$
W_z	$10,5 \times 10^3 \text{ mm}^3$
I_y	$458 \times 10^4 \text{ mm}^3$

Tabla 2.2.2

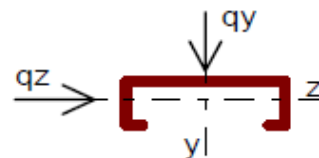


Imagen 2.2.1

No es necesario modificar la carga de peso propio, ya que el perfil no llega a ser tan pesado como se ha supuesto en la aproximación de 0,1KN/m. Por lo que los momentos flectores producidos por la carga permanente tienen el mismo valor que el estudiado anteriormente.

Se calculan los momentos resistentes de la sección.

$$M_{y,Rd} = W_y * f_{yd} = 50,9 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 13,33 \text{ KNm}$$

$$M_{z,Rd} = W_z * f_{yd} = 10,5 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 2,75 \text{ KNm}$$

La comprobación finalmente queda:

Sección 1

$$\frac{11,985 \text{ KNm}}{13,33 \text{ KNm}} + \frac{0,19 \text{ KNm}}{2,75 \text{ KNm}} = 0,9 + 0,07 = 0,97 < 1$$

Sección 2

$$\frac{6,9 \text{ KNm}}{13,33 \text{ KNm}} + \frac{0,2862 \text{ KNm}}{2,75 \text{ KNm}} = 0,518 + 0,104 = 0,622 < 1$$

La sección del perfil cumple la comprobación de resistencia, ya que trabajará a un máximo del 97% de su capacidad resistente frente a flexión compuesta.

Respecto al cálculo de la flecha máxima, ésta se producirá a 2,67 metros del apoyo izquierdo. Éste valor se ha obtenido derivando la ecuación de la deformada para una viga de un vano cargada con una carga $q = -0,83 \text{ KN/m}$ que será la diferencia entre q_A y q_B aplicada en una distancia $a = 2,34 \text{ m}$ en una viga de 6 metros de longitud.

La flecha máxima vendrá dada por la superposición de flechas de 3 casos de carga, primero el anteriormente mencionado cuya flecha se nombrará como f_1 . El segundo caso de carga, que será una viga de 6 metros de luz sometida a una carga de valor $q_B = -1,658 \text{ KN/m}$ uniformemente repartida en toda su longitud, cuya flecha se nombrará como f_2 y finalmente el momento producido en el apoyo central, que tenderá a compensar las flechas antes nombradas. El momento flector del apoyo central es de un valor $M_o = 7,99 \text{ KNm}$ y su flecha se nombrará como f_3 .

$$\begin{aligned} f_1(x = 2,67) &= \frac{-5,616 * q}{EI_y} = \frac{-5,616 * (-0,83)}{210 \times 10^6 * 458 \times 10^{-8}} = 4,846 \text{ mm} \\ f_2(x = 2,67) &= \frac{-16,63 * q_B}{EI_y} = \frac{-16,63 * (-1,658)}{210 \times 10^6 * 458 \times 10^{-8}} = 28,67 \text{ mm} \\ f_3(x = 2,67) &= \frac{-2,1413 M_o}{EI_y} = \frac{-2,1413 * (7,99)}{210 \times 10^6 * 389 \times 10^{-8}} = -17,79 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sumando los tres valores, la flecha máxima queda:

$$f = 4,846 + 28,67 + (-17,79) = 15,726 \text{ mm} < \frac{L}{300} = 20 \text{ mm}$$

El valor positivo de la flecha significa que la correa se deforma hacia afuera de la fachada, por el contrario, el negativo significa que lo hace hacia adentro de la estructura.

La flecha máxima será un 78,63% de la permitida. Por lo que el perfil CF 180,3,0 será apto como correa de las fachadas hastiales, ya que cumple la condición de flecha máxima, y su sección trabajará, en el caso de carga más desfavorable al 97% de su capacidad resistente.

Para homogeneizar las correas de los paramentos verticales de la estructura, en las fachadas laterales también se colocará el perfil CF 180,3,0 ya es difícil distinguirlo a simple vista del CF 180,2,5 puesto que la diferencia radica en el espesor. En las fachadas laterales, el perfil CF 180,3,0 cumplirá las comprobaciones de seguridad, ya que las cumple para el caso de las fachadas hastiales o frontales, ya que tiene unas condiciones de carga más restrictivas.

Respecto al cálculo de las tirantillas para el caso de las fachadas hastiales, el paño, de 8,7 metros de altura está dividido en 4 vanos de 2 metros cada uno y un vano de 0,7 metros, por lo que el esfuerzo que debe soportar la última tirantilla será de $4,5R$.

El valor máximo de R se alcanza en los apoyos del centro de los vanos de las correas para el plano de carga x-y. Donde $R = 0,755KN$, éste valor debe ser mayorado conforme a la combinación desfavorable de esfuerzos, de modo que como es producido por la hipótesis de carga permanente.

$$R_{Ed} = 1,35R = 1,35 * 0,755KN = 1,02KN$$

Con éste valor se calcula el esfuerzo que debe soportar la última tirantilla.

$$R_{uEd} = 4,5R_{Ed} = 4,5 * 1,02KN = 4,59KN$$

Se calcula el área mínima que debe de tener la tirantilla según:

$$S_{min} = \frac{R_{uEd}}{f_{yd}} = \frac{4,59KN}{0,2619KN/mm^2} = 17,53mm^2$$

Y finalmente el diámetro mínimo necesario.

$$\phi_{min} = \sqrt{\frac{4S_{min}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 17,53mm^2}{\pi}} = 4,73mm$$

Se colocará un redondo de diámetro 10 mm ya que no se colocan redondos de diámetro inferior.

En el caso de las fachadas hastiales no es necesario calcular la resistencia de la correa superior del paño, ya que la última tirantilla va unida al dintel del pórtico de cierre.

2.3 CORREAS MARQUESINA

Primero se calcularán y dimensionarán las correas de la marquesina, ya que sus cargas de viento son mayores que las de cubierta, y además se podrá determinar el esfuerzo que tendrán que soportar las tirantillas, y de éste modo se podrán tener en cuenta en el dimensionado de éstas para el caso de cubierta.

El voladizo de la marquesina tiene una longitud en proyección horizontal de 5 metros, de manera que se colocarán las correas a una distancia horizontal de 1,25 metros cada una. La distancia de separación de correas sobre la pendiente será de 1,305 metros.

Las cargas de viento que actúan sobre la marquesina en los casos de hipótesis de viento V1 se resumen en la siguiente tabla.

Hipótesis	Zona A	Zona B	Zona C
<i>Marquesina $\varphi = 0$ Arriba</i>	-1,815	-2,377	-2,47
<i>Marquesina $\varphi = 0$ Abajo</i>	1,502	2,768	1,902
<i>Marquesina $\varphi = 1$ Arriba</i>	-1,5	-2,718	-2,812
<i>Marquesina $\varphi = 1$ Abajo</i>	1,408	2,6	1,783

Tabla 2.3.1

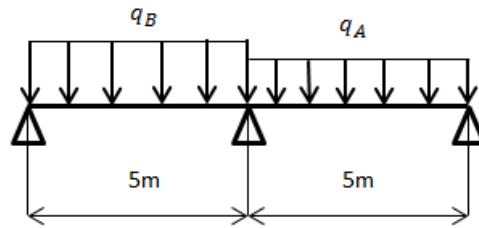
Se llega a la conclusión que el caso más desfavorable de carga se dará en la correa situada entre las zonas A y B, quedando cada uno de los vanos en una de las zonas, con la hipótesis de viento *Marquesina $\varphi = 0$ Abajo*.

Ya que es la hipótesis que tiene un valor de carga más alto en la zona B que ocupa todo un vano de la correa más desfavorable.

Ahora se procede a calcular las cargas lineales que actúan y los esfuerzos producidos sobre las correas en las distintas hipótesis de carga.

Viento.

El esquema de cargas en el plano x-z queda de la siguiente manera.



Donde los valores de las cargas lineales se obtienen multiplicando el valor de la carga de viento para las Zonas A y B por la distancia entre correas.

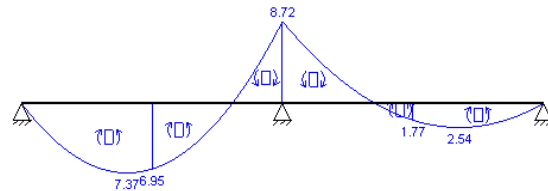
$$q_A = 1,502 \text{KN/mm}^2 * 1,305 \text{m} = 1,96 \text{KN/m}$$

$$q_B = 2,768 \text{KN/mm}^2 * 1,305 \text{m} = 3,62 \text{KN/m}$$

Con la ayuda del programa MEFI se determinan los esfuerzos flectores producidos sobre las correas.

$$M_{y1} = -8,72 \text{KNm}$$

$$M_{y2} = 6,95 \text{KNm}$$



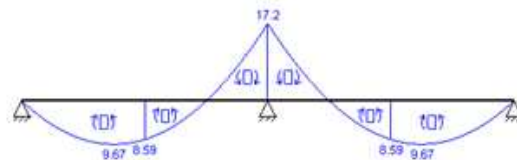
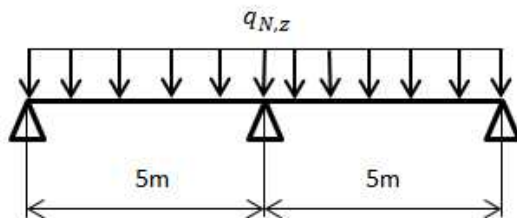
La otra hipótesis de carga sobre el plano x-z será la hipótesis de nieve. Ésta hipótesis, cuya carga está definida por distancia horizontal, es necesario descomponerla en los ejes z e y.

$$q_N = 4,6 \text{KN/m}^2 * 1,25 \text{m} = 5,75 \text{KN/m}$$

$$q_{N,z} = 5,75 \text{KN/m} * \cos 16,7^\circ = 5,5 \text{KN/m}$$

$$q_{N,y} = 5,75 \text{KN/m} * \sin 16,7^\circ = 1,653 \text{KN/m}$$

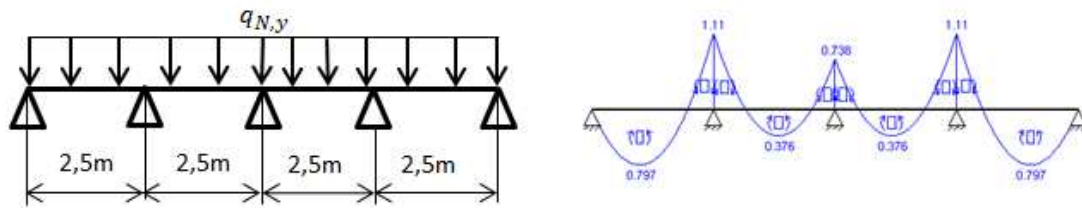
El esquema de carga para el plano x-z queda del siguiente modo. Se calculan los esfuerzos producidos con MEFI.



$$M_{y1} = -17,2 \text{KNm}$$

$$M_{y2} = 8,59 \text{KNm}$$

Y para el plano x-y el esquema es similar, excepto con la inclusión de las tirantillas de sujeción de las correas, colocadas en el centro de los vanos. Se calculan los esfuerzos con ayuda de MEFI.



$$M_{z1} = -0,738KNm$$

$$M_{z2} = -1,11KNm$$

La otra hipótesis que es necesario descomponer en dos ejes de carga es la de peso propio, ya que su dirección no coincide con ninguno de los ejes de carga. El peso propio está compuesto por el peso aproximado de cada correa más el peso de chapa que corresponde a cada correa. De éste modo queda:

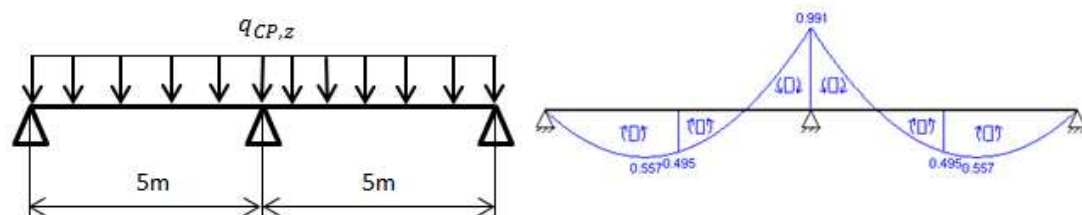
El peso de cada correa se aproxima como 0,2KN/m.

$$q_{CP} = 0,1KN/m^2 * 1,305m + 0,2KN/m = 0,3305KN/m$$

$$q_{CP,z} = 0,3305KN/m * \cos 16,7^\circ = 0,317KN/m$$

$$q_{N,y} = 0,3305KN/m * \sin 16,7^\circ = 0,095KN/m$$

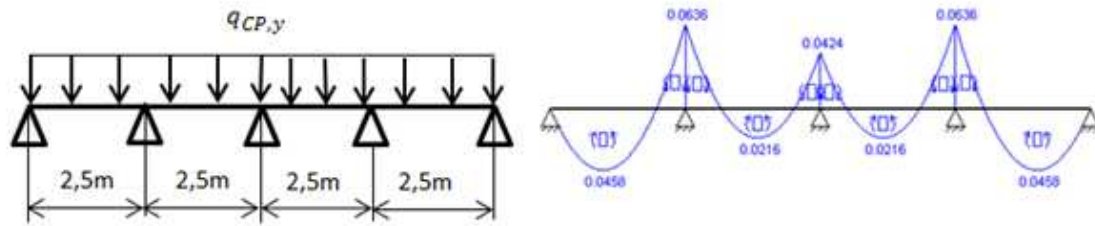
El esquema de carga para el plano x-z queda del siguiente modo. Se calculan los esfuerzos producidos con MEFI.



$$M_{y1} = -0,991KNm$$

$$M_{y2} = 0,495KNm$$

Y para el plano x-y el esquema es similar, excepto con la inclusión de las tirantillas de sujeción de las correas, colocadas en el centro de los vanos. Se calculan los esfuerzos con ayuda de MEFi.



$$M_{z1} = -0,0424 \text{KNm}$$

$$M_{z2} = -0,0636 \text{KNm}$$

Para el cálculo y posterior dimensionado de las tirantillas de cubierta es necesario conocer el valor de la reacción máxima en cada situación de carga en el plano x-y.

$$R_{N,y} = 4,723 \text{KN}$$

$$R_{CP,y} = 0,272 \text{KN}$$

La combinación de esfuerzos más desfavorable es por tanto:

$$1,35CP + 1,5N + 0,9\text{Marquesina}(\varphi = 0)\text{Abajo}$$

Por lo que los esfuerzos de cálculo en las Secciones 1 y 2 son:

Sección 1.

$$M_{y1,Ed} = 1,35 * (0,991) + 1,5 * (17,2) + 0,9 * (8,72) = 34,986 \text{KNm}$$

$$M_{z1,Ed} = 1,35 * (0,0424) + 1,5 * (0,738) = 1,165 \text{KNm}$$

Sección 2.

$$M_{y2,Ed} = 1,35 * (0,495) + 1,5 * (8,59) + 0,9 * (6,95) = 19,81 \text{KNm}$$

$$M_{z2,Ed} = 1,35 * (0,0636) + 1,5 * (1,11) = 1,751 \text{KNm}$$

La reacción para el cálculo de las tirantillas queda:

$$R_{Ed} = 1,35 * 0,272 \text{KN} + 1,5 * 4,723 \text{KN} = 7,452 \text{KN}$$

Como se tienen 4 vanos dentro de la cubierta de la marquesina, la carga que debe de soportar la tirantilla colocada en la correa donde empieza la cubierta tendrá un valor de:

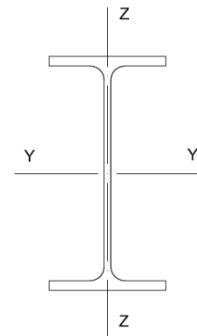
$$R_{u,Ed} = 3,5 * 7,452 \text{KN} = 26,082 \text{KN}$$

Éste dato debe ser tenido en cuenta para calcular las tirantillas que se colocarán en las dos vertientes de la cubierta.

Se propone como correa de cubierta el perfil IPE 200. Las propiedades de su sección se recogen en la siguiente tabla.

	IPE 200
W_y	$194 \times 10^3 \text{ mm}^3$
W_z	$28,5 \times 10^3 \text{ mm}^3$
I_y	$1940 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Tabla 2.3.2



Sección IPE 200

Se calculan los momentos resistentes de la sección.

$$M_{y,Rd} = W_y * f_{yd} = 194 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 50,8 \text{ KNm}$$

$$M_{z,Rd} = W_z * f_{yd} = 28,5 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 7,464 \text{ KNm}$$

La comprobación finalmente queda:

Sección 1

$$\frac{34,986 \text{ KNm}}{50,8 \text{ KNm}} + \frac{1,165 \text{ KNm}}{7,464 \text{ KNm}} = 0,6887 + 0,1561 = 0,8448 < 1$$

Sección 2

$$\frac{19,81 \text{ KNm}}{50,8 \text{ KNm}} + \frac{1,751 \text{ KNm}}{7,464 \text{ KNm}} = 0,39 + 0,2346 = 0,6246 < 1$$

La sección del perfil cumple la comprobación de resistencia, ya que trabajará a un máximo del 84,48% de su capacidad resistente frente a flexión compuesta.

Respecto al peso propio de la correa es 0,22KN/m, que es ligeramente mayor que el peso aproximado, a pesar de ello, al ser la diferencia tan pequeña, afectará levemente al aprovechamiento de resistencia final. Por lo que el perfil seguirá cumpliendo la comprobación de resistencia.

Respecto a la condición de flecha máxima en el eje z, ésta se producirá en el centro del primer vano, donde la carga de viento es mayor. Por lo que

para su cálculo, la correa se modeliza como una viga de un vano bi-apoyada, con una carga uniformemente distribuida de valor:

$$q = q_B + q_{N,z} + q_{CP,z} = 3,62 + 5,5 + 0,317 = 9,437 \text{ KN/m}$$

Cuya flecha máxima en el centro del vano viene dada por la ecuación:

$$f_1 = \frac{-5qL^4}{384EI_y} = \frac{-5 * 9,437 \text{ KN/m} * (5\text{m})^4}{384 * 210 \times 10^6 \text{ KN/m}^2 * 1940 \times 10^{-8} \text{ m}^4} = -0,01885 \text{ m}$$

Por otro lado, se encuentra la flecha máxima producida por el momento flector en el apoyo central, que tiende a compensar la flecha producida por la carga uniformemente repartida. El momento flector tiene un valor de:

$$M_0 = M_{yV} + M_{yN} + M_{yCP} = (-8,72) + (-17,2) + (-0,991) = -26,911 \text{ KNm}$$

Y su flecha máxima en el centro del vano viene dada por la ecuación:

$$f_2 = \frac{-M_0 L^2}{16EI_y} = \frac{-(-26,911 \text{ KNm}) * (5\text{m})^2}{16 * 210 \times 10^6 \text{ KN/m}^2 * 1940 \times 10^{-8} \text{ m}^4} = 0,01032 \text{ m}$$

Sumando los tres valores, la flecha máxima queda:

$$f = -18,85 \text{ mm} + 10,32 \text{ mm} = -8,53 \text{ mm} < \frac{L}{300} = 16,66 \text{ mm}$$

El valor positivo de la flecha significa que la correa se deforma hacia afuera de la fachada, por el contrario, el negativo significa que lo hace hacia adentro de la estructura.

La flecha máxima será un 51,2% de la permitida. Por lo que el perfil IPE 200 será apto como correa de la cubierta de la marquesina, ya que cumple la condición de flecha máxima y de resistencia de la sección.

2.4 CORREAS DE CUBIERTA

Las correas de la cubierta estarán divididas en dos paños que corresponden a cada una de las vertientes, de 9,4 metros de longitud cada uno. Las correas estarán separadas entre sí una distancia horizontal de 1,5 metros, que equivale a 1,57 metros en la proyección de la vertiente, de modo que por cada paño habrá 7 correas y 6 vanos.

Las cargas de viento que actúan sobre la cubierta para cada hipótesis se resumen en la siguiente tabla.

Hipótesis	V1a	V1b	V2
Zona F	-0,886	0,266	-1,324
Zona G	-0,794	0,266	-1,359
Zona H	-0,299	0,231	-0,645
Zona I	-0,415	0	-0,518
Zona J	-0,978	0	0

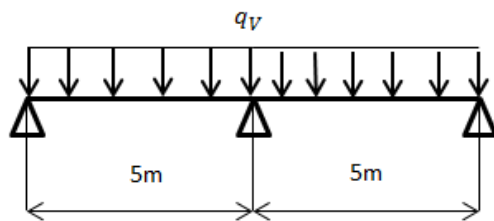
Tabla 2.4.1

Observando los valores de la tabla se puede llegar a la conclusión de que la correa que más solicitada estará será la que se encuentre dentro de las zonas F y G en la hipótesis V1b ya que las cargas tienen el mismo sentido que la carga de nieve, que es con diferencia la carga que domina en el cálculo de las correas. De modo que la correa a estudiar será la que esté junto a la correa del extremo del faldón.

Ahora se procede a calcular las cargas lineales que actúan y los esfuerzos producidos sobre las correas en las distintas hipótesis de carga.

Viento V1b.

El esquema de cargas en el plano x-z queda de la siguiente manera.



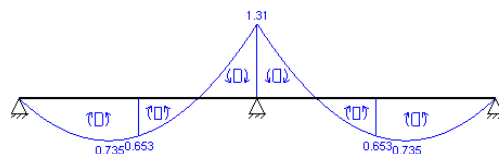
Donde el valor de la carga lineal se obtiene multiplicando el valor de la carga de viento para las Zonas F y G, que es el mismo, por la distancia entre correas.

$$q_v = 0,266 \text{KN/mm}^2 * 1,57 \text{m} = 0,418 \text{KN/m}$$

Con la ayuda del programa MEFI se determinan los esfuerzos flectores producidos sobre las correas.

$$M_{y1} = -1,31 \text{KNm}$$

$$M_{y2} = 0,653 \text{KNm}$$



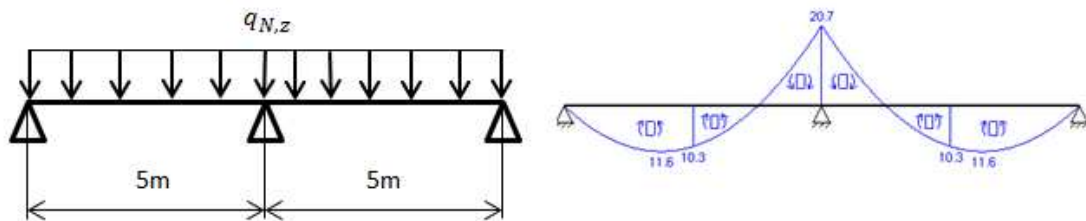
La otra hipótesis de carga sobre el plano x-z será la hipótesis de nieve. Ésta hipótesis, cuya carga está definida por distancia horizontal, es necesario descomponerla en los ejes z e y.

$$q_N = 4,6 \text{KN/m}^2 * 1,5\text{m} = 6,9 \text{KN/m}$$

$$q_{N,z} = 6,9 \text{KN/m} * \cos 16,7^\circ = 6,609 \text{KN/m}$$

$$q_{N,y} = 6,9 \text{KN/m} * \sin 16,7^\circ = 1,983 \text{KN/m}$$

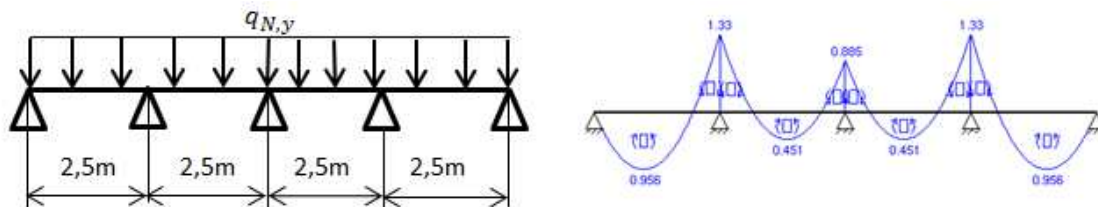
El esquema de carga para el plano x-z queda del siguiente modo. Se calculan los esfuerzos producidos con MEFI.



$$M_{y1} = -20,7 \text{KNm}$$

$$M_{y2} = 10,3 \text{KNm}$$

Y para el plano x-y el esquema es similar, excepto con la inclusión de las tirantillas de sujeción de las correas, colocadas en el centro de los vanos. Se calculan los esfuerzos con ayuda de MEFI.



$$M_{z1} = -0,885 \text{KNm}$$

$$M_{z2} = -1,33 \text{KNm}$$

La otra hipótesis que es necesario descomponer en dos ejes de carga es la de peso propio, ya que su dirección no coincide con ninguno de los ejes de carga. El peso propio está compuesto por el peso aproximado de cada correa más el peso de chapa que corresponde a cada correa. De éste modo queda:

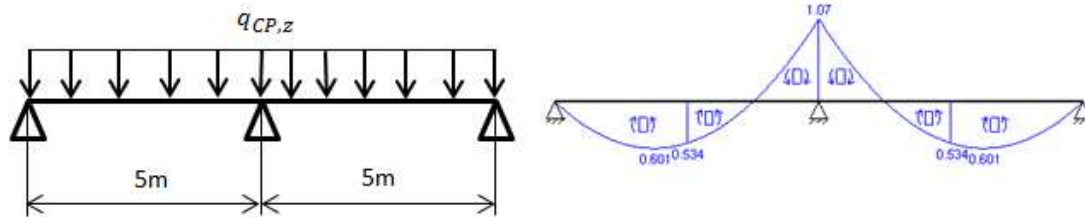
El peso de cada correa se aproxima como 0,2KN/m.

$$q_{CP} = 0,1 \text{KN/m}^2 * 1,57 \text{m} + 0,2 \text{KN/m} = 0,357 \text{KN/m}$$

$$q_{CP,z} = 0,357 \text{KN/m} * \cos 16,7^\circ = 0,342 \text{KN/m}$$

$$q_{N,y} = 0,357 \text{KN/m} * \sin 16,7^\circ = 0,1025 \text{KN/m}$$

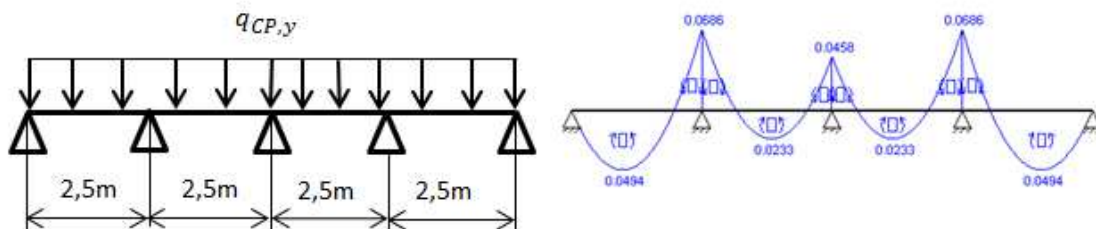
El esquema de carga para el plano x-z queda del siguiente modo. Se calculan los esfuerzos producidos con MEFI.



$$M_{y1} = -1,07 \text{KNm}$$

$$M_{y2} = 0,534 \text{KNm}$$

Y para el plano x-y el esquema es similar, excepto con la inclusión de las tirantillas de sujeción de las correas, colocadas en el centro de los vanos. Se calculan los esfuerzos con ayuda de MEFI.



$$M_{z1} = -0,0458 \text{KNm}$$

$$M_{z2} = -0,0686 \text{KNm}$$

Para el cálculo y posterior dimensionado de las tirantillas de cubierta es necesario conocer el valor de la reacción máxima en cada situación de carga en el plano x-y.

$$R_{N,y} = 5,67 \text{KN}$$

$$R_{CP,y} = 0,293 \text{KN}$$

La combinación de esfuerzos más desfavorable es por tanto:

$$1,35CP + 1,5N + 0,9V1b(0^\circ)$$

Por lo que los esfuerzos de cálculo en las Secciones 1 y 2 son:

Sección 1.

$$M_{y1,Ed} = 1,35 * (1,07) + 1,5 * (20,7) + 0,9 * (1,31) = 33,68KNm$$

$$M_{z1,Ed} = 1,35 * (0,0458) + 1,5 * (0,885) = 1,39KNm$$

Sección 2.

$$M_{y2,Ed} = 1,35 * (0,534) + 1,5 * (10,3) + 0,9 * (0,653) = 16,76KNm$$

$$M_{z2,Ed} = 1,35 * (0,0686) + 1,5 * (1,33) = 2,088KNm$$

La reacción para el cálculo de las tirantillas queda:

$$R_{Ed} = 1,35 * 0,293KN + 1,5 * 5,67KN = 8,9KN$$

Como se tienen 6 vanos dentro de cada paño de la cubierta, la carga que debe de soportar la tirantilla colocada en la correa que hay en la cumbrera tendrá un valor de:

$$R_{u,Ed} = 5,5 * 8,9KN = 49,95KN$$

Pero, también hay que incluir la carga que viene arrastrada de la marquesina, de modo que la carga sobre la última tirantilla será:

$$R_{u,Ed} = 49,95KN + 26,082KN = 75,032KN$$

De modo que ésta será el esfuerzo sobre la tirantilla de la correa de cumbrera, pero la correa de cumbrera lleva otra tirantilla que la une con la correa de cumbrera de la otra vertiente de la cubierta en posición horizontal. De modo que las tirantillas se dimensionarán en función del esfuerzo sobre ésta tirantilla de unión entre vertientes. El esfuerzo sobre ésta tirantilla será el calculado anteriormente más la reacción producida en la correa de cumbrera, que será la mitad de la reacción sobre la correa estudiada, ya que su superficie tributaria es la mitad. De modo que el esfuerzo sobre la tirantilla de unión será:

$$R_{u,Ed} = 75,032KN + \frac{8,9}{2}KN = 77,482KN$$

Se calcula el área mínima que debe de tener la tirantilla según:

$$S_{min} = \frac{R_{u,Ed}}{f_{yd}} = \frac{77,482KN}{0,2619KN/mm^2} = 295,85mm^2$$

Y finalmente el diámetro mínimo necesario.

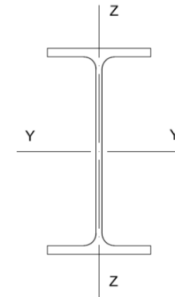
$$\phi_{min} = \sqrt{\frac{4S_{min}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 295,85mm^2}{\pi}} = 19,4mm$$

De modo que se colocará un redondo de 20mm de diámetro.

Se propone como correa de cubierta el perfil IPE 200. Las propiedades de su sección se recogen en la siguiente tabla.

	IPE 200
W_y	$194 \times 10^3 mm^3$
W_z	$28,5 \times 10^3 mm^3$
I_y	$1940 \times 10^4 mm^4$

Tabla 2.4.1



Sección IPE 200

Se calculan los momentos resistentes de la sección.

$$M_{y,Rd} = W_y * f_{yd} = 194 \times 10^3 mm^3 * 0,2619 KN/mm^2 = 50,8 KNm$$

$$M_{z,Rd} = W_z * f_{yd} = 28,5 \times 10^3 mm^3 * 0,2619 KN/mm^2 = 7,464 KNm$$

La comprobación finalmente queda:

- Sección 1

$$\frac{33,68 KNm}{50,8 KNm} + \frac{1,39 KNm}{7,464 KNm} = 0,663 + 0,1864 = 0,8494 < 1$$

- Sección 2

$$\frac{16,76 KNm}{50,8 KNm} + \frac{2,088 KNm}{7,464 KNm} = 0,33 + 0,28 = 0,61 < 1$$

La sección del perfil cumple la comprobación de resistencia, ya que trabajará a un máximo del 84,94% de su capacidad resistente frente a flexión compuesta.

Respecto al peso propio de la correa es 0,22KN/m, que es ligeramente mayor que el peso aproximado, a pesar de ello, al ser la diferencia tan pequeña, afectará levemente al aprovechamiento de resistencia final. Por lo que el perfil seguirá cumpliendo la comprobación de resistencia.

Respecto a la condición de flecha máxima en el eje z, ésta se producirá en el centro de cada vano. Por lo que para su cálculo, la correa se modeliza

como una viga de un vano bi-apoyada, con una carga uniformemente distribuida de valor:

$$q = q_V + q_{N,z} + q_{CP,z} = 0,418 + 6,61 + 0,342 = 7,37 \text{ N/m}$$

Cuya flecha máxima en el centro del vano viene dada por la ecuación:

$$f_1 = \frac{-5qL^4}{384EI_y} = \frac{-5 * 7,37 \text{ KN/m} * (5\text{m})^4}{384 * 210 \times 10^6 \text{ KN/m}^2 * 1940 \times 10^{-8} \text{ m}^4} = -0,01473 \text{ m}$$

Por otro lado, se encuentra la flecha máxima producida por el momento flector en el apoyo central, que tiende a compensar la flecha producida por la carga uniformemente repartida. El momento flector tiene un valor de:

$$M_0 = M_{yV} + M_{yN} + M_{yCP} = (-1,31) + (-20,7) + (-1,07) = -23 \text{ KNm}$$

Y su flecha máxima en el centro del vano viene dada por la ecuación:

$$f_2 = \frac{-M_0L^2}{16EI_y} = \frac{-(-23 \text{ KNm}) * (5\text{m})^2}{16 * 210 \times 10^6 \text{ KN/m}^2 * 1940 \times 10^{-8} \text{ m}^4} = 0,008822 \text{ m}$$

Sumando los tres valores, la flecha máxima queda:

$$f = -14,73 + 8,822 \text{ mm} = -5,9 \text{ mm} < \frac{L}{300} = 16,66 \text{ mm}$$

El valor positivo de la flecha significa que la correa se deforma hacia afuera de la fachada, por el contrario, el negativo significa que lo hace hacia adentro de la estructura.

La flecha máxima será un 35,4% de la permitida. Por lo que el perfil IPE 200 será apto como correa de cubierta, ya que cumple la condición de flecha máxima y de resistencia de la sección.

3. CÁLCULO DE LA VIGA CARRIL

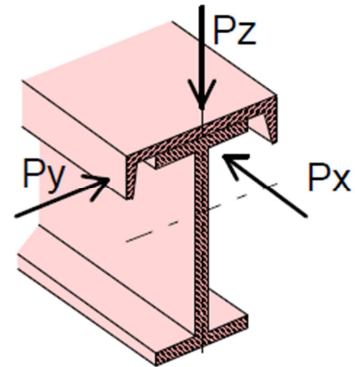
La norma que regula el cálculo de vigas carril para puentes grúa es la Norma UNE 76-201-88 Construcciones Metálicas-Caminos de Rodadura de Puentes Grúa. Dicha norma tiene asociado un complejo proceso de cálculo que involucra el uso de muchas variables, por los que se va a utilizar un método de cálculo más simple basado en ella.

Se procederá a dimensionar y comprobar una viga carril para soportar un puente grúa de la marca ABUS modelo ZLK birraíl, de 18 metros de luz con capacidad de transporte de 5 Toneladas.

Los valores de cálculo para las reacciones verticales de las ruedas del puente grúa que actúan sobre la viga carril vienen dadas por el fabricante. Además, se deberán tener en cuenta las reacciones provocadas por el frenado del carro del puente grúa y por el frenado del puente grúa en la dirección longitudinal de la viga carril.

Los tres valores de cargas que se tendrán en cuenta en el cálculo son P_z, P_y, P_x donde cada una tendrá un valor máximo y un valor mínimo. Dónde:

- P_z representa el valor de la reacción vertical de la rueda del puente grúa sobre la viga carril. El valor de la reacción viene dado por el fabricante.
- P_y representa el valor de la reacción horizontal sobre la viga carril cuando el carro del puente grúa frena. Según la norma UNE 76-201-88 tendrá un valor de $P_y = \frac{P_z}{10}$.
- P_x representa el valor de la reacción en la dirección longitudinal de la viga carril debida al frenado del puente grúa. Según la norma UNE 76-201-88 tendrá un valor de $P_x = \frac{P_z}{7}$.



El valor máximo representa el valor de la reacción vertical de la rueda del puente grúa sobre la viga cuando la posición del carro cargado y situado en dicho extremo del puente grúa. Mientras que el valor mínimo representa el valor de la reacción vertical de la rueda del puente grúa sobre la viga cuando la posición del carro cargado y situado en el extremo opuesto del puente grúa.

P_z (KN)		P_y (KN)		P_x (KN)	
$P_{máx}$	$P_{mín}$	$P_{máx}$	$P_{mín}$	$P_{máx}$	$P_{mín}$
37,5	12,1	3,75	1,21	5,358	1,729

Tabla 3.1

Además, según la norma UNE 76-201-88, cada reacción debe estar mayorada con un coeficiente de impacto de valor 1,25 ya que las reacciones son en realidad cargas dinámicas, y la norma establece que se debe aplicar el coeficiente de impacto al considerarlas cargas estáticas. Por lo que se obtienen los siguientes valores en las reacciones mayoradas con coeficiente de impacto:

$P_z (KN)$		$P_y (KN)$		$P_x (KN)$	
$P_{m\acute{a}x}$	$P_{m\acute{i}n}$	$P_{m\acute{a}x}$	$P_{m\acute{i}n}$	$P_{m\acute{a}x}$	$P_{m\acute{i}n}$
46,8	15,1	4,68	1,51	6,69	2,16
75	25	8	3	8	2

Tabla 3.2

Primero se debe calcular la línea de influencia de las reacciones que ejercen las ruedas del puente grúa sobre la viga carril. Para ello plantearemos una viga hiperestática, de dos vanos de 5 metros de longitud cada uno, de manera que se producirá un momento flector alto en el apoyo intermedio. Se tomarán como carga P el valor máximo de P_z .

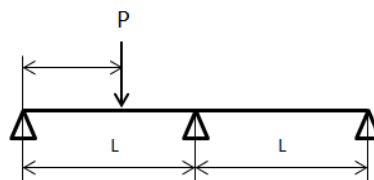
Se estudiarán tres posiciones distintas del puente grúa sobre la viga carril.

1. Con una rueda solamente actuando sobre el primer vano de la viga carril.
2. Las dos ruedas están sobre el primer vano de la viga carril.
3. Cada una de las ruedas está en uno de los vanos de la viga carril.

Tras obtener los valores de momentos flectores máximos (positivo y negativo) y reacciones en apoyos máximas, se procederá a dimensionar la viga carril y realizar las comprobaciones pertinentes.

3.1 CÁLCULO DE LA LÍNEA DE INFLUENCIA

Caso 1 ($0 < X < 2,7$)



Mediante el Teorema de los Tres Momentos de Clapeyron, según el cual se obtiene el momento en cada uno de los apoyos, para éste caso, calculamos el momento en el apoyo B igualando los ángulos girados por la viga en cada uno de sus vanos.

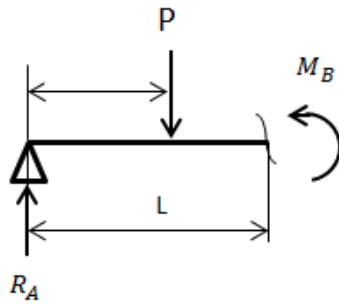
De modo que obtenemos la expresión:

$$M_B = \frac{-Px(L-x)(L+x)}{4L^2}$$

Sustituyendo valores, la ecuación del momento flector en el apoyo B queda:

$$M_B = 0,46875x^3 - 11,71875x$$

Para el cálculo de las reacciones, conociendo el momento en el apoyo B, se realiza un corte en dicho apoyo y mediante la ecuación de equilibrio de momentos en el tramo A-B se obtiene el valor de R_A .



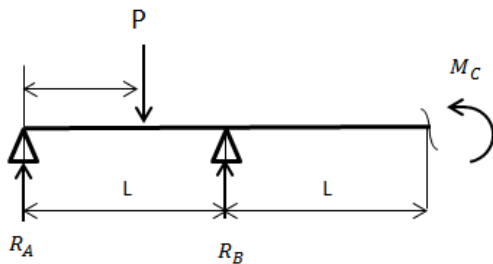
$$\sum M_B = M_B + P(L-x) - R_A L = 0$$

$$R_A = \frac{M_B}{L} + P - \frac{Px}{L}$$

Sustituyendo valores, la ecuación de la reacción en el apoyo A queda:

$$R_A = 0,09375x^3 - 11,71875x + 46,875$$

Para el cálculo de la reacción en B, conociendo que el momento flector en el apoyo C será cero, por su condición de ser un extremo articulado, se hace equilibrio de momentos en dicho apoyo y se despeja R_B .



$$\sum M_C = P(2L-x) - R_A 2L - R_B L = 0$$

$$R_B = 2P - \frac{Px}{L} - 2R_A$$

Sustituyendo valores, la ecuación de la reacción en el apoyo B queda:

$$R_B = -0,1875x^3 + 14,0625x$$

Finalmente obtenemos la reacción en el apoyo C realizando un sumatorio de fuerzas en el eje vertical.

$$\sum F = R_A + R_B + R_C - P = 0$$

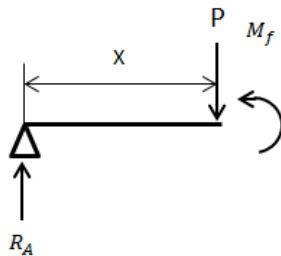
$$R_C = P - R_A - R_B$$

Sustituyendo valores, la reacción en el apoyo C queda:

$$R_C = 0,09375x^3 - 2,34375x$$

Una vez conocidas las reacciones en cada apoyo, se debe calcular el punto donde el momento flector alcanza su valor máximo en sentido positivo.

Para ello se realiza un corte a una distancia x desde el apoyo A dentro del rango de valores especificados y se realiza un equilibrio de momentos en el punto de corte.



La ecuación queda:

$$\sum M = M_f - R_A x = 0;$$

Sustituyendo valores:

$$M_f = 0,09375x^4 - 11,71875x + 46,875;$$

Para conocer el punto máximo, se deriva la ecuación anterior respecto a x y éste resultado se iguala a cero. Los valores de x obtenidos serán los puntos donde la ecuación del Momento Flector tendrá sus valores máximos.

$$\frac{dM_f}{dx} = 0,375x^3 - 23,4375x + 46,875 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=6,6 \text{ m} \quad x=-8,76 \text{ m} \quad x=2,16 \text{ m}$$

El único punto que está dentro del rango de valores para x ($0 < x < 2,7$) es 2,16 metros, de modo que se sustituye éste valor en la ecuación de M_f y se obtiene un valor de $M_f = 48,61 \text{ KNm}$

Ahora se calculan los puntos de valor máximo para cada una de las reacciones en los apoyos.

$$\frac{dR_A}{dx} = 0,28125x^2 - 11,71875 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=6,455 \text{ m} \quad x=-6,455 \text{ m}$$

Como ninguno de los puntos está dentro del rango de valores para x, se obtendrán los valores de R_A para los extremos del rango de valores, es decir, en $x=0$ y $x=2,7$.

$$\text{Para } x=0 \text{ m} \quad R_A = 46,875 \text{ KN}$$

$$\text{Para } x=2,7 \text{ m} \quad R_A = 17,08 \text{ KN}$$

$$\frac{dR_B}{dx} = -0,5625x^2 + 14,0625 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=5 \text{ m} \quad x=-5 \text{ m}$$

Como ninguno de los puntos está dentro del rango de valores para x, se obtendrán los valores de R_B para los extremos del rango de valores, es decir, en $x=0$ y $x=2,7$.

$$\text{Para } x=0 \text{ m} \quad R_B = 0 \text{ KN}$$

$$\text{Para } x=2,7 \text{ m} \quad R_B = 34,278 \text{ KN}$$

$$\frac{dR_C}{dx} = -0,28125x^2 - 2,34375 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

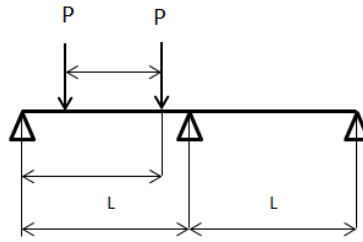
$$x=2,88 \text{ m} \quad x=-2,88 \text{ m}$$

Como ninguno de los puntos está dentro del rango de valores para x, se obtendrán los valores de R_B para los extremos del rango de valores, es decir, en $x=0$ y $x=2,7$.

$$\text{Para } x=0 \text{ m} \quad R_C = 0 \text{ KN}$$

$$\text{Para } x=2,7 \text{ m} \quad R_C = -4,483 \text{ KN}$$

Caso 2 ($2,7 < X < 5$)



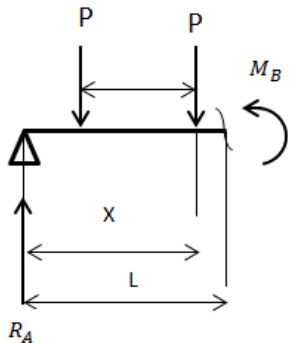
Se calcula el Momento flector en el apoyo B, aplicando el Teorema de los Tres Momentos de Clapeyron, como en el caso anterior, de éste modo se obtiene la ecuación:

$$M_B = \frac{-Px(L-x)(L+x)}{4L^2} - \frac{P(x-2,7)(L-(x-2,7))(L+(x+2,7))}{4L^2}$$

Sustituyendo valores, la ecuación del momento flector en el apoyo B queda:

$$M_B = 0,9375x^3 - 3,797x^2 - 13,186x + 22,4142$$

Para el cálculo de las reacciones, conociendo el momento en el apoyo B, se realiza un corte en dicho apoyo y mediante la ecuación de equilibrio de momentos en el tramo A-B se obtiene el valor de R_A .



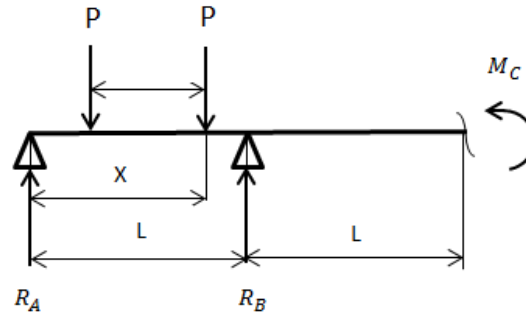
$$\sum M_B = M_B + P(L-x) + P(L-(x-2,7)) - R_A L = 0$$

$$R_A = \frac{M_B}{L} + 2P - \frac{P(2x-2,7)}{L}$$

Sustituyendo valores, la ecuación de la reacción en el apoyo A queda:

$$R_A = 0,1875x^3 - 0,7594x^2 - 21,3872x + 123,54534$$

Para el cálculo de la reacción en B, conociendo que el momento flector en el apoyo C será cero, por su condición de ser un extremo articulado, se hace equilibrio de momentos en dicho apoyo y se despeja R_B



$$\sum M_C = P(2L - x) + P(2L - (x - 2,7)) - R_A 2L - R_B L = 0$$

$$R_B = 2P - \frac{Px}{L} - 2R_A$$

Sustituyendo valores, la ecuación de la reacción en el apoyo B queda:

$$R_B = -0,375x^3 + 1,5188x^2 + 24,0244x - 34,2775$$

Finalmente obtenemos la reacción en el apoyo C realizando un sumatorio de fuerzas en el eje vertical.

$$\sum F = R_A + R_B + R_C - 2P = 0$$

$$R_C = 2P - R_A - R_B$$

Sustituyendo valores, la reacción en el apoyo C queda:

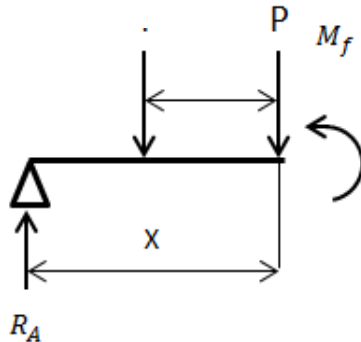
$$R_C = 0,1875x^3 - 0,7594x^2 - 2,6372x + 4,48216$$

Una vez conocidas las reacciones en cada apoyo, se debe calcular el punto donde el momento flector alcanza su valor máximo en sentido positivo.

Para ello se realiza un corte a una distancia x desde el apoyo A dentro del rango de valores especificados y se realiza un equilibrio de momentos en el punto de corte.

Pero, en este caso, al tener dos cargas puntuales, consideraremos dos situaciones de cálculo: Primero, tomando como punto de corte el punto de aplicación de la primera rueda, y como segunda situación el punto de aplicación de la segunda rueda del puente grúa y finalmente se compararán los valores de momento máximo obtenidos.

Situación 1



La ecuación queda:

$$\sum M = M_f + P(2,7) - R_A x = 0$$

$$M_f = R_A x - P(2,7)$$

Sustituyendo valores:

$$M_f = 0,1875x^4 - 0,7594x^3 - 21,3872x^2 + 123,54534x - 126,5625$$

Para conocer el punto máximo, se deriva la ecuación anterior respecto a x y éste resultado se iguala a cero. Los valores de x obtenidos serán los puntos donde la ecuación del Momento Flector tendrá sus valores máximos.

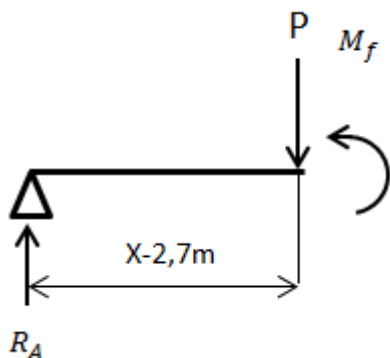
$$\frac{dM_f}{dx} = 0,75x^3 - 2,2782x^2 - 42,7744x + 123,54534 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=7,67 \text{ m} \quad x=-7,5 \text{ m} \quad x=2,86 \text{ m}$$

El único punto que está dentro del rango de valores para x ($2,7 < x < 5$) es 2,86 metros, de modo que se sustituye éste valor en la ecuación de M_f y se obtiene un valor de $M_f = 46,618 \text{ KNm}$

Situación 2



La ecuación queda:

$$\sum M = M_f - R_A(x - 2,7) = 0$$

$$M_f = R_A(x - 2,7)$$

Sustituyendo valores:

$$M_f = 0,1875x^4 - 1,26525x^3 - 19,3379x^2 + 181,29x - 333,57242$$

Para conocer el punto máximo, se deriva la ecuación anterior respecto a x y éste resultado se iguala a cero. Los valores de x obtenidos serán los puntos donde la ecuación del Momento Flector tendrá sus valores máximos.

$$\frac{dM_f}{dx} = 0,75x^3 - 3,79575x^2 - 38,6758x + 181,29 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=7,68 \text{ m} \quad x=-7,07\text{m} \quad x=4,46\text{m}$$

El único punto que está dentro del rango de valores para x ($2,7 < x < 5$) es 4,46 metros, de modo que se sustituye éste valor en la ecuación de M_f y se obtiene un valor de $M_f = 52,26 \text{ KNm}$

El valor obtenido en esta segunda situación es mayor que el obtenido en la situación anterior, por lo que para éste tramo de la línea de influencia de la carga, el valor de momento flector máximo en sentido positivo será de 52,26 KNm.

Ahora se calculan los puntos de valor máximo para cada una de las reacciones en los apoyos.

$$\frac{dR_A}{dx} = 0,5625x^2 - 1,5188x - 21,3872 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=7,66 \text{ m} \quad x=-4,96\text{m}$$

Como ninguno de los puntos está dentro del rango de valores para x, se obtendrán los valores de R_A para los extremos del rango de valores, es decir, en $x=2,7$ y $x=5$.

$$\text{Para } x=2,7\text{m} \quad R_A = 63,955\text{KN}$$

$$\text{Para } x=5\text{m} \quad R_A = 21,061\text{KN}$$

$$\frac{dR_B}{dx} = -1,125x^2 + 3,0376x + 24,0244 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=6,164\text{m} \quad x=-3,464\text{m}$$

Como ninguno de los puntos está dentro del rango de valores para x , se obtendrán los valores de R_B para los extremos del rango de valores, es decir, en $x=2,7$ y $x=5$.

Para $x=2,7\text{m}$ $R_B = 34,28\text{KN}$

Para $x=5\text{m}$ $R_B = 76,9395\text{KN}$

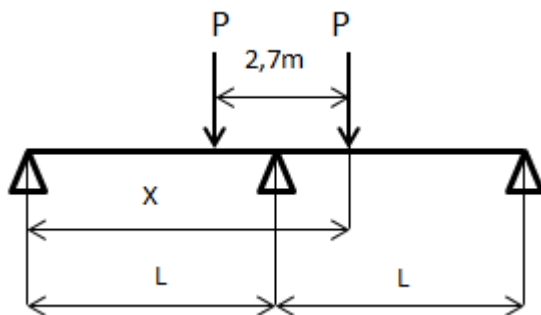
$$\frac{dR_C}{dx} = 0,5625x^2 - 1,5188x - 2,6372 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$x=3,9\text{ m}$ $x=-1,2\text{ m}$

El punto $x=3,9$ metros está dentro del rango de valores de x ($2,7 < x < 5$) por lo que se sustituye en la ecuación de R_C y se obtiene un valor de $R_C = -6,231\text{ KN}$

Caso 3 ($5 < X < 6,35$)



Se calcula el Momento flector en el apoyo B, aplicando el Teorema de los Tres Momentos de Clapeyron, como en el caso anterior, de éste modo se obtiene la ecuación:

$$M_B = \frac{-P(x-L)(2L-x)(3L-x)}{4L^2} - \frac{P(x-2,7)(L-(x-2,7))(L+(x-2,7))}{4L^2}$$

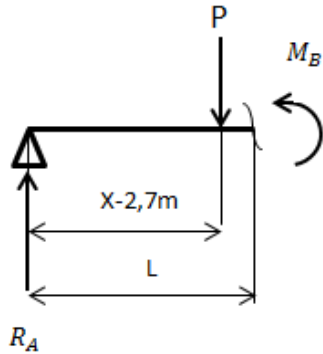
Sustituyendo valores, la ecuación del momento flector en el apoyo B queda:

$$M_B = 10,2656x^2 - 130,373x + 373,977$$

Para el cálculo de las reacciones, conociendo el momento en el apoyo B, se realiza un corte en dicho apoyo y mediante la ecuación de equilibrio de momentos en el tramo A-B se obtiene el valor de R_A .

$$\sum M_B = M_B + P(L - (x - 2,7)) - R_A L = 0$$

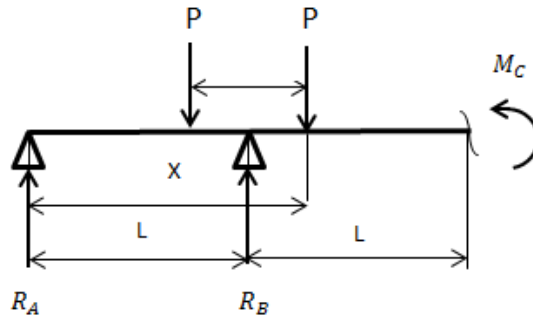
$$R_A = \frac{M_B}{L} + P - \frac{P(x - 2,7)}{L}$$



Sustituyendo valores, la ecuación de la reacción en el apoyo A queda:

$$R_A = 2,05312x^2 - 35,4496x + 146,9829$$

Para el cálculo de la reacción en B, conociendo que el momento flector en el apoyo C será cero, por su condición de ser un extremo articulado, se hace equilibrio de momentos en dicho apoyo y se despeja R_B



$$\sum M_C = P(2L - x) + P(2L - (x - 2,7)) - R_A 2L - R_B L = 0$$

$$R_B = 2P - \frac{P(2x - 2,7)}{L} - 2R_A$$

Sustituyendo valores, la ecuación de la reacción en el apoyo B queda:

$$R_B = -4,106x^2 + 52,15x - 81,1533$$

Finalmente obtenemos la reacción en el apoyo C realizando un sumatorio de fuerzas en el eje vertical.

$$\sum F = R_A + R_B + R_C - 2P = 0$$

$$R_C = 2P - R_A - R_B$$

Sustituyendo valores, la reacción en el apoyo C queda:

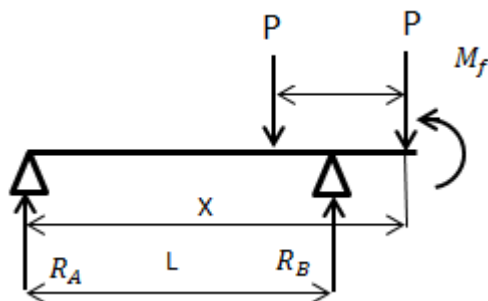
$$R_C = 2,05288x^2 - 16,7x + 27,92$$

Una vez conocidas las reacciones en cada apoyo, se debe calcular el punto donde el momento flector alcanza su valor máximo en sentido positivo.

Para ello se realiza un corte a una distancia x desde el apoyo A dentro del rango de valores especificados y se realiza un equilibrio de momentos en el punto de corte.

En este caso, como en el anterior, al tener dos cargas puntuales, consideraremos dos situaciones de cálculo: Primero, tomando como punto de corte el punto de aplicación de la primera rueda, y como segunda situación el punto de aplicación de la segunda rueda del puente grúa y finalmente se compararán los valores de momento máximo obtenidos.

Situación 1



La ecuación queda:

$$\sum M = M_f + P(2,7) - R_A x - R_B(x - L) = 0$$

$$M_f = R_A x + R_B(x - L) - P(2,7)$$

Sustituyendo valores:

$$M_f = -2,05288x^3 + 37,2304x^2 - 194,9204x + 279,204$$

Para conocer el punto máximo, se deriva la ecuación anterior respecto a x y éste resultado se iguala a cero. Los valores de x obtenidos serán los puntos donde la ecuación del Momento Flector tendrá sus valores máximos.

$$\frac{dM_f}{dx} = -6,15864x^2 + 74,4608x - 194,9204 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

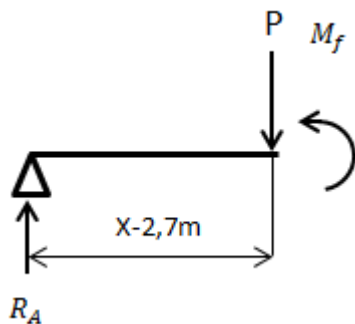
$$x=3,83 \text{ m} \quad x=8,25 \text{ m}$$

Ningún punto está dentro del rango de valores para x ($5 < x < 6,35$) de modo que se calcula el valor del momento flector en los extremos del intervalo, es decir en $x=5$ y $x=6,35$

$$X=5 \quad M_f = -21,248 \text{ KNm}$$

$$X=6,35 \quad M_f = 17,04 \text{ KNm}$$

Situación 2



La ecuación queda:

$$\sum M = M_f - R_A(x - 2,7) = 0$$

$$M_f = R_A(x - 2,7)$$

Sustituyendo valores:

$$M_f = 2,05312x^3 - 40,993x^2 + 242,697x - 396,8538$$

Para conocer el punto máximo, se deriva la ecuación anterior respecto a x y éste resultado se iguala a cero. Los valores de x obtenidos serán los puntos donde la ecuación del Momento Flector tendrá sus valores máximos.

$$\frac{dM_f}{dx} = -6,15936x^2 - 81,986x + 242,697 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=4,44 \text{ m} \quad x=8,86 \text{ m}$$

Ningún punto está dentro del rango de valores para x ($5 < x < 6,35$) de modo que se calcula el valor del momento flector en los extremos del intervalo, es decir en $x=5$ y $x=6,35$

$$X=5 \quad M_f = 48,446 \text{ KNm}$$

$$X=6,35 \quad M_f = 17,029 \text{ KNm}$$

Por lo que en éste tramo de la línea de influencia, el valor del momento flector máximo en sentido positivo será de 48,446KNm.

Ahora se calculan los puntos de valor máximo para cada una de las reacciones en los apoyos.

$$\frac{dR_A}{dx} = 4,10624x - 35,4496 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=8,633 \text{ m}$$

El punto no está dentro del rango de valores para x, se obtendrán los valores de R_A para los extremos del rango de valores, es decir, en $x=5$ y $x=6,35$.

$$\text{Para } x=5\text{m} \quad R_A = 21,063\text{KN}$$

$$\text{Para } x=6,35\text{m} \quad R_A = 4,665\text{KN}$$

$$\frac{dR_B}{dx} - 8,212x + 52,15 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=6,35\text{m}$$

El punto se encuentra dentro del rango de valores de x ($5 < x < 6,35$) por lo que se sustituye en la ecuación de R_B y obtenemos $R_B = 84,43\text{KN}$

$$\frac{dR_C}{dx} = 4,10576x - 16,7 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=4,067 \text{ m}$$

El punto no está dentro del rango de valores de x ($5 < x < 6,35$) por lo que se sustituye en la ecuación de R_C los valores extremos de x, $x=5$ y $x=6,35$.

$$X=5 \quad R_C = -4,258\text{KN}$$

$$X=6,35 \quad R_C = 4,652\text{KN}$$

El momento flector máximo en sentido negativo se dará en el apoyo central (B), para conocer el valor máximo y el punto donde se produce, será necesario derivar respecto de x las ecuaciones de momento flector en B para cada uno de los 3 casos de la posición del puente grúa supuestos e igualar a cero y obtener los puntos donde la curva se hace máxima.

Caso 1 ($0 < X < 2,7$)

$$M_B(x) = 0,46875x^3 - 11,71875x$$

$$\frac{dM_b}{dx} = 1,40625x^2 - 11,71875 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=2,88 \text{ m} \quad x=-2,88 \text{ m}$$

Los dos puntos se encuentran fuera del rango de valores para el caso 1, por lo que sustituiremos en los extremos del rango, $x=0$ y $x=2,7$.

$$X=0 \quad M_B = 0 \text{ KNm}$$

$$X=2,7 \text{ m} \quad M_B = -22,41 \text{ KNm}$$

Caso 2 ($2,7 < X < 5$)

$$M_B = 0,9375x^3 - 3,797x^2 - 13,186x + 22,4142$$

$$\frac{dM_B}{dx} = 2,8125x^2 - 7,594x - 13,186 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=3,9 \text{ m} \quad x=-1,2 \text{ m}$$

El punto $x=3,9$ metros está dentro del rango de valores de x para el caso 2 por lo que se sustituye en M_B el valor de x .

$$X=3,9 \text{ m} \quad M_B = -31,152 \text{ KNm}$$

Caso 3 ($5 < X < 6,35$)

$$M_B = 10,2656x^2 - 130,373x + 373,977$$

$$\frac{dM_B}{dx} = 20,5312x - 130,373 = 0$$

Los puntos obtenidos son:

$$x=6,35 \text{ m}$$

El punto obtenido está dentro del rango de valores de x en el caso 3, por lo que se sustituye en la ecuación de M_B , el valor obtenido, de manera que el momento máximo en el apoyo B para el caso 3 es $M_B = -39,96 \text{ KNm}$.

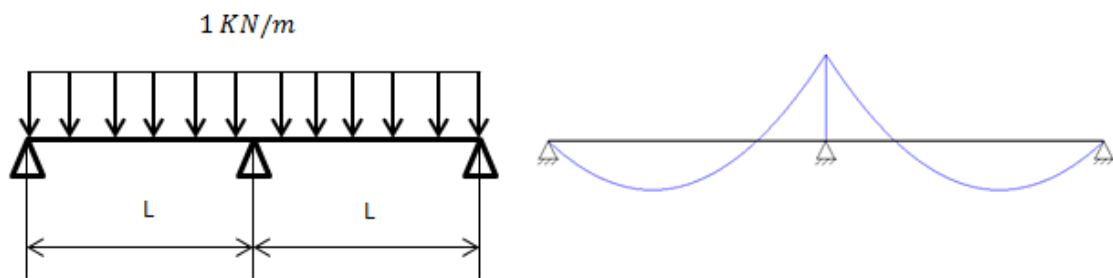
Para el caso de las cargas de frenado del carro del puente grúa (P_y), tendría lugar otro cálculo de línea de influencia de la posición del puente grúa, pero como es exactamente igual que para el caso de P_z , ya que la viga carril está arriostrada en dirección $y - y$ en cada uno de sus apoyos, los momentos flectores máximos y reacciones tendrán una relación de $\frac{1}{10}$ con los valores obtenidos para el caso de P_z .

CÁLCULO ESFUERZOS PESO PROPIO

También es necesario calcular los esfuerzos que se producen en la viga carril debido al peso propio de la viga.

Se estima un Peso Propio de 1 KN/m que es ligeramente superior al peso de la viga IPE500.

El caso de carga será el siguiente:



Como se aprecia en el diagrama de momentos, el momento flector máximo en sentido negativo se obtiene en el apoyo central, al igual que la reacción máxima, por el contrario, el momento flector con sentido positivo se encuentra en el punto $x=1,875 \text{ m}$ y en el punto $x=$ donde se obtienen los siguientes valores:

$$M(+)_\text{Máx} = 1,76 \text{ KNm}$$

$$M(-)_\text{Máx} = -3,12 \text{ KNm}$$

$$R_\text{Máx} = 6,25 \text{ KN}$$

3.2 COMPROBACIONES

Valores máximos calculados en la línea de influencia:

$$M(+)_Máx = 52,26 \text{ KNm}$$

$$M(-)_Máx = -39,96 \text{ KNm}$$

$$R_{Máx} = 84,43 \text{ KN}$$

Valores máximos calculados para el caso de carga del Peso Propio:

$$M(+)_Máx = 1,76 \text{ KNm}$$

$$M(-)_Máx = -3,12 \text{ KNm}$$

$$R_{Máx} = 6,25 \text{ KN}$$

La combinación desfavorable será:

$$1,35(CP) + 1,5(SCPG)$$

Por lo que los esfuerzos quedan:

$$M(+)_Ed = 80,766 \text{ KNm}$$

$$M(-)_Ed = -64,152 \text{ KNm}$$

$$R_{Ed} = 135,083 \text{ KN}$$

Datos del Perfil:

PERFIL	IPE 500
A	11600 mm^2
h	500 mm
b	200 mm
d	468 mm
t_f	16 mm
t_w	$10,2 \text{ mm}$
I_y	$482 \times 10^6 \text{ mm}^4$
I_z	$21,4 \times 10^6 \text{ mm}^4$
W_y	$1930 \times 10^3 \text{ mm}^4$
Z_G	250 mm

Tabla 3.2.1

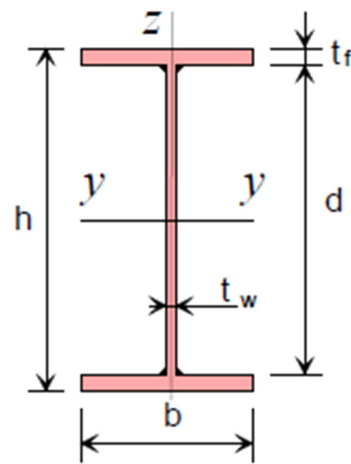


Imagen 3.2.1

Propiedades Cabeza del Perfil:

PERFIL	IPE 500
A_f	3200 mm^2
$I_{f,z}$	$10,667 \times 10^6 \text{ mm}^4$
$W_{f,z}$	$106,667 \times 10^3 \text{ mm}^3$
$i_{f,z}$	$57,735 \text{ mm}$
$Z_{f,g}$	242 mm
$S_{f,y}$	$774,4 \times 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 3.2.2

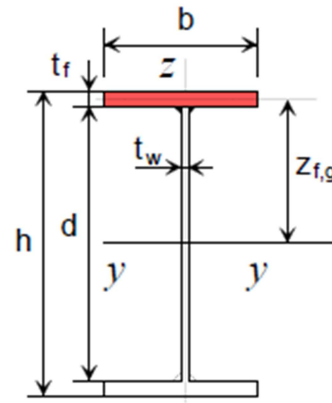


Imagen3.2.2

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA

La sección de la viga carril deberá comprobarse a Flexión Compuesta sin Cortante, ya que como se muestra en la imagen, el punto 1, situado en el extremo del ala superior, será el punto más solicitado ya que se encuentra sometido a un momento M_y producido por la carga P_z , a un momento flector M_z producido por la carga P_y y a un esfuerzo axial N_x producido por la carga P_x .

La sección se comprobará mediante la siguiente la aplicación de la ecuación, para clases 1 y 2, recogida en el apartado 6.2.8 del DB-SE-A del Código Técnico de la Edificación.

$$\left[\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right]_{cabeza} + \left[\frac{M_{Ed,y}}{M_{c,Rd,y}} \right]_{sección} + \left[\frac{M_{Ed,z}}{M_{c,Rd,z}} \right]_{cabeza} < 1$$

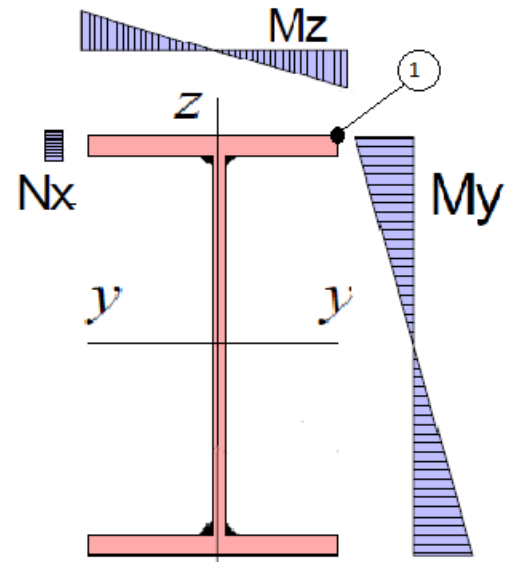


Imagen 3.2.3

Se aplica la formula con los siguientes valores:

$$N_{Ed} = 20,1 \text{ KN}$$

$$N_{pl,Rd} = A_f * f_{yd} = 3200 \text{ mm}^2 * (0,275 \text{ KN/mm}^2) / 1,05 = 838,08 \text{ KN}$$

$$M_{Ed,y} = 80,766 \text{ KNm}$$

$$M_{c,Rd,y} = W_y * f_{yd} = 1930 \times 10^3 \text{ mm}^3 * (0,275 \text{ KN/mm}^2) / 1,05 = 505,467 \text{ KNm}$$

$$M_{Ed,z} = 8,0766 \text{ KNm}$$

$$M_{c,Rd,z} = W_z \cdot f_{yd} = 106,667 \times 10^3 \text{ mm}^3 \cdot (0,275 \text{ KN/mm}^2) / 1,05 = 27,936 \text{ KNm}$$

$$\frac{20,1}{838,08} + \frac{80,766}{505,467} + \frac{8,0766}{27,936} = 0,4729 < 1$$

La viga carril tiene un aprovechamiento del 47,29% por lo que cumple las condiciones requeridas.

COMPROBACIÓN DE PANDEO LATERAL EN LA CABEZA

Se realizará mediante un método aproximado al método de comprobación según el CTE –DB-SE-A establecido para comprobar pandeo lateral en la cabeza de perfiles que no sean laminados en I. El Código Técnico de la Edificación plantea un método de comprobación frente a pandeo lateral más largo, de modo que se opta por utilizar el método aproximado.

En éste método se considera el ala superior o cabeza de la viga como sección resistente a una carga P_f , resultante de las tensiones de compresión producidas por el momento flector $M_{Ed,y}$ sobre la sección de la cabeza. De modo que se considerará la cabeza como una columna sometida a una carga de compresión P_f .

Se calculará P_f mediante la siguiente ecuación:

$$P_f = \sigma \cdot A_f = \left(\frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot z_{f,g} \right) \cdot A_f = \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot S_{f,y}$$

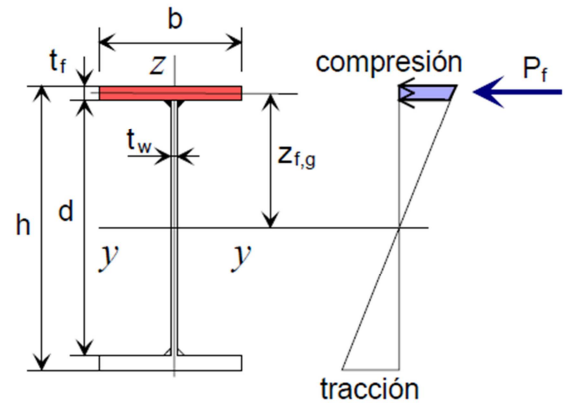


Imagen 3.2.4

$$P_f = \frac{80766 \text{ KNmm}}{482 \times 10^6 \text{ mm}^4} \cdot 774,4 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$P_f = 129,762 \text{ KN}$$

Tras obtener la carga P_f se debe comprobar la cabeza a Flexo Compresión en el eje z, según el CTE DB-SE-A 6.3.4.2 como Pieza NO susceptible a torsión, ya que con la inclusión de P_f se desprecia la componente de torsión. Por lo que es necesario aplicar la siguiente comprobación.

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Según la tabla 6.8 del CTE DB-SE-A los valores de $e_{N,y}$ y $e_{N,z}$ para clases 1,2 y 3 es cero.

Y como se ha simplificado la acción de $M_{Ed,y}$ con la resultante P_f el segundo término de la ecuación será cero, por lo que la ecuación anterior se reduce a:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A_f \cdot f_y / \gamma_{M0}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{Ed,z}}{W_{f,z} \cdot f_y / \gamma_{M0}} \leq 1$$

El valor del esfuerzo axil N_{Ed} será la suma del valor de P_f y la fuerza producida por la frenada del puente grúa P_x de modo que queda:

$$N_{Ed} = P_f + 2 \cdot P_x = 129,762 \text{ KN} + 20,1 \text{ KN} = 149,862 \text{ KN}$$

$$N_{pl,Rd} = A_f \cdot f_{yd} = 3200 \text{ mm}^2 \cdot (0,275 \text{ KN/mm}^2) / 1,05 = 838,08 \text{ KN}$$

$$M_{Ed,z} = 8,0766 \text{ KNm}$$

$$M_{c,Rd,z} = W_z \cdot f_{yd} = 106,667 \times 10^3 \text{ mm}^3 \cdot (0,275 \text{ KN/mm}^2) / 1,05 = 27,936 \text{ KNm}$$

Para la determinación del coeficiente k_z es necesario ir a la tabla 6.9 del CTE DB-SE-A, escoger para tipo de sección en I y se obtiene la expresión para el valor de k_z .

Donde el término $\bar{\lambda}_z$ es la esbeltez reducida para el eje z-z y no debe ser mayor que 1.

La esbeltez reducida se puede calcular como el cociente entre la esbeltez y la esbeltez de Euler.

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E}$$

Donde $\bar{\lambda}_z = \frac{L_k}{i_z}$ la longitud de pandeo en el eje z-z será la distancia entre puntos arriostrados, en éste caso, la distancia entre pórticos, que es 5 metros.

$$\text{De modo que } \bar{\lambda}_z = \frac{5000 \text{ mm}}{57,735 \text{ mm}} = 86,86$$

$$\text{Y } \bar{\lambda}_E = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \times 10^3 \text{ N/mm}^2}{275 \text{ N/mm}^2}} = 86,81$$

Clase	Tipo de sección	k_y	k_z
1 y 2	I, H, aberturas	$1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{C,Rd}}$	$1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$
	Hueca delgada		$1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$

Se obtiene que $\bar{\lambda}_z = \frac{86,86}{86,81} = 0,9976 < 1$ por lo que se cumple la condición antes mencionada.

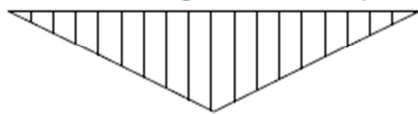
También es necesario conocer el coeficiente χ_z para ello vamos a las curvas de pandeo, para un perfil en I existen dos opciones, relacionadas con $\frac{h}{b}$ y t_f , en éste caso, se tiene que $\frac{h}{b} = \frac{500}{200} = 2,5 > 1,2$ y $t_f = 16 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$ y para un acero S275 hay que ir a la curva de pandeo b para un valor de $\bar{\lambda}_z = 0,9976$ se obtiene que $\chi_z = 0,59856$

Por lo que sustituyendo los valores en la ecuación de k_z se obtiene:

$$k_z = 1 + (2 * 0,9976 - 0,6) \frac{149,862 \text{ KN}}{0,59856 * 838,08 \text{ KN}} = 1,4168$$

Para conocer el valor del coeficiente $c_{m,z}$ nos vamos a la tabla 6.10 del CTE DB-SE-A donde según la forma del diagrama de momentos que producen las cargas puntuales aplicadas sobre la cabeza de la viga carril en dirección $y - y$, $c_{m,z}$ tendrá uno u otro valor. Para este caso, el diagrama de momentos flectores tendrá forma lineal, muy semejante a la que se expone en la tabla 6.10.pero no igual.

Momento debido a cargas laterales coplanarias



$$c_{m,i} = 0,9$$

Por este motivo, aunque con $c_{m,z} = 0,9$ se estaría por el lado de la seguridad, se aproxima $c_{m,z} = 1$ con el fin de simplificar el cálculo.

Finalmente la ecuación de la comprobación queda de la siguiente manera:

$$\frac{149,862 \text{ KN}}{0,59856 * 838,08 \text{ KN}} + 1,4168 \frac{1 * 8,0766 \text{ KNm}}{27,936 \text{ KNm}} = 0,7127 < 1$$

Por lo que la viga carril tendrá un aprovechamiento del 71,27% de su resistencia frente al pandeo lateral de la cabeza de la viga.

COMPROBACIÓN ABOLLADURA DEL ALMA POR CORTANTE

El apartado 6.3.3.4 del CTE DB-SE-A estipula que:

- 1 No es preciso comprobar la resistencia a la abolladura del alma en las barras en las que se cumpla:

$$\frac{d}{t} < 70 \cdot \varepsilon \quad (6.36)$$

De manera que se debe realizar dicha comprobación, donde:

d, t dimensiones del alma (altura y espesor); $\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$ con $f_{ref} = 235 \text{ N/mm}^2$.

$$d = 468 \text{ mm}$$

$$t_w = 10,2 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{468 \text{ mm}}{10,2 \text{ mm}} = 45,88$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{275 \text{ N/mm}^2}} = 0,9244 \rightarrow 70 \cdot \varepsilon = 64,708$$

Como se puede apreciar, se cumple la condición $45,88 < 64,708$ de manera que no es necesario comprobar la abolladura del alma de la viga.

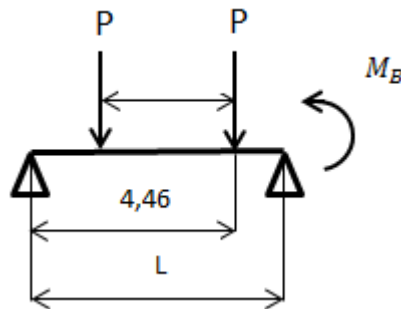
COMPROBACIÓN FLECHA MÁXIMA

La flecha máxima será la flecha resultante de la suma de los casos de carga del puente grúa y el peso propio de la viga carril. La flecha producida por el peso propio es muy pequeña en comparación con la producida por las cargas de la viga carril, por lo que despreciará su cálculo para el caso del peso propio, es decir, se tomará como flecha máxima la producida por el puente grúa.

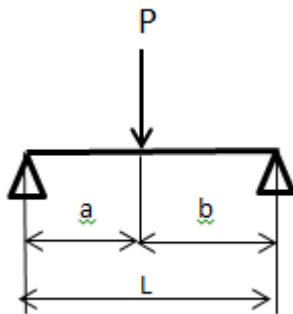
Para el cálculo de la flecha máxima, lo primero que se hará es calcularla para la posición del puente grúa en el punto donde el momento flector es máximo, dicho punto es $x=4,46$ metros.

Para ello, se puede descomponer la viga en una viga de un solo vano, que estará cargada por dos cargas puntuales y en el apoyo B habrá aplicado un momento flector M_B que será el momento flector en el apoyo B para dicha posición del puente grúa.

Se tendrá el siguiente esquema de carga:



La viga se descompondrá en tres casos de carga distintos, dos para cada carga puntual y uno para el momento flector. Se calculará el punto de la viga donde la flecha será máxima para la carga de la segunda rueda (x_1), ya que ésta carga es la que produce el momento máximo y por tanto la flecha mayor de los tres casos a estudiar.



$$a = 1,76 \text{ m}$$

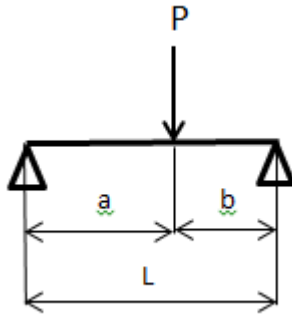
$$b = 3,24 \text{ m}$$

$$x_1 = \sqrt{\frac{L^2 - a^2}{3}} = \sqrt{\frac{(5000 \text{ mm})^2 - (1760 \text{ mm})^2}{3}} = 2,702 \text{ m}$$

La ecuación de la flecha en el punto x_1 es:

$$\delta_{max} = \frac{P * a * (L^2 - a^2)^{3/2}}{9\sqrt{3} * L * E * I_y}$$

$$\delta_{max} = \frac{46875 \text{ N} * 1760 \text{ mm} * ((5000 \text{ mm})^2 - (1760 \text{ mm})^2)^{3/2}}{9\sqrt{3} * 5000 \text{ mm} * 210 \times 10^3 \text{ MPa} * 482 \times 10^6 \text{ mm}^4} = 1,0719 \text{ mm}$$



$$a = 4,46 \text{ m}$$

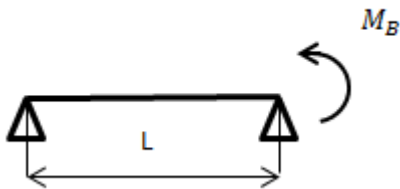
$$b = 0,54 \text{ m}$$

La ecuación de la flecha en el punto x_1 es:

$$\delta_{x_1} = -\frac{P * b * x_1}{6L * E * I_y} (L^2 - b^2 - x_1^2)$$

$$\delta_{x_1} = \frac{46875 \text{ N} * 540 \text{ mm} * 2702 \text{ mm}}{6 * 5000 \text{ mm} * 210 \times 10^3 \text{ MPa} * 482 \times 10^6 \text{ mm}^4} ((5000 \text{ mm})^2 - (540 \text{ mm})^2 - (2702 \text{ mm})^2)$$

$$\delta_{x_1} = 0,392 \text{ mm}$$



Para este caso, primero se debe calcular M_B cuando el puente grúa está en posición $x=4,46 \text{ m}$.

Se debe sustituir en la ecuación del caso 2.

Se obtiene que $M_B = -28,752 \text{ KNm}$ a continuación se calcula la flecha en el

punto x_1 de la viga aplicando la fórmula:

$$\delta_{x_1} = -\frac{M_B * x_1}{6L * E * I_y} (2L^2 - 3Lx_1 + x_1^2)$$

$$\delta_{x_1} = \frac{-28,752 \times 10^6 \text{ Nmm} * 2702 \text{ mm}}{6 * 5000 \text{ mm} * 210 \times 10^3 \text{ MPa} * 482 \times 10^6 \text{ mm}^4} (2(5000 \text{ mm})^2 - 3(5000 \text{ mm})(2702 \text{ mm}) + (2702 \text{ mm})^2)$$

$$\delta_{x_1} = -0,429 \text{ mm}$$

Finalmente se suman los resultados obtenidos para cada caso.

$$f = 1,0719 \text{ mm} + 0,392 \text{ mm} - 0,429 \text{ mm} = 1,0349 \text{ mm}$$

La flecha máxima está restringida por la condición $f < \frac{L}{800}$ de modo que hay que hacer la comprobación.

$$\frac{L}{800} = \frac{5000 \text{ mm}}{800} = 6,25 \text{ mm} > 1,0349 \text{ mm}$$

Por lo que la viga carril cumple la restricción de flecha.

COMPROBACIÓN DE RIGIDIZADORES

Se deberán disponer de rigidizadores para el alma de la viga carril en cada uno de los apoyos.

Dichos rigidizadores deben cumplir una condición geométrica respecto a su inercia, especificada en el apartado 6.3.3.4 del CTE DB-SE-A y que depende de la distancia entre rigidizadores.

Para nuestro caso:

$$a = 5 \text{ m} \quad d = 0,468 \text{ m}$$

$$I_s \geq 1,5 \cdot \frac{d^3 t^3}{a^2} \quad \text{si } \frac{a}{d} < \sqrt{2}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{5}{0,468} = 10,68 > \sqrt{2}$$

$$I_s \geq 0,75 \cdot d \cdot t^3 \quad \text{si } \frac{a}{d} \geq \sqrt{2}$$

Por lo que:

$$I_s = \frac{t_s \cdot (2 \cdot b_s + t_w)^3}{12} > 0,75 \cdot d \cdot t_w^3$$

Los parámetros de diseño de los rigidizadores son:

$$t_s = 5 \text{ mm}$$

$$b_s = 50 \text{ mm}$$

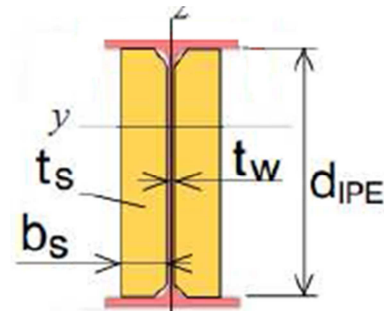


Imagen 3.2.5

Por lo que sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene:

$$I_s = \frac{5 \text{ mm} \cdot (2 \cdot 50 \text{ mm} + 10,2 \text{ mm})^3}{12} > 0,75 \cdot 468 \text{ mm} \cdot (10,2 \text{ mm})^3$$

$$I_s = 557,613 \times 10^3 \text{ mm}^4 > 372,484 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

Por lo que se concluye que el rigidizador diseñado cumple la condición geométrica.

Ahora debe cumplirse la condición de resistencia y estabilidad.

El apartado 6.3.3.4 del CTE DB-SE-A establece que en la comprobación de resistencia, la sección resistente incluirá el rigidizador más una anchura de alma a cada lado del rigidizador, igual a $10 t_w \cdot \varepsilon$.

También establece que se debe comprobar según los métodos del apartado 6.3.2 del CTE DB-SE-A (compresión) con una longitud de pandeo $0,8d$ y curva de pandeo c.

Por tanto, se debe cumplir que:

$$N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd} \geq N_{Ed}$$

Las propiedades de la sección son:

$A (mm^2)$	$I_x (mm^4)$	$i_x (mm)$	$L_k (mm)$
2474,49	$574,29 \times 10^3$	15,234	374,4

Tabla 3.2.3

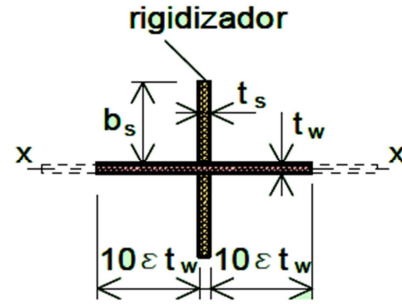


Imagen 3.2.6

Es necesario calcular las variables para obtener el coeficiente de reducción por pandeo.

$$\lambda = \frac{L_k}{i_x} = \frac{374,4 \text{ mm}}{15,234 \text{ mm}} = 24,577$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{24,577}{86,81} = 0,2831$$

Con el valor de la esbeltez reducida ($\bar{\lambda}$) se va a la curva de pandeo c y se obtiene un valor de $\chi = 0,959$

Por lo que ya se puede calcular $N_{b,Rd}$.

$$N_{b,Rd} = 0,959 * 2474,49 \text{ mm}^2 * \left(\frac{0,275 \frac{KN}{mm^2}}{1,05} \right) = 621,5 KN$$

N_{Ed} es la reacción en el apoyo B máxima, mayorada con los coeficientes de la combinación desfavorable.

$$N_{Ed} = 135,083 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{135,083 \text{ KN}}{621,5 \text{ KN}} = 0,2174$$

El rigidizador trabajará al 21,74% de su capacidad resistente en la posición del puente grúa más desfavorable.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA A CARGAS CONCENTRADAS

Por último se debe comprobar la resistencia de la viga carril al efecto producido por las cargas concentradas de las ruedas, es decir, cuando el puente grúa está detenido. Se deben evaluar dos casos, el primero, cuando cada una de las ruedas se encuentran dentro de un tramo distinto (dos vanos considerados en los cálculos) de la viga carril, y el segundo, cuando las dos ruedas se encuentran en el mismo tramo de la viga carril.

Para ambos casos se debe comprobar que $F_{b,Rd} = t_w * L_{ef} * \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$ donde $L_{ef} = \chi_F * l_y$.

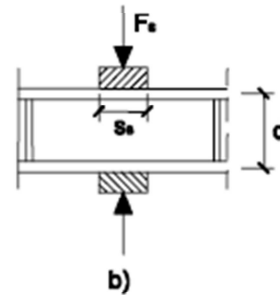
Caso 1. Una rueda dentro del tramo.

Lo primero que hay que hacer es identificar el modo de transferencia de carga según la figura 6 del apartado 6.3.3.5 del CTE DB-SE-A. Para éste caso, se tiene el caso b.

Caso b): carga (o reacción) transferida de un ala al otro a tra cortantes, se considera la fuerza concentrada de mayor valor

$$k_F = 3,5 + 2 \left(\frac{d}{a} \right)^2$$

$$l_y = s_s + 2 \cdot t \cdot (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) \leq a$$



S_s es la longitud de la entrega rígida de la carga, en éste caso, $S_s = 0$ ya que solo hay una rueda dentro del tramo, y por lo tanto, solo hay una carga.

t corresponde a t_w .

El coeficiente m_1 se calcula como $m_1 = \frac{f_{yf} * b_f}{f_{yw} * t_w}$ que se puede simplificar, ya que el acero del ala y del alma de la viga carril son S275 de éste modo queda,

$$m_1 = \frac{b_f}{t_w} = \frac{200mm}{10,2mm} = 19,6$$

Para el cálculo de m_2 el proceso es más complejo, primero se debe aproximar el cálculo de $\bar{\lambda}_F$ usando $m_2 = 0$.

$$l_y = 2 * 16mm * (1 + \sqrt{19,6}) = 173,67mm$$

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{468mm}{5000mm} \right)^2 = 6,0175$$

$$F_{cr} = 0,9k_F * E \frac{t_f^3}{d} = 0,9 * 6,0175 * 210KN/mm^2 * \frac{(16mm)^3}{468mm} = 9953,87 KN$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y * t_w * f_y}{F_{cri}}} = \sqrt{\frac{173,67mm * 10,2mm * 0,275KN/mm^2}{9953,87KN}} = 0,221$$

No es necesario volver a realizar los cálculos ya que se cumple la condición de que para $\bar{\lambda}_F \leq 0,5 \rightarrow m_2 = 0$.

$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,221} > 1$ de modo que asumimos $\chi_F = 1$ ya que no puede ser mayor.

Por lo que $L_{ef} = l_y = 173,67 mm$.

De modo que $F_{b,Rd} = 10,2mm * 173,67mm * 0,2691KN/mm^2 = 463,938KN$

F_{Ed} es la carga de la rueda sobre la viga carril mayorada con el coeficiente de la combinación desfavorable.

$$F_{Ed} = 1,5 * 46,875KN = 70,32KN$$

Por lo que la comprobación queda:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{70,32KN}{463,938KN} = 0,1515 < 1$$

De modo que la viga carril está trabajando al 15,15% de su capacidad resistente en éste caso.

Caso 2. Las dos ruedas dentro del tramo.

En éste caso, el caso de transferencia de carga es el mismo para el apartado anterior.

S_s en éste caso, $S_s = 2,7m$ ya que ahora hay dos ruedas dentro del tramo, y por lo tanto, es la distancia entre las ruedas.

El coeficiente $m_1 = 19,6$ ya que solo depende de parámetros geométricos de la viga carril. En cambio, l_y cambia debido a S_s .

$$l_y = 2700mm + 2 * 16mm * (1 + \sqrt{19,6}) = 2873,67mm.$$

F_{cr} es igual también $F_{cr} = 9953,87 KN$

En	cambio	ahora	$\bar{\lambda}_F$	varía:
$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y * t_w * f_y}{F_{cri}}} = \sqrt{\frac{2873,67mm * 10,2mm * 0,275KN/mm^2}{9953,87KN}} = 0,9$				

Hay que recalcular m_2 ya que $\bar{\lambda}_F > 0,5$ de modo que:

$$m_2 = 0,02 \left(\frac{d}{t_f} \right) = 0,02 \left(\frac{468mm}{16mm} \right) = 0,585$$

$$l_y = 2700mm + 2 * 16mm * \left(1 + \sqrt{19,6 + 0,585} \right) = 2875,769mm$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y * t_w * f_y}{F_{cri}}} = \sqrt{\frac{2875,769mm * 10,2mm * 0,275KN/mm^2}{9953,87KN}} = 0,9$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,9} = 0,555 < 1$$

$$L_{ef} = 0,555 * 2875,769mm = 1596,051 mm$$

Finalmente queda que:

$$F_{b,Rd} = 10,2mm * 1596,051mm * 0,2691KN/mm^2 = 4263,66KN$$

En éste caso F_{Ed} será el doble al caso anterior, ya que ahora hay dos ruedas sobre el tramo de viga carril.

$$F_{Ed} = 2 * 70,32KN = 140,63 KN$$

La comprobación finalmente queda:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{140,63 KN}{4263,66 KN} = 0,033 < 1$$

Luego la viga carril trabaja al 3,3% de su capacidad resistente, por lo que tiene el visto bueno.

4. DISEÑO DE LA CERCHA

En la concepción de la estructura de la cercha se ha partido de una cercha de estilo Pratt, ya que la hipótesis de carga dominante es claramente la sobre carga de nieve y por tanto al tratarse de una carga de tipo gravitatorio, éste tipo de cercha es la más utilizada.

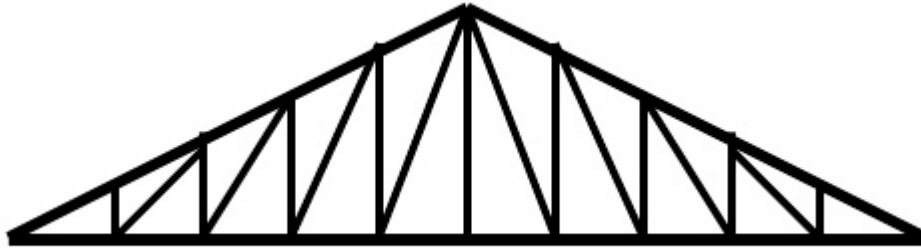


Imagen 4.1. Celosía Pratt. Diseño de partida.

Inicialmente la cercha tendrá una distancia entre montantes igual a la distancia en proyección horizontal de la separación entre correas de cubierta, de este modo la ubicación de cada una de las correas coincide con un nudo de la cercha y no se originarían momentos flectores, pero surge un problema, el ángulo entre las barras es recomendable que sea mayor de 30° para facilitar la ejecución de las uniones entre barras. De modo que de los 4 montantes centrales se colocarán a una distancia dos veces la distancia entre los montantes de los extremos, es decir, a 3 metros. Esto provoca que en el cordón superior aparezcan esfuerzos flectores producidos por la transmisión de las cargas perpendiculares al cordón superior. Ésta medida no se puede llevar a cabo con los montantes de los extremos, ya que a pesar del ángulo que forman con las diagonales de los extremos en los nudos que convergen, el esfuerzo axil que deben de soportar dichas diagonales es tan elevado, que no es posible modificar su longitud.

Al analizar la cercha estructuralmente con la ayuda de CYPE 3D, se observa que bajo la hipótesis de carga de nieve, que es la hipótesis con mayor valor de carga, varias diagonales trabajarán a compresión. De modo que su dirección se invierte para conseguir que trabaje a tracción ya que están conformadas por perfiles metálicos con poco radio de giro y de gran longitud entre nudos, de modo que son piezas muy esbeltas y serán susceptibles de sufrir pandeo ante cargas de compresión.

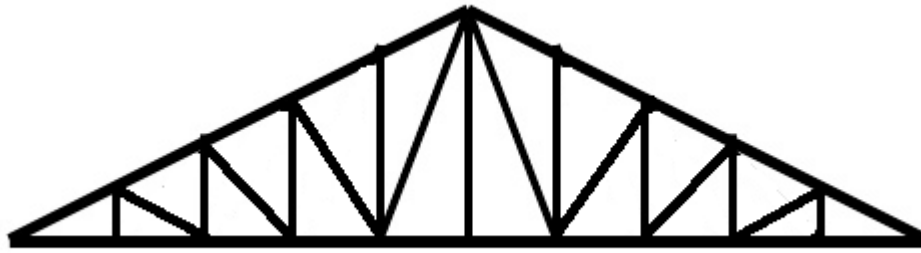


Imagen 4.2 Modificaciones de diagonales realizada.

El montante central se considera despreciable en el cálculo, ya que al realizar equilibrio de fuerzas se llega a la conclusión de que no soporta carga, aunque se colocarán dos montantes entre los nudos centrales, uniendo los cordones superior e inferior, para facilitar el transporte a obra, ya que será necesario dividir la cercha en dos módulos, que estarán atornillados entre sí.

5. CÁLCULO DE LA CERCHA

COMPROBACIÓN DEL CORDÓN SUPERIOR

El cordón superior de la cercha estará compuesto por dos perfiles UPN 180 unidos entre sí mediante chapas de 8 mm de espesor en los nudos de la cercha, de modo que formen una I.

Las propiedades de la sección se recogen en la Tabla.5.1

2 UPN 180	
Area	5600 mm ²
h	180 mm
b	70 mm
I_y	13,5x10 ⁶ mm ⁴
I_z	1,14x10 ⁶ mm ⁴
W_y	300x10 ³ mm ³
i_y	69,43 mm
i_z	30,74 mm

Tabla 5.1

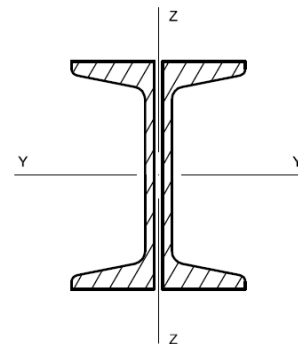


Imagen 5.1

Se va a comprobar la resistencia del cordón superior frente a esfuerzos combinados de compresión y flexión, ya que el apoyo de las correas de cubierta no coincide con los nudos de la cercha en algunos tramos, se

generará un momento flector en el cordón superior, y por tanto, será necesaria su comprobación de resistencia de la sección y de estabilidad.

Se comprueba en la unión con la barra 19 ya que es el punto más solicitado.

La combinación desfavorable de esfuerzos será:

$$1,35 PP + 1,5 N + 1,05 PG(+Y) + 0,9(V1b(0^\circ) + Marq. (\varphi = 0)Arriba)$$

Con dicha combinación desfavorable se obtiene un esfuerzo axil

$$N_{Ed} = -569,846 KN \text{ y un momento flector } M_{yEd} = -31,754 KNm.$$

Primero se realiza la comprobación de resistencia de la sección del perfil a la combinación de axil y de esfuerzo flector.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{yEd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{zRd}} \leq 1$$

Como se desprecia la acción de los momentos flectores en z-z ya que son de un valor que prácticamente no repercute en el resultado inicial. La ecuación queda:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{yEd}}{M_{yRd}} \leq 1$$

Se calculan las resistencias de la sección tanto a axil como a flector en y-y.

$$N_{Rd} = A * f_{yd} = 5600 mm^2 * 0,2619 \frac{KN}{mm^2} = 1466,64 KN$$

$$M_{yRd} = W_y * f_{yd} = 300 \times 10^3 mm^3 * 0,2619 \frac{KN}{mm^2} = 78,57 KNm$$

Conocidos estos datos, se sustituyen los valores en la ecuación de comprobación.

$$\frac{569,846 KN}{1466,64 KN} + \frac{31,754 KNm}{78,57 KNm} = 0,3886 + 0,4042 = 0,7928$$

Por lo tanto el aprovechamiento de la resistencia de la sección del perfil a la combinación de esfuerzos axiales y flectores es del 79,28%.

El siguiente paso es comprobar la estabilidad del perfil frente al pandeo producido por esfuerzos combinados de axil y flector. Se comprobará tanto en el eje de inercia fuerte como en el eje de inercia débil.

EJE FUERTE (EJE Y-Y)

Según el apartado 6.3.4.2 del CTE DB-SE-A la comprobación de estabilidad frente a pandeo respecto al eje y-y producido por combinación de esfuerzos axiles y flectores es:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rd}} + k_y \frac{c_{m,y} * M_{y Ed} + N_{Ed} * e_{N,y}}{M_{y Rd}} + \alpha_z * k_z \frac{c_{m,z} * M_{z Ed} + N_{Ed} * e_{N,z}}{M_{z Rd}} \leq 1$$

Como ya se ha comentado en la comprobación de resistencia, se desprecia el efecto de los momentos flectores en z-z y las componentes $e_{N,y}$ y $e_{N,z}$ son cero según la Tabla 6.1 del CTE DB-SE-A por lo que la ecuación de la comprobación queda:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rd}} + k_y \frac{c_{m,y} * M_{y Ed}}{M_{y Rd}} \leq 1$$

Para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo χ_y comenzamos calculando la longitud de pandeo de la Barra 4 de la cercha. Para el pandeo dentro del plano de la cercha, la longitud de pandeo será la distancia entre nudos. Por lo tanto $l_{k x-z} = 3132 \text{ mm}$. Conocida la longitud de pandeo se calcula la esbeltez mecánica respecto al eje y-y.

$$\lambda_y = \frac{l_{k x-z}}{i_y} = \frac{3132 \text{ mm}}{69,43 \text{ mm}} = 45,11$$

Seguidamente se calcula la esbeltez mecánica reducida.

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{45,11}{86,81} = 0,52$$

Con el valor de la esbeltez mecánica reducida se va a las curvas de pandeo. La curva de pandeo correspondiente es la curva c, ya que el perfil del cordón superior se trata de una unión de perfiles laminados. El valor del coeficiente de reducción por pandeo correspondiente a $\bar{\lambda}_y = 0,52$ es $\chi_y = 0,832$.

k_y , según la Tabla 6.2 del CTE DB-SE-A para una sección de Clase 1 o 2 se calcula como:

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{c Ed}}{\chi_y * N_{c Rd}}$$
$$k_y = 1 + (0,52 - 0,2) \frac{569,846 \text{ KN}}{0,832 * 1466,64 \text{ KN}} = 1,15$$

Se supone $c_{m,y} = 1$ ya que es el caso más restrictivo.

Ya conocidos los coeficientes, se sustituyen en la ecuación de la comprobación.

$$\frac{569,846 \text{ KN}}{0,832 * 1466,64 \text{ KN}} + 1,15 \frac{1 * 31,754 \text{ KNm}}{78,57 \text{ KNm}} = 0,467 + 0,4648 = 0,9318 \leq 1$$

Por lo que el cordón superior tendrá un aprovechamiento del 93,18% de su estabilidad frente al pandeo producido por combinación de axil y flectores respecto al eje y-y.

EJE DÉBIL (EJE Z-Z)

Según el apartado 6.3.4.2 del CTE DB-SE-A la comprobación de estabilidad frente a pandeo respecto al eje z-z producido por combinación de esfuerzos axiles y flectores es:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rd}} + \alpha_y * k_y \frac{c_{m,y} * M_{yEd} + N_{Ed} * e_{N,y}}{M_{yRd}} + k_z \frac{c_{m,z} * M_{zEd} + N_{Ed} * e_{N,z}}{M_{zRd}} \leq 1$$

Como ya se ha comentado, se desprecia el efecto de los momentos flectores en z-z y las componentes $e_{N,y}$ y $e_{N,z}$ son cero según la Tabla 6.1 del CTE DB-SE-A por lo que la ecuación de la comprobación queda:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rd}} + \alpha_y * k_y \frac{c_{m,y} * M_{yEd}}{M_{yRd}} \leq 1$$

El valor de α_y viene dado por la Tabla 6.1 del CTE DB SE-A para secciones de Clase 1 y 2 $\alpha_y = 0,6$.

Para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo respecto al eje z-z primero es necesario conocer la longitud de pandeo respecto al eje z-z. La longitud de pandeo será la distancia entre las correas de cubierta ya que son éstas las que arriostran al cordón superior en el plano perpendicular a la cercha, por tanto $l_{k\ x-y} = 1566 \text{ mm}$.

La esbeltez mecánica respecto al eje z se calcula como:

$$\lambda_z = \frac{l_{k\ x-y}}{i_z} = \frac{1566 \text{ mm}}{30,74 \text{ mm}} = 50,95$$

Por lo que la esbeltez reducida queda como:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{50,95}{86,81} = 0,587$$

Con el valor de la esbeltez reducida se puede ir a la curva de pandeo c, ya que la sección está compuesta de una agrupación de perfiles laminados soldados. Se toma el valor de coeficiente de reducción por pandeo

correspondiente a $\bar{\lambda}_z = 0,587$ ya que el valor calculado no está tabulado, y de éste modo la comprobación será más restrictiva. Finalmente se obtiene $\chi_z = 0,785$.

Con todos los coeficientes conocidos se sustituyen los valores en la ecuación de la comprobación, de modo que se obtiene:

$$\frac{569,846 \text{ KN}}{0,785 * 1466,64 \text{ KN}} + 0,6 * 1,122 \frac{1 * 31,754 \text{ KNm}}{78,57 \text{ KNm}} = 0,495 + 0,272 = 0,767 \leq 1$$

Por lo que el cordón superior tendrá un aprovechamiento del 76,7% de su estabilidad frente al pandeo producido por combinación de axil y flectores respecto al eje z-z.

COMPROBACIÓN DEL CORDÓN INFERIOR

El cordón inferior de la cercha estará compuesto por dos perfiles L-150x12 unidos entre sí mediante chapas de 8 mm de espesor en los nudos de la cercha, de modo que formen una T.

Las propiedades de la sección se recogen en la Tabla 5.2.

2 L-120X10	
Área	6960 mm ²
h	150 mm
b	308 mm
I _y	14,74x10 ⁶ mm ⁴
I _z	28,96x10 ⁶ mm ⁴
i _y	46,02 mm
i _z	64,5mm

Tabla 5.2

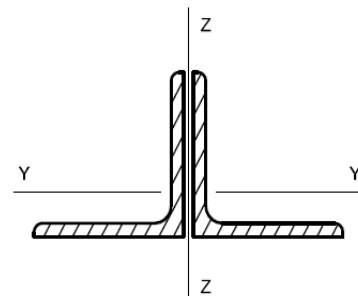


Imagen 5.2

Se va a comprobar la resistencia del cordón inferior frente a esfuerzos axiles de compresión.

La combinación desfavorable de esfuerzos será:

$$1,35PP + 1,05 PG(+Y) + 1,5 N + 0,9(V1a(180^\circ) + Marq. (\varphi = 1) Abajo)$$

Con dicha combinación se obtiene un esfuerzo axil de compresión de

$$N_{Ed} = -677,41 \text{ KN}.$$

Según el apartado 6.3.2 del CTE DB-SE-A se comprueba la resistencia de la sección a compresión como:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

Siendo $N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd}$.

De modo que hay que calcular el coeficiente de reducción por pandeo respecto al eje de menor inercia. Para ello se tendrán dos longitudes de pandeo, la primera, dentro del plano de la cercha, en el plano x-z, que será la distancia entre nudos $l_{k\ x-z} = 3000mm$ y en el plano fuera de la cercha, plano x-y, que será la distancia entre puntos arriostrados, en éste caso, $l_{k\ x-y} = 6000mm$. Por lo que la esbeltez mecánica de la barra queda:

$$\lambda_z = \frac{l_{k\ x-y}}{i_z} = \frac{6000mm}{64,5mm} = 93,2$$

Con la esbeltez mecánica se obtiene la esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{93,2}{86,81} = 1,072 \approx 1,08$$

Finalmente con el valor de la esbeltez reducida se puede ir a la curva de pandeo c, ya que la sección del cordón inferior es una agrupación de perfiles laminados soldados, de modo que para un valor de $\bar{\lambda}_z = 1,08$ se tiene $\chi_z = 0,495$.

Ahora se puede calcular la resistencia de la sección frente a pandeo.

$$N_{b,Rd} = 0,495 * 6960mm^2 * 0,2619 \frac{KN}{mm^2} = 902,29KN$$

Tras esto, se sustituyen los valores en la ecuación de la comprobación.

$$\frac{677,41 \text{ KN}}{902,29 \text{ KN}} = 0,7508 < 1$$

De modo que se puede decir que el cordón inferior de la cercha trabajará como máximo al 75,08% de la resistencia de su sección a esfuerzos axiales de compresión.

COMPROBACIÓN MONTANTES

Los montantes de la cercha estarán compuestos por dos perfiles L-60x10 unidos entre sí mediante chapas de 8 mm de espesor, de modo que formen una T.

Las propiedades de la sección de los montantes se recogen en la Tabla 5.3

2 L-60X10	
Área	2220 mm ²
h	60 mm
b	128 mm
I _y	0,698x10 ⁶ mm ⁴
I _z	1,822x10 ⁶ mm ⁴
i _y	17,73 mm
i _z	28,65mm

Tabla 5.3

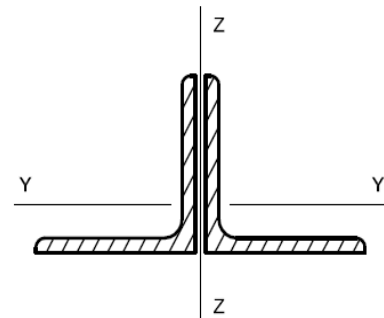


Imagen 5.3

Se comprobará la resistencia de la sección de los montantes frente a esfuerzos axiales de compresión. Se comprobará la barra 18, ya que es la más solicitada.

La combinación de esfuerzos más desfavorable es:

$$1,35PP + 1,05PG(-Y) + 1,5N + 0,9V1b(180^\circ + Marquesina(\varphi = 1)Abajo))$$

Con dicha combinación se obtiene un esfuerzo máximo de compresión $N_{Ed} = -344,746 \text{ KN}$.

Según el apartado 6.3.2 del CTE DB-SE-A se comprueba la resistencia de la sección a compresión como:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

Siendo $N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd}$.

De modo que hay que calcular el coeficiente de reducción por pandeo respecto al eje de menor inercia. Para ello se tendrán dos longitudes de pandeo, la primera, dentro del plano de la cercha, en el plano x-z, es la longitud del montante, que se puede aproximar como 0,9 veces la distancia entre ejes $l_{k \text{ x-z}} = 0,9 * 1150 \text{ mm} = 1035 \text{ mm}$ y en el plano fuera de la cercha, plano x-y, que será la distancia entre ejes, en éste caso, $l_{k \text{ x-y}} = 1150 \text{ mm}$. Por lo que la esbeltez mecánica de la barra queda:

$$\lambda_y = \frac{l_{kx-z}}{i_y} = \frac{1035mm}{17,73mm} = 58,38$$

Conocida la esbeltez mecánica se calcula la esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{58,38}{86,81} = 0,672 \approx 0,68$$

Finalmente con el valor de la esbeltez reducida se puede ir a la curva de pandeo c, ya que la sección del cordón inferior es una agrupación de perfiles laminados soldados, de modo que para un valor de $\bar{\lambda}_y = 0.68$ se tiene que $\chi_y = 0,737$.

Ahora se puede calcular la resistencia de la sección frente a pandeo.

$$N_{b,Rd} = 0,737 * 1110mm^2 * 0,2619 \frac{KN}{mm^2} = 428,5 \text{ KN}$$

Tras esto, se sustituyen los valores en la ecuación de la comprobación.

$$\frac{344,746 \text{ KN}}{428,5 \text{ KN}} = 0,805 < 1$$

De modo que se puede decir que el montante más solicitado de la cercha trabajará como máximo al 80,5% de la resistencia de su sección a esfuerzos axiales de compresión.

COMPROBACIÓN DIAGONALES

Las diagonales de la cercha estarán compuestas por dos perfiles L-90x8 unidos entre sí mediante chapas de 8 mm de espesor, de modo que formen una T.

Las propiedades de la sección se recogen en la Tabla 5.4.

2 L-90X8	
Área	2780 mm ²
h	90 mm
b	188 mm
I _y	2,08x10 ⁶ mm ⁴
I _z	4,418x10 ⁶ mm ⁴
i _y	27,35 mm
i _z	39,86 mm

Tabla 5.4

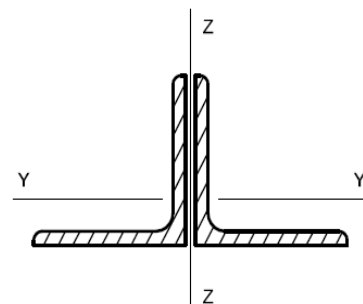


Imagen 5.4

Se comprobará la resistencia de la sección de las diagonales frente a esfuerzos axiales de tracción, ya que los esfuerzos máximos a los que estarán sometidas las diagonales son de tracción. Se comprobará la barra 17, ya que es la más solicitada.

La combinación de esfuerzos más desfavorable es:

$$1,35PP + 1,5N + 1,05PG(-Y) + 0,9(Marq(\varphi = 0)Abajo)$$

Con dicha combinación de esfuerzos, se obtiene un esfuerzo de tracción máximo $N_{Ed} = 341,783 \text{ KN}$.

Según el apartado 6.3.1 del CTE DB-SE-A se comprueba la resistencia de la sección a tracción como:

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

Se calcula la resistencia de la sección sometida a esfuerzos de tracción.

$$N_{t,Rd} = A * f_{yd} = 2780 \text{ mm}^2 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 728,082 \text{ KN}$$

Por lo que la comprobación a tracción queda:

$$\frac{341,783 \text{ KN}}{728,082 \text{ KN}} = 0,47 < 1$$

De modo que se puede decir que la sección de la diagonal más solicitada de la cercha trabajará como máximo al 47% de su resistencia a tracción.

6. CÁLCULO DE LOS PILARES.

Los pilares de la estructura estarán formados por un perfil HEA 500 de sección constante y tendrán una altura de 8,3 metros. En el caso de los pórticos de cierre tendrán una altura de 9 metros.

A una altura de 6,5 metros se ubicará una ménsula de apoyo para la viga carril por la que debe circular el puente grúa, dicha ménsula tendrá una longitud de 0,3 metros y estará formada por un perfil HEA200 soldado al ala del pilar. Esto será igual para todos los pilares de la estructura.

Se comprobará la resistencia de la sección así como la estabilidad del pilar izquierdo del segundo pórtico de la estructura (Pilar B2), ya que se encuentra más solicitado que los demás. En el lado izquierdo de la estructura los pilares tendrán las mismas dimensiones que los del lado derecho a pesar

de estar sometidos a menos carga, pero ante una futura colocación de otra zona cubierta en el lado que carece de éste elemento.

Al tratarse de un pilar de sección constante con una carga intermedia será necesario el cálculo del coeficiente de pandeo en el plano x-y.

CÁLULO DE β

Desde el punto de vista estructural se considera el pilar como empotrado en su extremo inferior y libre en su cabeza, es decir, se considera como un voladizo. Para el cálculo del coeficiente de pandeo es necesario conocer la relación entre la longitud del pilar y la longitud del tramo que queda libre de la carga del puente grúa. Dicha distancia se obtiene sabiendo que el pilar tiene 8,3 metros de altura y la ménsula de apoyo para el puente grúa está situada a 6,5 metros de altura, de modo que la longitud que se denominará a partir de ahora como l_1 será: $l_1 = 8,3m - 6,5m = 1,8m$.

Conocido esto se llega a la conclusión de que la relación entre la longitud l y l_1 es de:

$$\frac{l_1}{l} = \frac{1,8m}{8,3m} = 0,2169 \approx 0,217$$

Según la Imagen 6.1.

l_1/l	Pieza biarticulada		Pieza libre y empotrada		Pieza empotrada y apoyada		Pieza biempotrada	
	β	β^2	β	β^2	β	β^2	β	β^2
0.0	1.000	1.000	2.000	4.000	0.699	0.4896	0.500	0.2500
0.1	0.898	0.806	1.800	3.240	0.605	0.3662	0.494	0.2446
0.2	0.805	0.649	1.600	2.560	0.533	0.2850	0.471	0.2219
0.3	0.741	0.549	1.400	1.960	0.481	0.2319	0.430	0.1851
0.4	0.711	0.506	1.200	1.440	0.458	0.2101	0.387	0.1502
0.5	0.707	0.500	1.000	1.000	0.456	0.2085	0.364	0.1326
0.6	0.703	0.494	0.800	0.640	0.440	0.1942	0.362	0.1311
0.7	0.671	0.451	0.600	0.360	0.392	0.1543	0.340	0.1159
0.8	0.592	0.351	0.400	0.160	0.306	0.0938	0.279	0.0781
0.9	0.440	0.194	0.200	0.040	0.173	0.0310	0.168	0.0285
1.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.0000

Imagen 6.1

El coeficiente de pandeo será el resultante de interpolar entre los dos valores señalados. De modo que:

$$\beta = \frac{(0,217 - 0,2) * (1,4 - 1,6)}{(0,3 - 0,2)} + 1,6 = 1,566$$

Conocido el coeficiente de pandeo se puede comprobar la sección del pilar.

Las propiedades de la sección son especificadas en la siguiente tabla.

HEA 500	
h	490 mm
b	300 mm
Área	19750 mm ²
I_y	x10 ⁶ mm ⁴
I_z	x10 ⁶ mm ⁴
W_y	x10 ³ mm ³
W_z	3550x10 ³ mm ³
i_y	72,4 mm
i_z	210 mm

Tabla 6.1

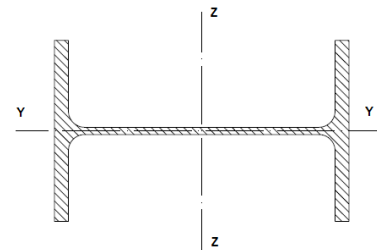


Imagen 6.2

El punto más solicitado de éste tramo es en el punto x=7,5 metros tomando como x=0 la base del pilar.

A continuación se realiza la comprobación a resistencia de la sección del tramo superior del pilar.

La combinación de esfuerzos más desfavorable para éste tramo del pilar es:

$$1,35(CP) + 1,5(N) + 1,05PG(+Y) + 0,9(Marq(\varphi = 1)Abajo)$$

Ésta combinación genera un esfuerzo axil resultante de $N_{Ed} = -716,679 \text{ KN}$ y un momento flector respecto al eje z-z de $M_{z Ed} = 652,64 \text{ KNm}$.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y Ed}}{M_{y Rd}} + \frac{M_{z Ed}}{M_{z Rd}} \leq 1$$

Los esfuerzos de flexión respecto al eje y-y son prácticamente nulos en comparación con las componentes de axil y flexión respecto a z-z. Por lo que la ecuación queda como:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z Ed}}{M_{z Rd}} \leq 1$$

Donde los denominadores de la ecuación son:

$$N_{Rd} = A * f_{yd} = 19750mm^2 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 5172,525 \text{ KN}$$

$$M_{zRd} = W_z * f_{yd} = 3550 \times 10^3 mm^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 929,745 \text{ KNm}$$

Finalmente al sustituir los valores se obtiene:

$$\frac{716,679 \text{ KN}}{5172,525 \text{ KN}} + \frac{652,64 \text{ KNm}}{929,745 \text{ KNm}} = 0,1386 + 0,702 = 0,8406 < 1$$

Luego la sección del tramo 1 de pilar tiene un aprovechamiento de resistencia de 84,06 %.

Ahora se va a realizar la comprobación de estabilidad de la sección frente a la combinación de axil y flexión en ambos ejes. Al tratarse de una sección en H no está claro si se considera pieza susceptible de sufrir pandeo por torsión, de modo que en el cálculo se la va a considerar como NO susceptible.

Comprobación en eje Z-Z.

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * A * f_{yd}} + \alpha_y * k_y \frac{c_{m,y} * M_{yEd} + e_{N,y} * N_{Ed}}{W_y * f_{yd}} + k_z \frac{c_{m,z} * M_{zEd} + e_{N,z} * N_{Ed}}{W_z * f_{yd}} \leq 1$$

Los términos respectivos a la flexión respecto al eje Y son nulos como se ha comentado anteriormente. Las componentes $e_{N,i}$ son cero en ambos ejes. De modo que finalmente se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * A * f_{yd}} + k_z \frac{c_{m,z} * M_{zEd}}{W_z * f_{yd}} \leq 1$$

Ahora es necesario conocer el valor de los distintos coeficientes de la ecuación, empezamos por obtener el valor del coeficiente de pandeo χ_z .

Para ello, es necesario conocer la longitud de pandeo respecto al eje Z, que se calculará multiplicando la longitud del tramo 1 del pilar por el coeficiente de pandeo calculado anteriormente para el tramo 1.

$$l_{k[x-y]} = \beta * l = 1,566 * 8300mm = 13000mm$$

Ahora se puede calcular la esbeltez mecánica respecto al eje Z como:

$$\lambda_z = \frac{l_{k[x-y]}}{i_z} = \frac{13000mm}{210mm} = 61,9$$

Por lo tanto la esbeltez reducida queda:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{61,9}{86,81} = 0,713 \approx 0,72$$

Por lo tanto se obtiene el coeficiente de reducción por pandeo de las tablas de valores de la curva de pandeo a, ya que la sección se trata de un perfil laminado en H y según los parámetros:

$$\frac{h}{b} = \frac{490 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = 1,634 > 1,2$$

$$t_f = 23 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$$

De modo que para una esbeltez $\bar{\lambda}_z = 0,72$, el coeficiente de pandeo será $\chi_z = 0,838$.

Para el coeficiente k_z al tratarse de una sección de clase 1, y ser sección en H, se tiene que:

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{cEd}}{\chi_z * N_{cRd}}$$

Sustituyendo valores la ecuación queda:

$$k_z = 1 + (0,72 - 0,2) \frac{716,679 \text{ KN}}{0,838 * 5172,525 \text{ KN}} = 1,086$$

Para el coeficiente $c_{m,z}$ se toma el valor $c_{m,z} = 1$ que es el caso más desfavorable.

Por lo tanto, finalmente la comprobación queda como:

$$\frac{716,679 \text{ KN}}{0,838 * 5172,525 \text{ KN}} + 1,086 * \frac{1 * 652,64 \text{ KNm}}{929,745 \text{ KNm}} = 0,1654 + 0,7624 = 0,9278 \leq 1$$

De éste modo se puede concluir que el pilar tendrá un aprovechamiento del 92,78% en la estabilidad trabajando a flexión y compresión combinadas respecto al eje Z-Z.

Comprobación en eje Y-Y.

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * A * f_{yd}} + k_y \frac{c_{m,y} * M_{yEd} + e_{N,y} * N_{Ed}}{W_y * f_{yd}} + \alpha_z * k_z \frac{c_{m,z} * M_{zEd} + e_{N,z} * N_{Ed}}{W_z * f_{yd}} \leq 1$$

Como se ha explicado anteriormente, la componente de la ecuación referida a la flexión en el eje Y es similar a cero, por lo que se desprecia. De modo que finalmente se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * A * f_{yd}} + \alpha_z * k_z \frac{c_{m,z} * M_{zEd}}{W_z * f_{yd}} \leq 1$$

Ahora es necesario calcular los distintos coeficientes de la ecuación.

Solo falta conocer el valor del coeficiente de reducción por pandeo χ_y , ya que los demás se han calculado para el caso de comprobación en el eje Z-Z.

Para ello se comienza calculando la longitud de pandeo en el plano X-Z, que será la distancia entre correas de la fachada, de modo que $l_{k [x-z]} = 2000mm$. El siguiente paso es calcular la esbeltez mecánica del tramo superior del pilar respecto al eje Y.

$$\lambda_y = \frac{l_{k [x-z]}}{i_y} = \frac{2000mm}{72,4 mm} = 27,625$$

Ahora calculamos la esbeltez reducida del siguiente modo, que no es el especificado por el CTE pero está relacionado.

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{27,625}{86,81} = 0,318 \approx 0,32$$

La curva de pandeo correspondiente en la curva b, ya que la sección se trata de un perfil en H y le corresponde la curva de pandeo b. Para una esbeltez reducida $\bar{\lambda}_y = 0,32$ corresponde un coeficiente de pandeo $\chi_y = 0,957$.

El coeficiente $\alpha_z = 0,6$ según la tabla 6.1 del CTE DB-SE-A.

Se sustituyen los valores y la ecuación queda:

$$\frac{716,679 KN}{0,957 * 5172,525 KN} + 0,6 * 1,086 \frac{1 * 652,64 KNm}{929,745 KNm} = 0,145 + 0,458 = 0,603 \leq 1$$

De éste modo se puede concluir que el pilar tendrá un aprovechamiento del 60,3% en la estabilidad del tramo trabajando a flexión y compresión combinadas respecto al eje Y-Y.

7. CÁLCULO DEL DINTEL HASTIAL

El dintel de los dos pórticos de cierre de la estructura estará formado por un perfil IPE 360.

Se comprobará el perfil a la solicitación de flexión y axil combinados y también a pandeo lateral de las alas.

COMPROBACIÓN DE PANDEO LATERAL

La combinación más desfavorable de esfuerzos resulta ser la siguiente:

$$1.35CP + 1.5N + 0.9(V1b(180^\circ) + Marquesina(\varphi = 1)Abajo)$$

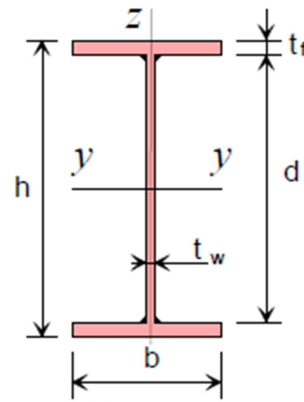
Con ésta combinación de esfuerzos se obtiene un momento flector máximo respecto al eje de flexión Y $M_{Ed,y} = -84,278 \text{ KNm}$. Al ser de valor negativo, indica que el ala comprimida será el ala inferior del perfil.

Para la comprobación a pandeo lateral se utiliza el mismo sistema que en el caso de la viga carril, donde se considera como una carga de compresión sobre el ala inferior del dintel la acción producida por el momento flector, y así aplicar el método de comprobación a flexión y axil combinados del CTE sobre la sección del ala, considerándola aislada del resto de la sección de la viga.

Las propiedades de la sección del perfil IPE 360 y del ala inferior son:

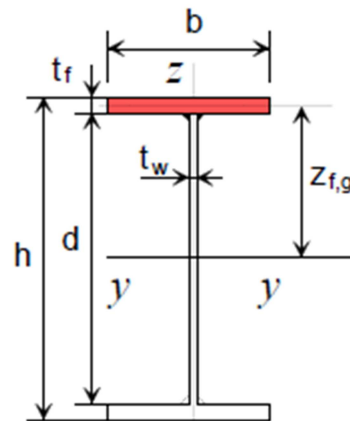
Datos del Perfil:

PERFIL IPE 360	
A	7270 mm^2
h	360 mm
b	170 mm
d	mm
t_f	$12,7 \text{ mm}$
t_w	8 mm
I_y	$162,7 \times 10^6 \text{ mm}^4$



Propiedades Cabeza del Perfil:

PERFIL IPE 360	
A_f	2159 mm^2
$I_{f,z}$	$5199,59 \times 10^3 \text{ mm}^4$
$W_{f,z}$	$61,171 \times 10^3 \text{ mm}^3$
$i_{f,z}$	$49,074 \text{ mm}$
$Z_{f,g}$	$173,65 \text{ mm}$
$S_{f,y}$	$x \times 10^3 \text{ mm}^3$



Primero se calcula la carga de compresión resultante del momento flector negativo sobre el ala inferior.

$$P_f = \frac{M_{Ed,y}}{I_y} * Z_{f,g} * A_f = \frac{84,278 \text{ KNm}}{162,7 \times 10^6 \text{ mm}^4} * 173,65 \text{ mm} * 2159 \text{ mm}^2;$$

$$P_f = 194,202 \text{ KN}$$

También actúan sobre la totalidad de la sección del dintel un esfuerzo axil de tracción $N_{Ed} = 52,398 \text{ KN}$.

Por lo tanto, el esfuerzo axial resultante sobre el ala inferior del dintel es el resultante de la suma de la carga de compresión producida por el momento flector y la carga de tracción sobre el dintel. De éste modo:

$$N_{Ed,f} = -194,202 \text{ KN} + 52,398 \text{ KN} = -141,804 \text{ KN}$$

Ahora se aplica la comprobación de estabilidad de la sección frente a flexión y axil combinados del CTE DB-SAE 6.3.4.2

$$\frac{N_{Ed,f}}{\chi_z * A_f * f_{yd}} + \alpha_y * k_y \frac{c_{m,y} * M_{yEd} + e_{N,y} * N_{Ed}}{W_y * f_{yd}} + k_z \frac{c_{m,z} * M_{zEd} + e_{N,z} * N_{Ed}}{W_z * f_{yd}} \leq 1$$

Respecto a la comprobación hay que decir que las componentes de $e_{N,y}$ y $e_{N,z}$ son cero, ya el esfuerzo de compresión coincide con el centro de gravedad del ala. M_{zEd} se desprecia, ya que su valor no alcanza a 1 KNm, por lo tanto será poco relevante en el resultado final. Y finalmente M_{yEd} tiene valor cero, ya que su acción se ha aplicado como carga puntual de compresión sobre el ala inferior. De este modo la ecuación de comprobación queda como:

$$\frac{N_{Ed,f}}{\chi_z * A_f * f_{yd}} \leq 1$$

La longitud de pandeo del ala inferior del dintel corresponde a la distancia donde el momento flector se hace cero y pasa a tener signo positivo, por lo que la longitud de pandeo es $l_k = 6264 - 4888 = 1376 \text{ mm}$.

Entonces la esbeltez del ala inferior queda:

$$\lambda_z = \frac{l_k}{i_z} = \frac{1376 \text{ mm}}{49,074 \text{ mm}} = 28,04$$

La esbeltez reducida:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{28,04}{86,81} = 0,323$$

Con el valor de la esbeltez reducida se entra en las curvas de pandeo, en éste caso depende la curva del tipo de perfil que se tiene, para el perfil IPE 360 corresponde la curva b, ya que el pandeo se produce respecto al eje z, y las propiedades del perfil son:

$$\frac{h}{b} = \frac{360 \text{ mm}}{170 \text{ mm}} = 2,11 > 1,2$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$$

Según la curva de pandeo b para un valor de $\bar{\lambda}_z = 0,323$ se tiene un valor de coeficiente de pandeo de $\chi_z = 0,949$.

Finalmente la comprobación queda:

$$\frac{141,804 \text{ KN}}{0,949 * 2159 \text{ mm}^2 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2} = 0,264 < 1$$

Por lo tanto, el ala inferior del dintel tiene un aprovechamiento de estabilidad frente a pandeo lateral del 26,4%.

COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA DE LA SECCIÓN

Se va a comprobar la resistencia de la sección del dintel frente a la combinación de axil y flexión combinados.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y Ed}}{M_{y Rd}} \leq 1$$

Se calculan las resistencias a axil y flexión en el eje y de la sección.

$$N_{Rd} = A * f_{yd} = 7270 \text{ mm}^2 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 1904,013 \text{ KN}$$

$$M_{y Rd} = W_y * f_{yd} = 90,4 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 236,757 \text{ KNm}$$

La comprobación final queda:

$$\frac{52,398 \text{ KN}}{1904,013 \text{ KN}} + \frac{84,278 \text{ KNm}}{236,757 \text{ KNm}} = 0,0276 + 0,356 = 0,3836 < 1$$

El dintel tendrá un aprovechamiento de la resistencia de su sección respecto a flexión y axil de tracción combinados del 38,36%.

8. CÁLCULO DE LOS PILARES HASTIALES

Los pilares hastiales estarán compuestos por un perfil IPE 300 de 10,8 metros de longitud entre ejes cada uno.

A continuación se comprueba el pilar izquierdo del pórtico de cierre, que está ligeramente más cargado que el derecho. Los pilares hastiales se suponen empotrados en la base y apoyado-articulado en la cabeza.

Las comprobaciones a realizar son de resistencia de la sección y estabilidad frente a esfuerzos axiales y de flexión combinados.

La combinación de esfuerzos más desfavorable para el pilar es la siguiente:

$$1.35CP + 1.05PG(+Y) + 1.05N + 1.5(V1b(0^\circ) + Marquesina(\varphi = 0)Abajo)$$

Con ésta combinación de se obtiene un esfuerzo axial de compresión de $N_{Ed} = 135,05 \text{ KN}$ y un momento flector respecto al eje y-y de $M_{Edy} = -129,201 \text{ KNm}$.

Las propiedades del perfil IPE 300 son las que se recogen en la tabla siguiente:

Datos del Perfil:

IPE 300	
A	5380 mm^2
h	300 mm
b	150 mm
I_y	$83,6 \times 10^6 \text{ mm}^4$
W_y	$557 \times 10^3 \text{ mm}^3$
i_y	125 mm
i_z	$33,5 \text{ mm}$

Tabla 8.1

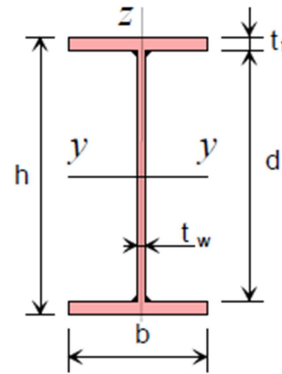


Imagen 8.1

Primero se realiza la comprobación de resistencia de la sección a la combinación de esfuerzos de compresión y de flexión:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{yEd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{zRd}} \leq 1$$

El momento flector respecto al eje z se desprecia ya que tiene un valor próximo a 1 KNm y no será influyente en el resultado final, por lo que la ecuación queda finalmente como:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{yEd}}{M_{yRd}} \leq 1$$

Las propiedades resistentes del perfil se calculan como:

$$N_{Rd} = A * f_{yd} = 5380 \text{ mm}^2 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 1409,022 \text{ KN}$$

$$M_{yRd} = W_y * f_{yd} = 557 \times 10^3 \text{ mm}^3 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 145,878 \text{ KNm}$$

Por lo que la comprobación queda:

$$\frac{135,05 \text{ KN}}{1409,022 \text{ KN}} + \frac{129,201 \text{ KNm}}{145,878 \text{ KNm}} = 0,096 + 0,8857 = 0,9817$$

De éste modo se puede decir que la resistencia a esfuerzos axiles y flectores combinados de la sección del pilar hastial tendrá un aprovechamiento del 98,17 %.

El siguiente paso es comprobar la estabilidad del pilar a la acción combinada de esfuerzos axiles de compresión y esfuerzos flectores.

Primero comprobamos en el eje fuerte (Eje y).

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * A * f_{yd}} + k_y \frac{c_{m,y} * M_{yEd} + e_{N,y} * N_{Ed}}{W_y * f_{yd}} + \alpha_z * k_z \frac{c_{m,z} * M_{zEd} + e_{N,z} * N_{Ed}}{W_z * f_{yd}} \leq 1$$

Como se ha dicho en el apartado anterior, se desprecia la acción de M_{zEd} y las componentes de excentricidad de la componente axial, de éste modo la ecuación se reduce a:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * A * f_{yd}} + k_y \frac{c_{m,y} * M_{yEd}}{W_y * f_{yd}} \leq 1$$

Ahora, hay se debe obtener los valores de las constantes de la ecuación.

Para conocer el valor de χ_y se debe conocer primero el valor de la longitud de pandeo respecto al eje y-y del pilar. Ésta longitud depende de las condiciones de apoyo del pilar, como se trata de un pilar empotrado en la base y apoyado-articulado en la cabeza, el coeficiente de pandeo $\beta = 0,7$, por lo que la longitud de pandeo quedará como:

$$l_{k\ x-z} = l * \beta = 10800\ mm * 0,7 = 7560\ mm$$

Tras conocer la longitud de pandeo, se puede calcular la esbeltez mecánica respecto al eje y-y del pilar.

$$\lambda_y = \frac{l_{k\ x-z}}{i_y} = \frac{7560\ mm}{125\ mm} = 60,48$$

Con el valor de la esbeltez mecánica se calcula el valor de la esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{60,48}{86,81} = 0,7$$

Ahora con el valor de la esbeltez reducida puede irse a las curvas de pandeo para obtener el coeficiente de reducción por pandeo respecto al eje y-y χ_y . Para el tipo de perfil IPE 300 la curva de pandeo a aplicar depende de unas condiciones establecidas por el CTE DB-SA, y que relaciona las curvas de pandeo, con el eje de pandeo y con determinadas propiedades de la sección del perfil.

Las características de la sección del perfil son:

$$\frac{h}{b} = \frac{300 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 2 > 1,2$$

$$t_f = 10,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$$

Y en éste caso el eje de pandeo será y-y, por lo que la curva de pandeo correspondiente es la curva a.

El valor de esbeltez reducida que se ha obtenido anteriormente está tabulado, por lo que para $\bar{\lambda}_y = 0,7$ se obtiene $\chi_y = 0,848$.

El cálculo del coeficiente de momento equivalente $c_{m,y}$ depende del diagrama de momentos flectores para la combinación de esfuerzos más desfavorables, de modo que se obtiene un diagrama similar al de la Imagen 8.2..

Donde el coeficiente $\Psi=0$ ya que la cabeza del pilar se considera articulada, y por lo tanto el momento flector será cero.

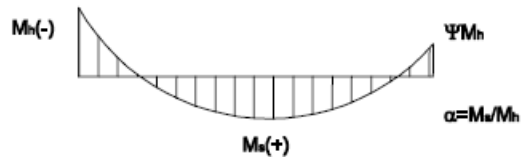


Imagen 8.2

Respecto al momento máximo flector positivo, se produce en el punto central del pilar con un valor de $M_s = 63,615 \text{ KNm}$ y por otro lado, el momento flector máximo negativo se produce en la base, con un valor $M_h = -129,201 \text{ KNm}$. La relación entre estos dos valores será:

$$\alpha = \frac{M_s}{M_h} = \frac{63,615 \text{ KNm}}{-129,201 \text{ KNm}} = -0,5$$

El cálculo de $c_{m,y}$ se realiza en función del valor de α . Para éste caso, el cálculo del coeficiente de momento equivalente se realiza según:

$$c_{m,y} = 0,1 - 0,8\alpha \geq 0,4$$

Ya que el valor de α se encuentra entre -1 y 0. Por lo que el valor que se obtiene de $c_{m,y}$ es:

$$c_{m,y} = 0,1 - 0,8(-0,5) = 0,5$$

Por último solo falta conocer el valor del coeficiente de interacción k_y . Al tratarse de una sección en I, la ecuación de cálculo para k_y es:

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{c,Rd}}$$

$$k_y = 1 + (0,7 - 0,2) \frac{135,05 \text{ KN}}{0,848 * 1409,022 \text{ KN}} = 1,057$$

Finalmente solo queda sustituir los valores en la ecuación de la comprobación.

$$\frac{135,05 \text{ KN}}{0,848 * 1409,022 \text{ KN}} + 1,057 \frac{0,5 * 129,201 \text{ KNm}}{145,878 \text{ KNm}} = 0,1131 + 0,4681 = 0,5812$$

Por lo que el pilar hastial tendrá un aprovechamiento de estabilidad frente al pandeo respecto del eje y-y del 58,12% cuando se combinan esfuerzos axiales y flectores.

Ahora hay que comprobar la estabilidad del pilar frente al pandeo respecto al eje z-z (eje débil).

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * A * f_{yd}} + \alpha_y * k_y \frac{c_{m,y} * M_{yEd} + e_{N,y} * N_{Ed}}{W_y * f_{yd}} + k_z \frac{c_{m,z} * M_{zEd} + e_{N,z} * N_{Ed}}{W_z * f_{yd}} \leq 1$$

Como ya se ha dicho, se desprecia la acción de M_{zEd} y las componentes de excentricidad de la componente axial, de éste modo la ecuación se reduce a:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * A * f_{yd}} + \alpha_y * k_y \frac{c_{m,y} * M_{yEd}}{W_y * f_{yd}} \leq 1$$

Para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo respecto al eje z-z primero se debe conocer el valor de la longitud de pandeo respecto al eje z-z, en éste caso, dicha longitud será la distancia entre las correas que se coloquen en la fachada del pórtico hastial, cómo dichas correas estarán separadas entre sí 2 metros, la longitud de pandeo será $l_{k\ x-y} = 2000 \text{ mm}$, por lo que ya se puede calcular la esbeltez mecánica respecto al eje z-z.

$$\lambda_z = \frac{l_{k\ x-y}}{i_z} = \frac{2000 \text{ mm}}{33,5 \text{ mm}} = 59,7$$

Conocido éste valor, se calcula la esbeltez reducida respecto al eje z-z.

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{59,7}{86,81} = 0,688 \approx 0,7$$

Con el valor de la esbeltez reducida se puede ir a las curvas de pandeo. La curva de pandeo para éste caso será la curva b, ya que en éste caso el eje de pandeo es el z-z. De modo que, para $\bar{\lambda}_z = 0,7$ se obtiene $\chi_z = 0,784$.

Respecto al valor del coeficiente α_y se obtiene de la Tabla 6.8 para una sección de clase 1 y 2 es $\alpha_y = 0,6$.

Finalmente queda sustituir los valores en la ecuación de comprobación del pilar, de modo que el resultado es:

$$\frac{135,05 \text{ KN}}{0,784 * 1409,022 \text{ KN}} + 0,6 * 1,057 \frac{0,5 * 129,201 \text{ KNm}}{145,878 \text{ KNm}} = 0,123 + 0,281 = 0,404$$

Por lo que el pilar hastial tendrá un aprovechamiento de estabilidad frente al pandeo respecto del eje z-z del 40,4% cuando se combinan esfuerzos axiales y flectores.

9. CÁLCULO DE LOS ARRIOSTRAMIENTOS

9.1 ARRIOSTRAMIENTOS DE CUBIERTA

Los arriostramientos de cubierta estarán formados por montantes de turbo estructural cuadrado y tirantes de perfil redondo macizo.

COMPROBACIÓN MONTANTES

Los montantes estarán compuestos por perfiles de acero cuadrados conformados en frío #80x6. Las propiedades de la sección de los montantes se recogen en la siguiente Tabla.

#80x6	
Área	1650 mm ²
<i>h</i>	80 mm
<i>b</i>	80 mm
<i>i_y</i>	29,5 mm
<i>i_z</i>	29,5 mm

Tabla 9.1

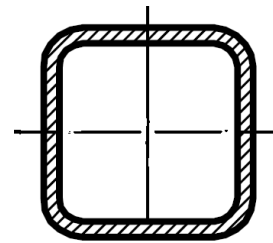


Imagen 9.1

Se comprobará la resistencia de la sección del montante 2, ya que es el más solicitado, frente a esfuerzos de compresión.

La combinación más desfavorable de esfuerzos es la siguiente.

$$1,35PP + 1,05PG(+Y) + 1,5V2(270^\circ)$$

Con dicha combinación, se obtiene un esfuerzo máximo de compresión de $N_{Ed} = -26,88 \text{ KN}$.

Según el apartado 6.3.2 del CTE DB-SE-A se comprueba la resistencia de la sección a compresión como:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

Siendo $N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd}$.

De modo que hay que calcular el coeficiente de reducción por pandeo. La longitud de pandeo será la misma tanto en el plano x-z, como en el plano x-y, la distancia entre ejes, en éste caso $l_k = 5000mm$. Por lo que la esbeltez mecánica de la barra queda:

$$\lambda = \frac{l_k}{i} = \frac{5000mm}{29,5mm} = 169,5$$

Conocida la esbeltez mecánica se calcula la esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{169,5}{86,81} = 1,95$$

La curva de pandeo es la curva c, ya que se trata de un perfil laminado en frío, de modo que se toma un valor de $\bar{\lambda} = 1,96$, ya que el calculado no está tabulado y de éste modo se está por el lado de la seguridad, se tiene que $\chi = 0,203$.

Ahora se puede calcular la resistencia de la sección frente a pandeo.

$$N_{b,Rd} = 0,203 * 1650mm^2 * 0,2619 KN/mm^2 = 87,73 KN$$

Tras esto, se sustituyen los valores en la ecuación de la comprobación.

$$\frac{26,88 KN}{87,73 KN} = 0,3064$$

De modo que se puede decir que el montante más cargado del arriostramiento de cubierta trabajará como máximo al 30,64% de la resistencia de su sección a esfuerzos axiales de compresión.

COMPROBACIÓN TIRANTES

Los tirantes de los arriostramientos de cubierta estarán compuestos por perfiles redondos de acero, de un diámetro de 18 mm. Las propiedades de la sección de los tirantes se recogen en la siguiente Tabla.

Ø 18	
Área	255 mm ²

Tabla 9.2

Se comprobará la resistencia de la sección del tirante 14, ya que es el más solicitado, frente a esfuerzos de tracción.

La combinación más desfavorable de esfuerzos es la siguiente.

$$1,35PP + 1,05PG(-Y) + 1,5(V1(180^\circ) + Marq(\varphi = 1)Abajo)$$

Con dicha combinación, se obtiene un esfuerzo máximo de tracción de $N_{Ed} = 55,58 \text{ KN}$.

Según el apartado 6.3.1 del CTE DB-SE-A se comprueba la resistencia de la sección a tracción como:

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

Se calcula la resistencia de la sección sometida a esfuerzos de tracción.

$$N_{t,Rd} = A * f_{yd} = 255 \text{ mm}^2 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 66,78 \text{ KN}$$

Por lo que la comprobación a tracción queda:

$$\frac{55,58 \text{ KN}}{66,78 \text{ KN}} = 0,8322$$

De modo que se puede decir que la sección del tensor más solicitado de los arriostramientos de cubierta, trabajará como máximo al 83,22% de su resistencia a tracción.

9.2 ARRIOSTRAMIENTOS LATERALES

Los arriostramientos laterales estarán formados por montantes de tubo estructural cuadrado y tirantes de perfil redondo macizo.

COMPROBACIÓN MONTANTES

Los montantes estarán compuestos por dos tipos de perfiles de acero cuadrados conformados en frío #80x6 y #120x6. Solamente se comprobará la resistencia a compresión del tubo estructural #80.6 ya que en la estructura está más solicitado que el tubo #120.6 y tiene menor sección, por lo que es más desfavorable.

Las propiedades de la sección del perfil #80x6 se recogen en la siguiente Tabla.

#80x6	
Área	1650 mm ²
<i>h</i>	80 mm
<i>b</i>	80 mm
<i>i_y</i>	29,5 mm
<i>i_z</i>	29,5 mm

Tabla 9.3

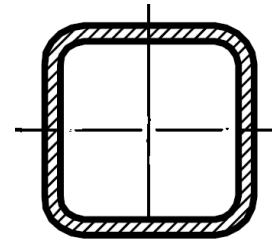


Imagen 9.2

La combinación más desfavorable de esfuerzos es la siguiente.

$$1,35PP + 1,05 N + 1,5V2(270^{\circ})$$

Con dicha combinación, se obtiene un esfuerzo máximo de compresión de $N_{Ed} = -24,38 \text{ KN}$.

Según el apartado 6.3.2 del CTE DB-SE-A se comprueba la resistencia de la sección a compresión como:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

Siendo $N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd}$.

De modo que hay que calcular el coeficiente de reducción por pandeo. La longitud de pandeo será la misma tanto en el plano x-z, como en el plano x-y, la distancia entre ejes, en éste caso $l_k = 5000 \text{ mm}$. Por lo que la esbeltez mecánica de la barra queda:

$$\lambda = \frac{l_k}{i} = \frac{5000 \text{ mm}}{29,5 \text{ mm}} = 169,5$$

Conocida la esbeltez mecánica se calcula la esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{169,5}{86,81} = 1,95$$

La curva de pandeo es la curva c, ya que se trata de un perfil laminado en frío, de modo que se toma un valor de $\bar{\lambda} = 1,96$, ya que el calculado no está tabulado y de éste modo se está por el lado de la seguridad, se tiene que $\chi = 0,203$.

Ahora se puede calcular la resistencia de la sección frente a pandeo.

$$N_{b,Rd} = 0,203 * 1650 \text{ mm}^2 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 87,73 \text{ KN}$$

Tras esto, se sustituyen los valores en la ecuación de la comprobación.

$$\frac{24,38 \text{ KN}}{87,73 \text{ KN}} = 0,2779$$

De modo que se puede decir que el montante más cargado del arriostramiento de cubierta trabajará como máximo al 27,79% de la resistencia de su sección a esfuerzos axiles de compresión.

COMPROBACIÓN TIRANTES

Los tirantes de los arriostramientos de cubierta estarán compuestos por perfiles redondos de acero, de un diámetro de 25 mm. Las propiedades de la sección de los tirantes se recogen en la siguiente Tabla.

Ø 25	
Área	491 mm ²

Tabla 9.4

Se comprobará la resistencia de la sección del tirante 3, ya que es el más solicitado, frente a esfuerzos de tracción.

La combinación más desfavorable de esfuerzos es la siguiente.

$$1,5(V2(270^\circ))$$

Con dicha combinación, se obtiene un esfuerzo máximo de tracción de $N_{Ed} = 49,96 \text{ KN}$.

Según el apartado 6.3.1 del CTE DB-SE-A se comprueba la resistencia de la sección a tracción como:

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

Se calcula la resistencia de la sección sometida a esfuerzos de tracción.

$$N_{t,Rd} = A * f_{yd} = 491 \text{ mm}^2 * 0,2619 \text{ KN/mm}^2 = 128,6 \text{ KN}$$

Por lo que la comprobación a tracción queda:

$$\frac{49,96 \text{ KN}}{128,6 \text{ KN}} = 0,3885$$

De modo que se puede decir que la sección del tensor más solicitado de los arriostramientos laterales, trabajará como máximo al 38,85% de su resistencia a tracción.

10. CÁLCULO DE LAS PLACAS DE ANCLAJE

La estructura tendrá dos tipos de placas de anclaje, el primer tipo serán las que unirán los pilares principales de la estructura de perfil metálico IPE 500 con la cimentación, y el segundo tipo serán las que unirán a los pilares hastiales o de cierre con la cimentación.

PLACAS DE ANCLAJE PARA PILARES PRINCIPALES

Para el cálculo de dichas placas se va a estudiar el caso concreto del pilar B del pórtico 2 ya que es el que está más solicitado de toda la estructura. La combinación de esfuerzos más desfavorable en la base del pilar será la que genere mayor momento flector sobre la placa de anclaje y por lo tanto, mayor excentricidad, dicha combinación es:

$$1,35PP + 1,5 N + 1,05PG(+Y) + 0,9[V1b(0^\circ) + Maquesina(\varphi = 0)Abajo]$$

Ésta combinación de esfuerzos genera esfuerzo de compresión, flexión y cortante sobre la placa.

$$N_{Ed} = 395,066KN$$

$$M_{y,Ed} = 577,272KNm$$

$$V_{Ed} = 87,838KN$$

Conociendo estos esfuerzos se puede calcular la excentricidad que provoca el momento flector.

$$e = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{577,272KNm}{395,066KN} = 1,461m$$

Las dimensiones geométricas de la placa de anclaje que se plantean son las siguientes:

$$a = 800mm \quad b = 650mm \quad d = 50mm$$

Donde a es la longitud de la placa de anclaje, b es la anchura de la placa y d es la distancia entre uno de los pernos de anclaje y el borde de la placa. La placa contará con 6 pernos de anclaje, 3 en cada uno de los extremos.

Para que se cumpla el modo triangular de distribución de tensiones sobre la placa debe cumplirse la condición $e > a/6$.

$$e > \frac{a}{6} = \frac{800mm}{6} = 133,3mm$$

Luego la excentricidad es mayor, de modo que se puede confirmar que la distribución de tensiones es de modo triangular.

Para simplificar el cálculo, se va a considerar la utilización del modelo simplificado para grandes excentricidades. Éste modelo consiste en tomar como distancia en la zona que la placa está sometida a compresión (x) con un valor de $x = a/4$ y los pernos del otro extremo estarán sometidos a tracción.

El esfuerzo de compresión que actuará sobre la placa se puede calcular para el modelo simplificado como:

$$\sigma_c = \frac{4[M_{y,Ed} + (\frac{a}{2} - d)N_{Ed}]}{(\frac{7a}{8} - d)ab}$$

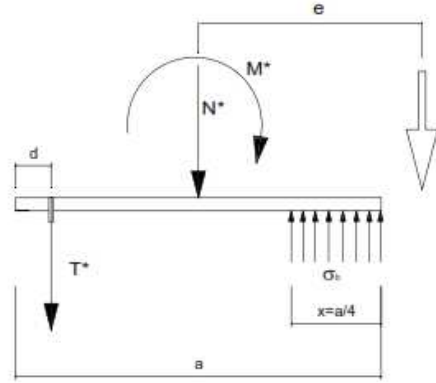


Imagen 10.1 Esquema de cargas para gran excentricidad

Sustituyendo valores:

$$\sigma_c = \frac{4[577,272 \times 10^6 \text{ Nmm} + (\frac{800 \text{ mm}}{2} - 50 \text{ mm}) 395066 \text{ N}]}{(\frac{7 * 800 \text{ mm}}{8} - 50 \text{ mm}) 800 \text{ mm} * 650 \text{ mm}} = 8,468 \text{ MPa}$$

El esfuerzo de tracción sobre cada uno de los pernos sometidos a tracción se obtiene según:

$$T_p = \frac{1}{n_p} [\sigma_c \frac{a}{4} b - N_{Ed}]$$

Donde n_p es el número de pernos que están sometidos al esfuerzo de tracción. En este caso es 3.

Sustituyendo valores en la ecuación queda:

$$T_p = \frac{1}{3} \left[8,468 \text{ MPa} \frac{800 \text{ mm}}{4} 650 \text{ mm} - 395066 \text{ N} \right] = 235,258 \text{ KN}$$

A continuación se realizan las comprobaciones necesarias.

La primera es comprobar si el hormigón de la zapata resistirá el esfuerzo de compresión. El hormigón de la zapata será HA-25 y la condición de resistencia será que el esfuerzo de compresión no supere el 85% de la resistencia minorada del hormigón armado.

$$\sigma_{\max} < 0,85 f_{cd}$$

$$\text{Donde } f_{cd} = \frac{f_c}{\gamma_c} = \frac{25MPa}{1,5} = 16,67MPa$$

La condición queda: $8,468MPa < 0,85(16,67MPa) = 14,17MPa$. De modo que el hormigón de la zapa cumple la comprobación de resistencia. Trabaja al 61% de su resistencia máxima.

La siguiente comprobación a realizar es la de resistencia de los pernos de anclaje frente al esfuerzo de tracción.

Por cuantía mínima geométrica, el área de los pernos de anclaje deberá ser el 2,8 ‰ de la sección de hormigón.

$$A_p > \frac{2,8}{1000} ab = \frac{2,8}{1000} 800mm * 600mm = 1456mm^2$$

Al colocarse tres pernos en la zona de tracción, el área necesaria de la sección de cada uno de los pernos deberá ser:

$$A_p > \frac{1459mm^2}{3} = 485,36mm^2$$

Por lo que el diámetro mínimo será de:

$$\phi_{min} \geq \sqrt{\frac{4A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 485,36mm^2}{\pi}} = 24,85mm$$

Se escogen pernos de acero corrugado 500S de diámetro 32mm cuya sección tiene un área de $A_p = 804,25mm^2$.

Se comprobará si cada uno de los pernos está sometido a una tensión de Von Mises mayor a su resistencia, ya que cada perno estará sometido a esfuerzos de tracción y cortante combinados.

La resistencia de cada perno de anclaje viene dada por:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1,15} = 434,78MPa$$

La tensión de tracción sobre cada perno será:

$$\sigma_p = \frac{T_p}{A_p} = \frac{235258N}{804,25mm^2} = 292,52MPa$$

Y la tensión de cizalladura:

$$\tau_p = \frac{V_{Ed}}{n_p A_p} = \frac{87838N}{3(804,25mm^2)} = 36,4MPa$$

Por lo que la Tensión de Von Mises queda:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_p)^2 + 3(\tau_p)^2} = \sqrt{(292,52MPa)^2 + 3(36,4MPa)^2} = 299,237MPa$$

Luego es menor que la resistencia máxima del acero. El aprovechamiento máximo de la tensión resistente del acero de cada uno de los pernos de anclaje será de:

$$\frac{299,237MPa}{434,78MPa} = 0.688 \Rightarrow 68,8\%$$

El siguiente paso es calcular la longitud mínima de anclaje de los pernos para condiciones de adherencia deficiente según la norma EHE08.

$$lb_{//} = 1,4m\phi^2 \geq \frac{f_{yk}}{14}\phi$$

Siendo $m = 1,5$ para hormigón armado HA-25 y acero corrugado 500S.

$$lb_{//} = 1,4(1,5)(32mm)^2 \geq \frac{500MPa}{14} 32mm$$

$$lb_{//} = 2150,4 \geq 1142,86$$

La longitud neta de anclaje se define en la norma EHE08 como:

$$l_{b,neto} = l_b \beta \frac{A_s}{A_{s,real}}$$

Donde $A_s = \frac{T_p}{f_{yd}} = \frac{235258N}{434,78MPa} = 804,25mm^2$ y $\beta = 0,7$ al tratarse de anclaje en patilla y estar sometido el perno a tracción. De modo que la ecuación queda:

$$l_{b,neto} = 2150,4mm * 0,7 \frac{541,094mm^2}{804,25mm^2} = 1013mm$$

La longitud de la patilla deberá tener una longitud menor a 5ϕ según la norma EHE08. De modo que se toman 100mm para dicha longitud.

Por último falta comprobar la resistencia de la placa frente a los esfuerzos de flexión. El esfuerzo máximo de flexión sobre la placa puede ser el momento flector producido por el esfuerzo de tracción que actúa sobre los pernos de anclaje o el momento flector producido por la tensión de compresión sobre el hormigón.

El momento flector producido por el esfuerzo de tracción viene dado por la ecuación:

$$M_{pl}^1 = n_p T_p \left(\frac{a - a_0}{2} - d \right)$$

Donde $a = 800$, $a_0 = 490\text{mm}$ y $d = 50\text{mm}$.

a_0 es el canto del perfil IPE500.

$$M_{pl}^1 = 3 * 235258\text{N} \left(\frac{800\text{mm} - 490\text{mm}}{2} - 50\text{mm} \right) = 74,107\text{KNm}$$

El momento flector producido por el esfuerzo compresión viene dado por la ecuación:

$$M_{pl}^2 = \sigma_c^p b \frac{v^2}{2} + (\sigma_c - \sigma_c^p) b \frac{v^2}{3}$$

Donde $\sigma_c^p = \sigma_c \frac{x-v}{v}$ siendo $x = a/4$ y $v = 155\text{mm}$.

v es el vuelo de la placa.

$$\sigma_c^p = 8,468\text{MPa} \frac{200\text{mm} - 155\text{mm}}{155\text{mm}} = 2,46\text{MPa}$$

De modo que:

$$M_{pl}^2 = 2,46\text{MPa} * 650\text{mm} \frac{(155\text{mm})^2}{2} + (8,468\text{MPa} - 2,46\text{MPa}) 650\text{mm} \frac{(155\text{mm})^2}{3} = 50,482\text{KNm}$$

Por lo que el cálculo de resistencia a flexión se realizará tomando el momento flector producido sobre la placa por el esfuerzo de tracción en los pernos.

La placa tendrá un espesor de 30mm y además tendrá dos rigidizadores soldados a ambos lados del perfil IPE500 en su dirección longitudinal. Las dimensiones de cada uno de los rigidizadores serán 800mm de largo, 250mm de alto y 11mm de espesor.

De modo que el área de la sección del conjunto de la placa de anclaje se calcula como:

$$A = b e_{pl} + n_c h_c e_c$$

Siendo:

e_{pl} el espesor de la placa.

n_c el número de rigidizadores.

h_c altura de cada uno de los rigidizadores.

e_c el espesor de cada uno de los rigidizadores.

El área total es:

$$A = 650mm * 30mm + 2 * (250mm * 11mm) = 25000mm^2$$

Por otro lado, es necesario calcular la altura a la que se encuentra el centro de gravedad de la placa según la ecuación:

$$Y_G = \frac{E}{A}$$

Donde

$$E = b \frac{e_{pl}^2}{2} + n_c h_c e_c \left(e_{pl} + \frac{h_c}{2} \right)$$

$$E = 650mm \frac{(30mm)^2}{2} + 2(250mm * 11mm) \left(30mm + \frac{250mm}{2} \right) = 1145000mm^3$$

Por lo que la altura a la que se encuentra el centro de gravedad es:

$$Y_G = \frac{1145000mm^3}{25000mm^2} = 45,8mm$$

La inercia de la sección de la placa de anclaje respecto al eje Y-Y se calcula según:

$$I = \frac{b e_{pl}^3}{12} + b e_{pl} \left(Y_G - \frac{e_{pl}}{2} \right) + n_c \left[\frac{e_c h_c^3}{12} + e_c h_c \left(\frac{h_c}{2} + e_{pl} - Y_G \right)^2 \right]$$

Sustituyendo valores la inercia queda:

$$I = 87,812 \times 10^6 mm^4$$

El módulo plástico del conjunto de la sección será el menor entre el módulo plástico de la zona inferior de la placa y la zona superior.

$$W_{pl} = \min(W_s, W_i)$$

Siendo $W_s = \frac{I}{h_c + e_{pl} - Y_G}$ y $W_i = \frac{I}{Y_G}$ sustituyendo valores se obtiene.

$$W_s = 374,944 \times 10^3 mm^3$$

$$W_i = 1917,29 \times 10^3 mm^3$$

De modo que el módulo plástico será:

$$W_{pl} = 374,944 \times 10^3 mm^3$$

Por lo que el momento resistente de la sección de la placa de anclaje se calculará como:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} * f_{yd} = 374,944 \times 10^3 \text{ mm}^3 * \frac{0,2619 \text{ KN}}{\text{mm}^2} = 99,198 \text{ KNm}$$

Finalmente se realiza la comprobación de resistencia frente a esfuerzos de flexión.

$$\frac{M_{pl,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{74,107 \text{ KNm}}{99,198 \text{ KNm}} = 0,747 < 1$$

Luego se puede concluir que la placa de anclaje estará sometida a un esfuerzo de flexión máximo equivalente al 74,7% de su máxima resistencia a flexión.

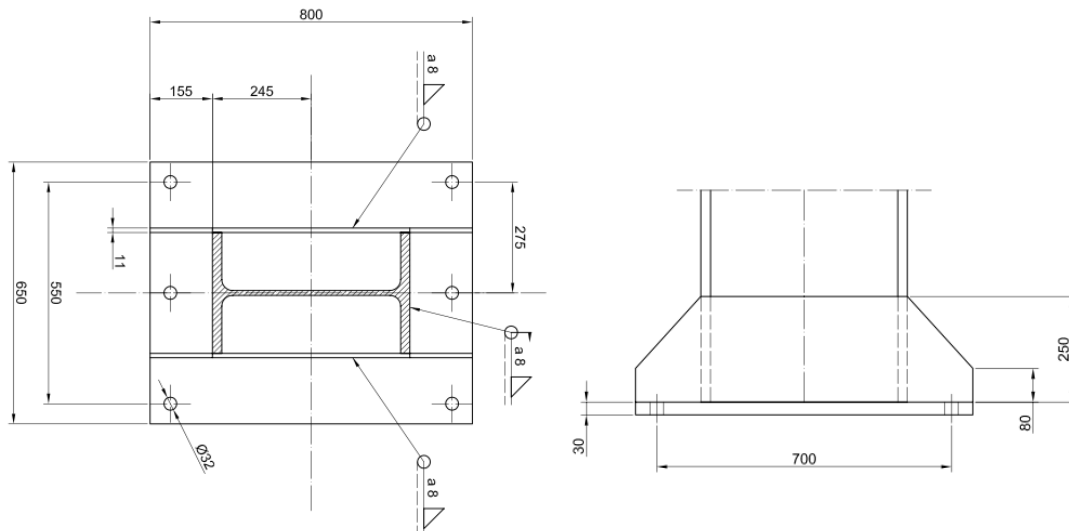


Imagen10.2 Placa de anclaje final

PLACAS DE ANCLAJE PARA PILARES HASTIALES

Para el cálculo de dichas placas se va a estudiar el caso concreto de uno de los pilares de los pórticos de cierre. La combinación de esfuerzos más desfavorable en la base del pilar será la que genere mayor momento flector sobre la placa de anclaje y por lo tanto, mayor excentricidad, dicha combinación es:

$$1,35PP + 1,5[V1a(180^\circ) + Maquesina(\varphi = 1)Arriba]$$

Esta combinación de esfuerzos genera esfuerzo de compresión, flexión y cortante sobre la placa.

$$N_{Ed} = 28,75KN$$

$$M_{y,Ed} = 129,383KNm$$

$$V_{Ed} = 57,585KN$$

Conociendo estos esfuerzos se puede calcular la excentricidad que provoca el momento flector.

$$e = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{129,383KNm}{28,75KN} = 4,5m$$

Las dimensiones geométricas de la placa de anclaje que se plantean son las siguientes:

$$a = 550mm \quad b = 400mm \quad d = 50mm$$

Donde a es la longitud de la placa de anclaje, b es la anchura de la placa y d es la distancia entre uno de los pernos de anclaje y el borde de la placa. La placa contará con 6 pernos de anclaje, 3 en cada uno de los extremos.

Para que se cumpla el modo triangular de distribución de tensiones sobre la placa debe cumplirse la condición $e > a/6$.

$$e > \frac{a}{6} = \frac{550mm}{6} = 91,66mm$$

Luego la excentricidad es mayor, de modo que se puede confirmar que la distribución de tensiones es de modo triangular.

Para simplificar el cálculo, se va a considerar la utilización del modelo simplificado para grandes excentricidades. Éste modelo consiste en tomar como distancia en la zona que la placa está sometida a compresión (x) con un valor de $x = a/4$ y los pernos del otro extremo estarán sometidos a tracción.

El esfuerzo de compresión que actuará sobre la placa se puede calcular para el modelo simplificado como:

$$\sigma_c = \frac{4[M_{y,Ed} + (\frac{a}{2} - d)N_{Ed}]}{(\frac{7a}{8} - d)ab}$$

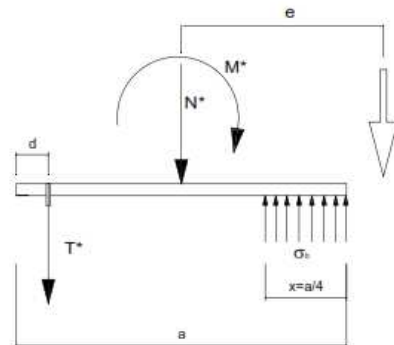


Imagen10.3 Esquema de cargas para grandes excentricidades.

Sustituyendo valores:

$$\sigma_c = \frac{4[129,383 \times 10^6 \text{ Nmm} + \left(\frac{550 \text{ mm}}{2} - 50 \text{ mm}\right) 28750 \text{ N}]}{\left(\frac{7 * 550 \text{ mm}}{8} - 50 \text{ mm}\right) 550 \text{ mm} * 400 \text{ mm}} = 5,73 \text{ MPa}$$

El esfuerzo de tracción sobre cada uno de los pernos sometidos a tracción se obtiene según:

$$T_p = \frac{1}{n_p} [\sigma_c \frac{a}{4} b - N_{Ed}]$$

Donde n_p es el número de pernos que están sometidos al esfuerzo de tracción. En este caso es 3.

Sustituyendo valores en la ecuación queda:

$$T_p = \frac{1}{3} \left[5,73 \text{ MPa} \frac{550 \text{ mm}}{4} 400 \text{ mm} - 28750 \text{ N} \right] = 95,467 \text{ KN}$$

A continuación se realizan las comprobaciones necesarias.

La primera es comprobar si el hormigón de la zapata resistirá el esfuerzo de compresión. El hormigón de la zapata será HA-25 y la condición de resistencia será que el esfuerzo de compresión no supere el 85% de la resistencia minorada del hormigón armado.

$$\sigma_{\text{máx}} < 0,85 f_{cd}$$

$$\text{Donde } f_{cd} = \frac{f_c}{\gamma_c} = \frac{25 \text{ MPa}}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

La condición queda: $5,73 \text{ MPa} < 0,85(16,67 \text{ MPa}) = 14,17 \text{ MPa}$. De modo que el hormigón de la zapa cumple la comprobación de resistencia. Trabaja al 40,5% de su resistencia máxima.

La siguiente comprobación a realizar es la de resistencia de los pernos de anclaje frente al esfuerzo de tracción.

Por cuantía mínima geométrica, el área de los pernos de anclaje deberá ser el 2,8 ‰ de la sección de hormigón.

$$A_p > \frac{2,8}{1000} ab = \frac{2,8}{1000} 550 \text{ mm} * 400 \text{ mm} = 616 \text{ mm}^2$$

Al colocarse tres pernos en la zona de tracción, el área necesaria de la sección de cada uno de los pernos deberá ser:

$$A_p > \frac{616 \text{ mm}^2}{3} = 205,333 \text{ mm}^2$$

Por lo que el diámetro mínimo será de:

$$\phi_{min} \geq \sqrt{\frac{4A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 205,333mm^2}{\pi}} = 16,17mm$$

Se escogen pernos de acero corrugado 500S de diámetro 20mm cuya sección tiene un área de $A_p = 314,16mm^2$.

Se comprobará si cada uno de los pernos está sometido a una tensión de Von Mises mayor a su resistencia, ya que cada perno estará sometido a esfuerzos de tracción y cortante combinados.

La resistencia de cada perno de anclaje viene dada por:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s} = \frac{500MPa}{1,15} = 434,78MPa$$

La tensión de tracción sobre cada perno será:

$$\sigma_p = \frac{T_p}{A_p} = \frac{95,467N}{314,16mm^2} = 303,88MPa$$

Y la tensión de cizalladura:

$$\tau_p = \frac{V_{Ed}}{n_p A_p} = \frac{57585N}{3(314,16mm^2)} = 61,1MPa$$

Por lo que la Tensión de Von Mises queda:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(\sigma_p)^2 + 3(\tau_p)^2} = \sqrt{(303,88MPa)^2 + 3(61,1MPa)^2} = 321,78MPa$$

Luego es menor que la resistencia máxima del acero. El aprovechamiento máximo de la tensión resistente del acero de cada uno de los pernos de anclaje será de:

$$\frac{321,78MPa}{434,78MPa} = 0.74 \Rightarrow 74\%$$

El siguiente paso es calcular la longitud mínima de anclaje de los pernos para condiciones de adherencia deficiente según la norma EHE08.

$$l_{b//} = 1,4m\phi^2 \geq \frac{f_{yk}}{14}\phi$$

Siendo $m = 1,5$ para hormigón armado HA-25 y acero corrugado 500S.

$$l_{b//} = 1,4(1,5)(20mm)^2 \geq \frac{500MPa}{14} 20mm$$

$$l_{b//} = 840 \geq 714,28$$

La longitud neta de anclaje se define en la norma EHE08 como:

$$l_{b,neto} = l_b \beta \frac{A_s}{A_{s,real}}$$

Donde $A_s = \frac{T_p}{f_{yd}} = \frac{95467N}{434,78MPa} = 219,574mm^2$ y $\beta = 0,7$ al tratarse de anclaje en patilla y estar sometido el perno a tracción. De modo que la ecuación queda:

$$l_{b,neto} = 840mm * 0,7 \frac{219,574mm^2}{314,16mm^2} = 411mm$$

La longitud de la patilla deberá tener una longitud menor a 5ϕ según la norma EHE08. De modo que se toman 100mm para dicha longitud.

Por último falta comprobar la resistencia de la placa frente a los esfuerzos de flexión. El esfuerzo máximo de flexión sobre la placa puede ser el momento flector producido por el esfuerzo de tracción que actúa sobre los pernos de anclaje o el momento flector producido por la tensión de compresión sobre el hormigón.

El momento flector producido por el esfuerzo de tracción viene dado por la ecuación:

$$M_{pl}^1 = n_p T_p \left(\frac{a - a_0}{2} - d \right)$$

Donde $a = 550$, $a_0 = 300mm$ y $d = 50mm$.

a_0 es el canto del perfil IPE300.

$$M_{pl}^1 = 3 * 95467N \left(\frac{550mm - 300mm}{2} - 50mm \right) = 21,48KNm$$

El momento flector producido por el esfuerzo compresión viene dado por la ecuación:

$$M_{pl}^2 = \sigma_c^p b \frac{v^2}{2} + (\sigma_c - \sigma_c^p) b \frac{v^2}{3}$$

Donde $\sigma_c^p = \sigma_c \frac{x-v}{v}$ siendo $x = a/4$ y $v = 125mm$.

v es el vuelo de la placa.

$$\sigma_c^p = 5,73MPa \frac{137,5mm - 125mm}{125mm} = 0,573MPa$$

De modo que:

$$M_{pl}^2 = 0,573MPa * 400mm \frac{(125mm)^2}{2} + (5,73MPa - 0,573MPa)400mm \frac{(125mm)^2}{3} = 12,535KNm$$

Por lo que el cálculo de resistencia a flexión se realizará tomando el momento flector producido sobre la placa por el esfuerzo de tracción en los pernos.

La placa tendrá un espesor de 20mm y además tendrá dos rigidizadores soldados a ambos lados del perfil IPE300 en su dirección longitudinal. Las dimensiones de cada uno de los rigidizadores serán 550mm de largo, 150mm de alto y 7mm de espesor.

De modo que el área de la sección del conjunto de la placa de anclaje se calcula como:

$$A = be_{pl} + n_ch_ce_c$$

Siendo:

e_{pl} el espesor de la placa.

n_c el número de rigidizadores.

h_c altura de cada uno de los rigidizadores.

e_c el espesor de cada uno de los rigidizadores.

El área total es:

$$A = 400mm * 20mm + 2 * (150mm * 7mm) = 10100mm^2$$

Por otro lado, es necesario calcular la altura a la que se encuentra el centro de gravedad de la placa según la ecuación:

$$Y_G = \frac{E}{A}$$

Donde

$$E = b \frac{e_{pl}^2}{2} + n_ch_ce_c \left(e_{pl} + \frac{h_c}{2} \right)$$

$$E = 400mm \frac{(20mm)^2}{2} + 2(150mm * 7mm) \left(20mm + \frac{150mm}{2} \right) = 279500mm^3$$

Por lo que la altura a la que se encuentra el centro de gravedad es:

$$Y_G = \frac{279500mm^3}{10100mm^2} = 27,67mm$$

La inercia de la sección de la placa de anclaje respecto al eje Y-Y se calcula según:

$$I = \frac{be_{pl}^3}{12} + be_{pl}\left(Y_G - \frac{e_{pl}^2}{2}\right) + n_c \left[\frac{e_ch_c^3}{12} + e_ch_c \left(\frac{h_c}{2} + e_{pl} - Y_G \right)^2 \right]$$

Sustituyendo valores la inercia queda:

$$I = 16,222x10^6mm^4$$

El módulo plástico del conjunto de la sección será el menor entre el módulo plástico de la zona inferior de la placa y la zona superior.

$$W_{pl} = \min(W_s, W_i)$$

Siendo $W_s = \frac{I}{h_c + e_{pl} - Y_G}$ y $W_i = \frac{I}{Y_G}$ sustituyendo valores se obtiene.

$$W_s = 113,9746x10^3mm^3$$

$$W_i = 586,267x10^3mm^3$$

De modo que el módulo plástico será:

$$W_{pl} = 113,9746x10^3mm^3$$

Por lo que el momento resistente de la sección de la placa de anclaje se calculará como:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} * f_{yd} = 113,9746x10^3mm^3 * \frac{0,2619KN}{mm^2} = 29,85KNm$$

Finalmente se realiza la comprobación de resistencia frente a esfuerzos de flexión.

$$\frac{M_{pl,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{21,48KNm}{29,85KNm} = 0,7196 < 1$$

Luego se puede concluir que la placa de anclaje estará sometida a un esfuerzo de flexión máximo equivalente al 71,96% de su máxima resistencia a flexión.

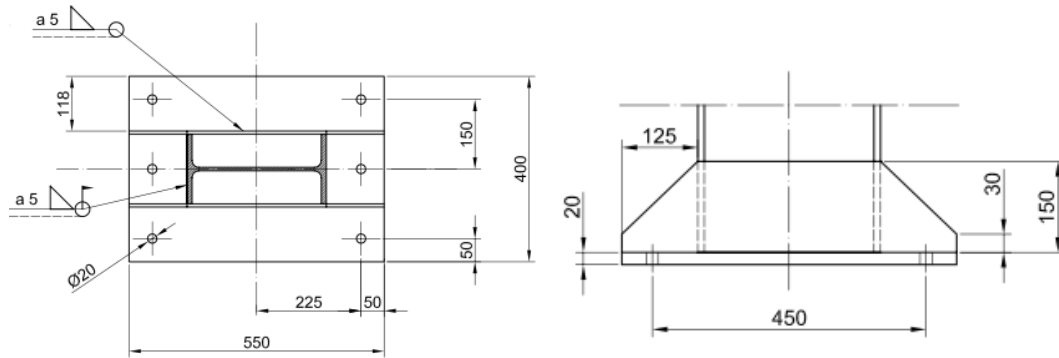


Imagen10.4 Placa de anclaje para pilar
hastial

11. CÁLCULO DE LA MÉNSULA PARA PUENTE GRÚA

La ménsula donde deberá ir apoyada la viga carril por la que circulará el puente grúa estará compuesta por una viga de acero de perfil HEA200 de 200mm de longitud al eje del perfil de la viga carril, de modo que constructivamente la ménsula tendrá 300mm de longitud.

La ménsula deberá soportar la reacción vertical máxima del puente grúa, así como la reacción provocada por el frenado del carro y que tendrá dirección perpendicular a la ménsula. La reacción vertical generará un esfuerzo flector en el arranque de la ménsula, por lo que la sección de la ménsula estará sometida a esfuerzo cortante, esfuerzo axial y a esfuerzo flector combinados. Por lo que se va a comprobar la resistencia de la sección de la ménsula ante dichos esfuerzos.

El esfuerzo axial que actúa sobre la sección de la ménsula se calculará sabiendo la reacción máxima provocada por el frenado del carro del puente grúa.

$$N_{Ed} = 7,172KN$$

El esfuerzo cortante que actúa sobre la sección de la ménsula se calculará sabiendo la reacción máxima del puente grúa.

$$V_{Ed} = 165,083KN$$

Y el momento flector que dicha reacción provoca será:

$$M_{y,Ed} = V_{Ed}d = 165,083KN * 0,2m = 33,017KNm$$

Las propiedades de la sección del perfil HEA200 son las recogidas en la siguiente tabla.

PERFIL HEA200	
A	5380 mm^2
h	190 mm
b	200 mm
d	134 mm
t_f	10 mm
t_w	$6,5 \text{ mm}$
r	18 mm
W_y	$389 \times 10^3 \text{ mm}^3$

Tabla 11.1

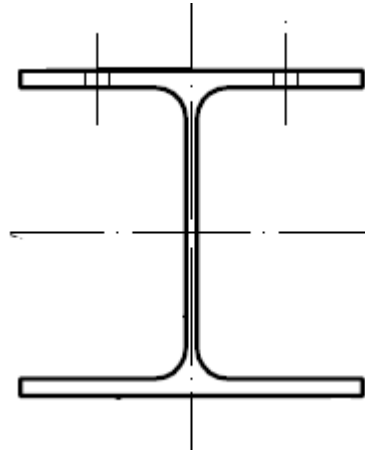


Imagen 11.2

El CTE-DB-SE-A en su apartado 6.2.8 apartado 3 establece que para casos de interacción de esfuerzos de flexión, axil y cortante el procedimiento de comprobación es:

- 3 Flexión, axil y cortante:
 - a) siempre que el cortante de cálculo no supere la mitad de la resistencia de cálculo de la sección (calculada en ausencia de otros esfuerzos), se emplearán las fórmulas de interacción dadas (véanse ecuaciones 6.11);
 - b) cuando el cortante de cálculo supere la mitad de la resistencia de cálculo de la sección (calculada en ausencia de otros esfuerzos), la resistencia de ésta para el conjunto de esfuerzos se determinará utilizando para el área de cortante un valor reducido del límite elástico (o alternativamente del espesor) conforme al factor $(1-\rho)$, viniendo ρ dado por la ecuación 6.13.

De modo que primero se calculará la resistencia de la sección a cortante según lo estipulado en el apartado 6.2.4.

6.2.4 Resistencia de las secciones a corte

- 1 El esfuerzo cortante de cálculo V_{Ed} será menor que la resistencia de las secciones a cortante, $V_{c,Rd}$, que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (6.4)$$

donde el término relativo al área a cortante tiene los siguientes valores:

- Perfiles en I o H cargados paralelamente al alma: $A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$
(Como simplificación se puede tomar $A_v = ht_w$)

Por lo que:

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$$

$$A_v = 5380 \text{ mm} - 2 * 200 \text{ mm} * 10 \text{ mm} + (2 * 18 \text{ mm} + 6,5 \text{ mm}) 10 \text{ mm} = 1805 \text{ mm}^2$$

La resistencia plástica a cortante será:

$$V_{pl,Rd} = 1805mm^2 \frac{0,2619KN/mm^2}{\sqrt{3}} = 272,93KN$$

La mitad de la resistencia de la sección a cortante será:

$$\frac{V_{pl,Rd}}{2} = \frac{272,93KN}{2} = 136,465KN > V_{Ed}$$

Luego se realizará la comprobación frente a esfuerzos de flexión y axil combinados.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{yEd}}{M_{yRd}} \leq 1$$

$$N_{Rd} = A * f_{yd} = 5380mm^2 * \frac{0,2619KN}{mm^2} = 1409,022KN$$

$$M_{yRd} = W_y * f_{yd} = 389 \times 10^3 mm^3 * \frac{0,2619KN}{mm^2} = 101,88KNm$$

Finalmente la comprobación queda:

$$\frac{7,172KN}{1409,022KN} + \frac{27,02KNm}{101,88KNm} = 0.0051 + 0.2652 = 0.2703 \leq 1$$

De modo que la ménsula propuesta cumple las condiciones de resistencia necesarias.

12. CÁLCULO DE UNIONES SOLDADAS

12.1 UNIÓN CORDONES DE LA CERCHA

Los perfiles que conforman la cercha estarán unidos entre sí, para formar un perfil continuo, mediante soldadura a chapas de 8mm de espesor.

La soldadura consistirá en dos cordones, uno superior y otro inferior para cada perfil. En el caso de los perfiles laminados con sección en L, los cordones de soldadura tendrán una longitud desigual, ya que el esfuerzo axil al que estarán sometidos generará un momento flector en el perfil ya que el eje longitudinal del perfil no coincide con el eje de simetría.

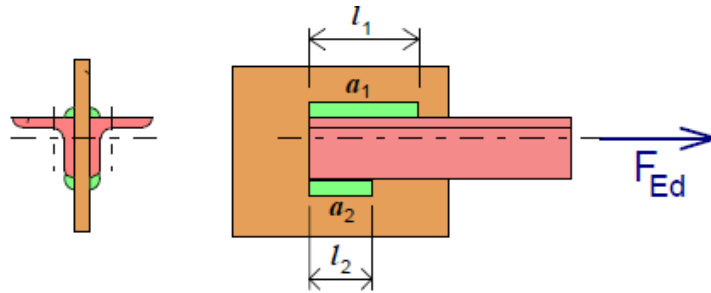


Imagen 12.1.1 Tipo de uniones a calcular para la cercha.

12.1.1 CORDÓN SUPERIOR UPN 180

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar donde se produce el esfuerzo axial mayor en el cordón superior y su valor.

El mayor esfuerzo axial se produce en el extremo superior de la barra 22 según la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05PG(+Y) + 1,5N + 0,9(V1b(0^\circ) + Maquesina(\varphi = 0)Arriba$$

$$N_{Ed} = -538,247KN$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, el menor espesor es el de la chapa, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Al estar compuesto el cordón superior por dos perfiles, el esfuerzo axial se reparte entre los dos.

$$N = \frac{538,247KN}{2} = 269,13KN$$

Dicho esfuerzo se repartirá de manera equitativa en los dos cordones de soldadura, de modo que el esfuerzo que deberá soportar cada cordón será:

$$F = \frac{269,13KN}{2} = 134,565KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(134565N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 108,29$$

Por cuestiones constructivas se redondea a $l = 110mm$

El cordón cumple las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

12.1.2 CORDÓN INFERIOR L-150x12

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar donde se produce el esfuerzo axil mayor en el cordón inferior y su valor.

El mayor esfuerzo axil se produce en el extremo derecho de la barra 21 según la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05PG(+Y) + 1,5N + 0,9(V1b(180^\circ) + Maquesina(\varphi = 1)Abajo$$

$$N_{Ed} = -677,41$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, el menor espesor es el de la chapa, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Al tratarse de un perfil con sección en L se debe calcular la relación entre las longitudes de los cordones superior e inferior para el centro de gravedad del esfuerzo coincide con el eje longitudinal del perfil. En las ecuaciones se referirá como cordón 1 al cordón inferior y como cordón 2 al cordón superior.

$$\frac{l_1 * a_1 * b_1}{l_2 * a_2 * b_2}$$

Donde b_1 y b_2 es la distancia del cordón superior e inferior al eje longitudinal del perfil. Las gargantas de los cordones tendrán el mismo espesor. Por lo que la ecuación queda:

$$\frac{l_1 * b_1}{l_2 * b_2}$$

$$b_1 = c + \frac{a_1}{2} = 41,2mm + \frac{5,6mm}{2} = 44mm$$

$$b_2 = h - c + \frac{a_2}{2} = 150mm - 41,2mm + \frac{5,6mm}{2} = 111,6mm$$

La relación entre los cordones de soldadura queda:

$$l_1 = \frac{l_2 * b_2}{b_1} = \frac{111,6mm * l_2}{44mm} = 2,536l_2$$

Al estar compuesto el cordón inferior por dos perfiles, el esfuerzo axil se reparte entre los dos.

$$N = \frac{677,41KN}{2} = 338,705KN$$

Ahora es necesario conocer el momento flector que se produce al hacer coincidir el eje de esfuerzo axil con el eje longitudinal del perfil.

$$M = N \left(\frac{h}{2} - c \right) = 338,705KN \left(\frac{150mm}{2} - 41,2mm \right) = 11,45KNm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Cada cordón deberá soportar la mitad del esfuerzo axil al que está sometido el perfil más el esfuerzo axil adicional que provoca el momento flector. Para el caso del cordón superior el esfuerzo que debe resistir el cordón será:

$$F_2 = \frac{N}{2} - \frac{M}{(h + a_1)} = \frac{338,705KN}{2} - \frac{11,45KNm}{(150 + 5,6) \times 10^{-3}m} = 95,767KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l_2 = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(95767N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 77mm$$

Según la relación de longitud entre los cordones de soldadura, la longitud del cordón inferior será:

$$l_1 = 2,536l_2 = 2,536(77mm) = 195,3mm$$

Por cuestiones constructivas se redondea $l_1 = 196mm$

Ambos cordones cumplen las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

12.1.3 MONTANTES L-60x10

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar en qué montante se produce el esfuerzo axil mayor y su valor.

El mayor esfuerzo axil se produce en la barra 19 según la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05PG(+Y) + 1,5N + 0,9(V1b(180^\circ) + Maquesina(\varphi = 1)Abajo$$

$$N_{Ed} = -344,746KN$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, el menor espesor es el de la chapa, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Al tratarse de un perfil con sección en L se debe calcular la relación entre las longitudes de los cordones superior e inferior para el centro de gravedad del esfuerzo coincide con el eje longitudinal del perfil. En las ecuaciones se referirá como cordón 1 al cordón inferior y como cordón 2 al cordón superior.

$$\frac{l_1 * a_1 * b_1}{l_2 * a_2 * b_2}$$

Donde b_1 y b_2 es la distancia del cordón inferior y superior al eje longitudinal del perfil. Las gargantas de los cordones tendrán el mismo espesor. Por lo que la ecuación queda:

$$\frac{l_1 * b_1}{l_2 * b_2}$$

$$b_1 = c + \frac{a_1}{2} = 18,5mm + \frac{5,6mm}{2} = 21,3mm$$

$$b_2 = h - c + \frac{a_2}{2} = 60mm - 18,5mm + \frac{5,6mm}{2} = 44,3mm$$

La relación entre los cordones de soldadura queda:

$$l_1 = \frac{l_2 * b_2}{b_1} = \frac{44,3mm * l_2}{21,3mm} = 2,08l_2$$

Al estar compuesto el montante por dos perfiles, el esfuerzo axil se reparte entre los dos.

$$N = \frac{344,746KN}{2} = 172,373KN$$

Ahora es necesario conocer el momento flector que se produce al hacer coincidir el eje de esfuerzo axil con el eje longitudinal del perfil.

$$M = N \left(\frac{h}{2} - c \right) = 172,373KN \left(\frac{60mm}{2} - 18,5mm \right) = 1,98KNm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Cada cordón deberá soportar la mitad del esfuerzo axil al que está sometido el perfil más el esfuerzo axil adicional que provoca el momento flector. Para el caso del cordón superior el esfuerzo que debe resistir el cordón será:

$$F_2 = \frac{N}{2} - \frac{M}{(h + a_1)} = \frac{172,373KN}{2} - \frac{1,98KNm}{(60 + 5,6) \times 10^{-3}m} = 56KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l_2 = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(56000N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 45mm$$

Según la relación de longitud entre los cordones de soldadura, la longitud del cordón inferior será:

$$l_1 = 2,08l_2 = 2,08(45mm) = 93,6mm$$

Por cuestiones constructivas se redondea $l_1 = 94mm$

Ambos cordones cumplen las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

En ambos extremos de cada montante se realizarán una prolongación de los cordones de soldadura de longitud igual a $2a$.

12.1.4 DIAGONALES L-90x8

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar en qué diagonal se produce el mayor esfuerzo de tracción y su valor.

El mayor esfuerzo axil se produce en la barra 17 según la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05PG(-Y) + 1,5N + 0,9(Maquesina(\varphi = 0)Abajo)$$

$$N_{Ed} = 341,783KN$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, los espesores del perfil y la chapa son iguales, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Al tratarse de un perfil con sección en L se debe calcular la relación entre las longitudes de los cordones superior e inferior para el centro de gravedad del esfuerzo coincide con el eje longitudinal del perfil. En las ecuaciones se referirá como cordón 1 al cordón inferior y como cordón 2 al cordón superior.

$$\frac{l_1 * a_1 * b_1}{l_2 * a_2 * b_2}$$

Donde b_1 y b_2 es la distancia del cordón inferior y superior al eje longitudinal del perfil. Las gargantas de los cordones tendrán el mismo espesor. Por lo que la ecuación queda:

$$\frac{l_1 * b_1}{l_2 * b_2}$$

$$b_1 = c + \frac{a_1}{2} = 25mm + \frac{5,6mm}{2} = 27,8mm$$

$$b_2 = h - c + \frac{a_2}{2} = 90mm - 25mm + \frac{5,6mm}{2} = 67,8mm$$

La relación entre los cordones de soldadura queda:

$$l_1 = \frac{l_2 * b_2}{b_1} = \frac{67,8mm * l_2}{27,8mm} = 2,44l_2$$

Al estar compuesta la diagonal por dos perfiles, el esfuerzo axil se reparte entre los dos.

$$N = \frac{341,783KN}{2} = 170,892KN$$

Ahora es necesario conocer el momento flector que se produce al hacer coincidir el eje de esfuerzo axial con el eje longitudinal del perfil.

$$M = N \left(\frac{h}{2} - c \right) = 170,892KN \left(\frac{90mm}{2} - 25mm \right) = 3,42KNm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Cada cordón deberá soportar la mitad del esfuerzo axial al que está sometido el perfil más el esfuerzo axial adicional que provoca el momento flector. Para el caso del cordón superior el esfuerzo que debe resistir el cordón será:

$$F_2 = \frac{N}{2} - \frac{M}{(h + a_1)} = \frac{170,892KN}{2} - \frac{3,42KNm}{(90 + 5,6) \times 10^{-3}m} = 49,672KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l_2 = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(49672N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 40mm$$

Según la relación de longitud entre los cordones de soldadura, la longitud del cordón inferior será:

$$l_1 = 2,44l_2 = 2,44(40mm) = 97,6mm$$

Por cuestiones constructivas se redondea $l_1 = 98mm$

Ambos cordones cumplen las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

En ambos extremos de cada diagonal se realizarán una prolongación de los cordones de soldadura de longitud igual a $2a$.

12.1.5 PATAS DE LA CERCHA UPN 180

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar el mayor esfuerzo axil que se produce en las patas y su valor.

El mayor esfuerzo axil se produce la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05PG(-Y) + 1,5N + 0,9(V1b(180^\circ) + Maquesina(\varphi = 1)Abajo$$

$$N_{Ed} = -715,412KN$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, el menor espesor es el de la chapa, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Al estar compuesta la pata por dos perfiles, el esfuerzo axil se reparte entre los dos.

$$N = \frac{715,412KN}{2} = 357,706KN$$

Dicho esfuerzo se repartirá de manera equitativa en los dos cordones de soldadura, de modo que el esfuerzo que deberá soportar cada cordón será:

$$F = \frac{357,706KN}{2} = 178,853KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(178853N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 143,94$$

Por cuestiones constructivas se redondea a $l = 144mm$

El cordón cumple las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

12.1.6 DIAGONAL DE EXTREMO L-150x12

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar donde se produce el esfuerzo axil mayor y su valor.

El mayor esfuerzo axil se produce en la barra 19 según la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05PG(-Y) + 1,5N + 0,9(V1b(180^\circ) + Maquesina(\varphi = 1)Abajo$$

$$N_{Ed} = 819,231KN$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, el menor espesor es el de la chapa, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Al tratarse de un perfil con sección en L se debe calcular la relación entre las longitudes de los cordones superior e inferior para el centro de gravedad del esfuerzo coincide con el eje longitudinal del perfil. En las ecuaciones se referirá como cordón 1 al cordón inferior y como cordón 2 al cordón superior.

$$\frac{l_1 * a_1 * b_1}{l_2 * a_2 * b_2}$$

Donde b_1 y b_2 es la distancia del cordón inferior y superior al eje longitudinal del perfil. Las gargantas de los cordones tendrán el mismo espesor. Por lo que la ecuación queda:

$$\frac{l_1 * b_1}{l_2 * b_2}$$

$$b_1 = c + \frac{a_1}{2} = 41,2mm + \frac{5,6mm}{2} = 44mm$$

$$b_2 = h - c + \frac{a_2}{2} = 150mm - 41,2mm + \frac{5,6mm}{2} = 111,6mm$$

La relación entre los cordones de soldadura queda:

$$l_1 = \frac{l_2 * b_2}{b_1} = \frac{111,6mm * l_2}{44mm} = 2,536l_2$$

Al estar compuesta la diagonal por dos perfiles, el esfuerzo axil se reparte entre los dos.

$$N = \frac{819,231KN}{2} = 409,616KN$$

Ahora es necesario conocer el momento flector que se produce al hacer coincidir el eje de esfuerzo axil con el eje longitudinal del perfil.

$$M = N \left(\frac{h}{2} - c \right) = 409,616KN \left(\frac{150mm}{2} - 41,2mm \right) = 13,845KNm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Cada cordón deberá soportar la mitad del esfuerzo axial al que está sometido el perfil más el esfuerzo axial adicional que provoca el momento flector. Para el caso del cordón superior el esfuerzo que debe resistir el cordón será:

$$F_2 = \frac{N}{2} - \frac{M}{(h + a_1)} = \frac{409,616KN}{2} - \frac{13,845KNm}{(150 + 5,6) \times 10^{-3}m} = 115,83KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l_2 = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(115830N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 93,22mm$$

Según la relación de longitud entre los cordones de soldadura, la longitud del cordón inferior será:

$$l_1 = 2,536l_2 = 2,536(93,22mm) = 236,4mm$$

Por cuestiones constructivas se redondea $l_2 = 94mm$ $l_1 = 237mm$

Ambos cordones cumplen las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

En ambos extremos de cada diagonal se realizarán una prolongación de los cordones de soldadura de longitud igual a $2a$.

12.2 UNIÓN CORDONES DE LA MARQUESINA

Los perfiles que conforman la marquesina estarán unidos entre sí, para formar un perfil continuo, mediante soldadura a chapas de 8mm de espesor.

La soldadura consistirá en dos cordones, uno superior y otro inferior para cada perfil. En el caso de los perfiles laminados con sección en L, los cordones de soldadura tendrán una longitud desigual, ya que el esfuerzo axial al que estarán sometidos generará un momento flector en el perfil ya que el eje longitudinal del perfil no coincide con el eje de simetría.

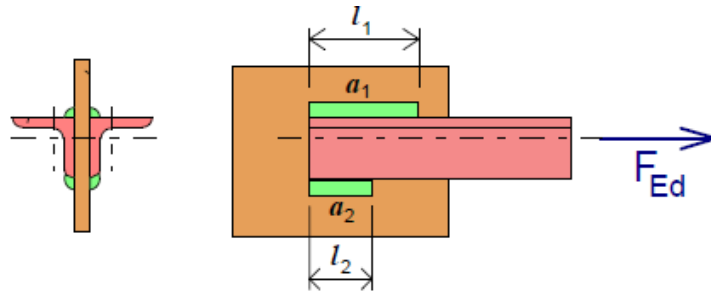


Imagen 12.2.1 Tipo de uniones a calcular para la marquesina.

12.2.1 CORDÓN SUPERIOR UPN 180

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar el esfuerzo axial mayor en el cordón superior y su valor.

El mayor esfuerzo axial se produce según la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,5N + 0,9(Maquesina(\varphi = 1)Abajo$$

$$N_{Ed} = 500,327KN$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, el menor espesor es el de la chapa, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Al estar compuesto el cordón superior por dos perfiles, el esfuerzo axial se reparte entre los dos.

$$N = \frac{500,327KN}{2} = 250,164KN$$

Dicho esfuerzo se repartirá de manera equitativa en los dos cordones de soldadura, de modo que el esfuerzo que deberá soportar cada cordón será:

$$F = \frac{250,164KN}{2} = 125,082KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(125082N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 100,66mm$$

Por cuestiones constructivas se redondea a $l = 101mm$

El cordón cumple las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

12.2.2 CORDÓN INFERIOR L-150x12

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar el esfuerzo axial mayor en el cordón inferior y su valor.

El mayor esfuerzo axial se produce según la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,5N + 0,9(Maquesina(\varphi = 1)Abajo$$

$$N_{Ed} = -743,8KN$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, el menor espesor es el de la chapa, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Al tratarse de un perfil con sección en L se debe calcular la relación entre las longitudes de los cordones superior e inferior para el centro de gravedad del esfuerzo coincide con el eje longitudinal del perfil. En las ecuaciones se referirá como cordón 1 al cordón inferior y como cordón 2 al cordón superior.

$$\frac{l_1 * a_1 * b_1}{l_2 * a_2 * b_2}$$

Donde b_1 y b_2 es la distancia del cordón inferior y superior al eje longitudinal del perfil. Las gargantas de los cordones tendrán el mismo espesor. Por lo que la ecuación queda:

$$\frac{l_1 * b_1}{l_2 * b_2}$$

$$b_1 = c + \frac{a_1}{2} = 41,2mm + \frac{5,6mm}{2} = 44mm$$

$$b_2 = h - c + \frac{a_2}{2} = 150mm - 41,2mm + \frac{5,6mm}{2} = 111,6mm$$

La relación entre los cordones de soldadura queda:

$$l_1 = \frac{l_2 * b_2}{b_1} = \frac{111,6mm * l_2}{44mm} = 2,536l_2$$

Al estar compuesto el cordón inferior por dos perfiles, el esfuerzo axil se reparte entre los dos.

$$N = \frac{743,8KN}{2} = 371,9KN$$

Ahora es necesario conocer el momento flector que se produce al hacer coincidir el eje de esfuerzo axil con el eje longitudinal del perfil.

$$M = N \left(\frac{h}{2} - c \right) = 371,9KN \left(\frac{150mm}{2} - 41,2mm \right) = 12,57KNm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Cada cordón deberá soportar la mitad del esfuerzo axil al que está sometido el perfil más el esfuerzo axil adicional que provoca el momento flector. Para el caso del cordón superior el esfuerzo que debe resistir el cordón será:

$$F_2 = \frac{N}{2} - \frac{M}{(h + a_1)} = \frac{371,9KN}{2} - \frac{12,57KNm}{(150 + 5,6) \times 10^{-3}m} = 105,166KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l_2 = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(105166N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 84,64mm$$

Según la relación de longitud entre los cordones de soldadura, la longitud del cordón inferior será:

$$l_1 = 2,536l_2 = 2,536(84,64mm) = 214,82mm$$

Por cuestiones constructivas se redondea $l_1 = 215mm$ y $l_2 = 85mm$

Ambos cordones cumplen las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

12.2.3 MONTANTE L-60x10

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar el esfuerzo axial mayor y su valor.

El mayor esfuerzo axial se produce según la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,5N + 0,9(Maquesina(\varphi = 1)Abajo$$

$$N_{Ed} = -150,437KN$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, el menor espesor es el de la chapa, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Al tratarse de un perfil con sección en L se debe calcular la relación entre las longitudes de los cordones superior e inferior para el centro de gravedad del esfuerzo coincide con el eje longitudinal del perfil. En las ecuaciones se referirá como cordón 1 al cordón inferior y como cordón 2 al cordón superior.

$$\frac{l_1 * a_1 * b_1}{l_2 * a_2 * b_2}$$

Donde b_1 y b_2 es la distancia del cordón inferior y superior al eje longitudinal del perfil. Las gargantas de los cordones tendrán el mismo espesor. Por lo que la ecuación queda:

$$\frac{l_1 * b_1}{l_2 * b_2}$$

$$b_1 = c + \frac{a_1}{2} = 18,5mm + \frac{5,6mm}{2} = 21,3mm$$

$$b_2 = h - c + \frac{a_2}{2} = 60mm - 18,5mm + \frac{5,6mm}{2} = 44,3mm$$

La relación entre los cordones de soldadura queda:

$$l_1 = \frac{l_2 * b_2}{b_1} = \frac{44,3mm * l_2}{21,3mm} = 2,08l_2$$

Al estar compuesto el montante por dos perfiles, el esfuerzo axial se reparte entre los dos.

$$N = \frac{150,437KN}{2} = 72,219KN$$

Ahora es necesario conocer el momento flector que se produce al hacer coincidir el eje de esfuerzo axil con el eje longitudinal del perfil.

$$M = N \left(\frac{h}{2} - c \right) = 72,219KN \left(\frac{60mm}{2} - 18,5mm \right) = 0,865KNm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Cada cordón deberá soportar la mitad del esfuerzo axil al que está sometido el perfil más el esfuerzo axil adicional que provoca el momento flector. Para el caso del cordón superior el esfuerzo que debe resistir el cordón será:

$$F_2 = \frac{N}{2} - \frac{M}{(h + a_1)} = \frac{72,219KN}{2} - \frac{0,865KNm}{(60 + 5,6) \times 10^{-3}m} = 24,43KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l_2 = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(24430N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 19,66mm$$

La longitud del cordón no cumple las condiciones de $l \geq 40mm$ y

$l \geq 6a = 33,6mm$. Por lo que se adopta $l_2 = 40mm$.

Según la relación de longitud entre los cordones de soldadura, la longitud del cordón inferior será:

$$l_1 = 2,08l_2 = 2,08(40mm) = 83,2mm$$

Por cuestiones constructivas se redondea $l_1 = 84mm$

Ambos cordones cumplen las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

En ambos extremos de cada montante se realizarán una prolongación de los cordones de soldadura de longitud igual a $2a$.

12.2.4 DIAGONAL L-90x8

El primero paso para el cálculo de la longitud de los cordones de soldadura será determinar en qué diagonal se produce el mayor esfuerzo de tracción y su valor.

El mayor esfuerzo axil se produce según la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,5N + 0,9(V1a(180^\circ) + Maquesina(\varphi = 1)Abajo)$$

$$N_{Ed} = 302,655KN$$

El siguiente paso es determinar el espesor de la garganta del cordón de soldadura, que será 0,7 veces el espesor menor de las piezas a unir, en éste caso, los espesores del perfil y la chapa son iguales, por lo tanto:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

Al tratarse de un perfil con sección en L se debe calcular la relación entre las longitudes de los cordones superior e inferior para el centro de gravedad del esfuerzo coincide con el eje longitudinal del perfil. En las ecuaciones se referirá como cordón 1 al cordón inferior y como cordón 2 al cordón superior.

$$\frac{l_1 * a_1 * b_1}{l_2 * a_2 * b_2}$$

Donde b_1 y b_2 es la distancia del cordón inferior y superior al eje longitudinal del perfil. Las gargantas de los cordones tendrán el mismo espesor. Por lo que la ecuación queda:

$$\frac{l_1 * b_1}{l_2 * b_2}$$

$$b_1 = c + \frac{a_1}{2} = 25mm + \frac{5,6mm}{2} = 27,8mm$$

$$b_2 = h - c + \frac{a_2}{2} = 90mm - 25mm + \frac{5,6mm}{2} = 67,8mm$$

La relación entre los cordones de soldadura queda:

$$l_1 = \frac{l_2 * b_2}{b_1} = \frac{67,8mm * l_2}{27,8mm} = 2,44l_2$$

Al estar compuesta la diagonal por dos perfiles, el esfuerzo axil se reparte entre los dos.

$$N = \frac{302,655KN}{2} = 151,328KN$$

Ahora es necesario conocer el momento flector que se produce al hacer coincidir el eje de esfuerzo axil con el eje longitudinal del perfil.

$$M = N \left(\frac{h}{2} - c \right) = 151,328KN \left(\frac{90mm}{2} - 25mm \right) = 3,027KNm$$

Finalmente para calcular la longitud de los cordones de soldadura es necesario conocer el esfuerzo que debe soportar cada cordón.

Cada cordón deberá soportar la mitad del esfuerzo axil al que está sometido el perfil más el esfuerzo axil adicional que provoca el momento flector. Para el caso del cordón superior el esfuerzo que debe resistir el cordón será:

$$F_2 = \frac{N}{2} - \frac{M}{(h + a_1)} = \frac{151,328KN}{2} - \frac{3,027KNm}{(90 + 5,6) \times 10^{-3}m} = 44KN$$

Para calcular la longitud del cordón, se parte de la ecuación que permite conocer el esfuerzo que puede soportar el cordón de soldadura en función de su longitud.

$$F = 0,46 \frac{f_u * a * l}{\beta_w}$$

De donde se despeja la longitud del cordón:

$$l_2 = \frac{\beta_w * F}{0,46 * f_u * a} = \frac{0,85(44000N)}{0,46 * 410MPa * 5,6mm} = 35,41mm$$

La longitud del cordón no cumple la condición de $l \geq 40mm$. Por lo que se adopta $l_2 = 40mm$.

Según la relación de longitud entre los cordones de soldadura, la longitud del cordón inferior será:

$$l_1 = 2,44l_2 = 2,44(40mm) = 97,6mm$$

Por cuestiones constructivas se redondea $l_1 = 98mm$

Ambos cordones cumplen las condiciones de $l \geq 40mm$ y $l \geq 6a = 33,6mm$

En ambos extremos de cada diagonal se realizarán una prolongación de los cordones de soldadura de longitud igual a $2a$.

12.3 UNIÓN MÉNSULA – PILAR

La unión entre las ménsulas y el ala de los pilares principales de la estructura no debe permitir el giro de la ménsula, de modo que será una unión rígida. La unión se realizará mediante soldadura de las alas y alma de cada ménsula al ala de cada pilar.

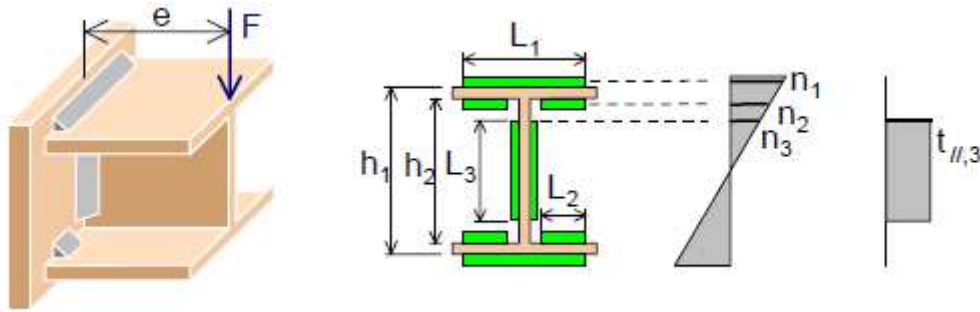


Imagen 12.3.1 Tipo de unión a calcular para la ménsula.

Habrán tres tipos de cordones de soldadura.

- *Cordón 1.* Será el tipo de cordón de soldadura utilizado para soldar la cara exterior de las alas de la ménsula al ala del pilar.
- *Cordón 2.* Será el tipo de cordón de soldadura utilizado para soldar la cara interior de las alas de la ménsula al ala del pilar.
- *Cordón 3.* Será el tipo de cordón de soldadura utilizado para soldar el ala de la ménsula al ala del pilar.

La longitud de cada cordón y garganta serán las siguientes:

Cordón 1:

$$l_1 = b = 200\text{mm} \quad a_1 = 0,7 * t_f = 0,7 * 10\text{mm} = 7\text{mm}$$

Cordón 2:

$$l_2 = b - 2r - t_w = 200\text{mm} - 2(18\text{mm}) - 6,5\text{mm} = 157,5\text{mm}$$

$$a_2 = 0,7 * t_f = 0,7 * 10\text{mm} = 7\text{mm}$$

Cordón 3:

$$l_3 = d = 134\text{mm} \quad a_3 = 0,7 * t_w = 0,7 * 6,5\text{mm} = 4,5\text{mm}$$

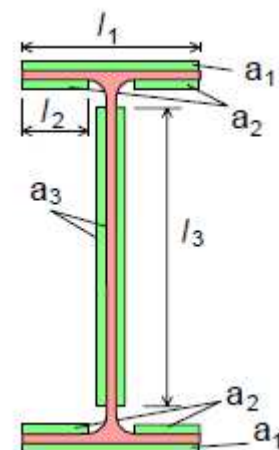


Imagen 12.3.2 Sección abatida de la unión.

Los esfuerzos de tracción serán transmitidos por los cordones de las alas, el esfuerzo cortante será transmitido por los cordones del alma y el esfuerzo flector se transmitirá por todos los cordones. A continuación se comprobará si dichos cordones tienen capacidad para resistir dichos esfuerzos. Para ello, lo primero es calcular las propiedades de la sección abatida del conjunto de soldaduras.

$$h_1 = h + a_1 = 190\text{mm} + 7\text{mm} = 197\text{mm}$$

$$h_2 = d + a_2 = 134\text{mm} + 7\text{mm} = 141\text{mm}$$

El área de la sección abatida de las soldaduras será:

$$A = 2a_1l_1 + 4a_2l_2 + 2a_3l_3$$

$$A = 2(7\text{mm} * 200\text{mm}) + 4(7\text{mm} * 157,5\text{mm}) + 2(4,5\text{mm} * 134\text{mm})$$

$$A = 8416\text{mm}^2$$

Mientras que la inercia de la sección abatida:

$$I = 2 \left[a_1 l_1 \left(\frac{h_1}{2} \right)^2 \right] + 4 \left[a_2 l_2 \left(\frac{h_2}{2} \right)^2 \right] + 2 \left[a_3 \frac{l_3^3}{12} \right];$$

$$I = 2 \left[7 * 200 \left(\frac{197}{2} \right)^2 \right] + 4 \left[7 * 157,5 \left(\frac{141}{2} \right)^2 \right] + 2 \left[4, \frac{134^3}{12} \right] = 50541763\text{mm}^4$$

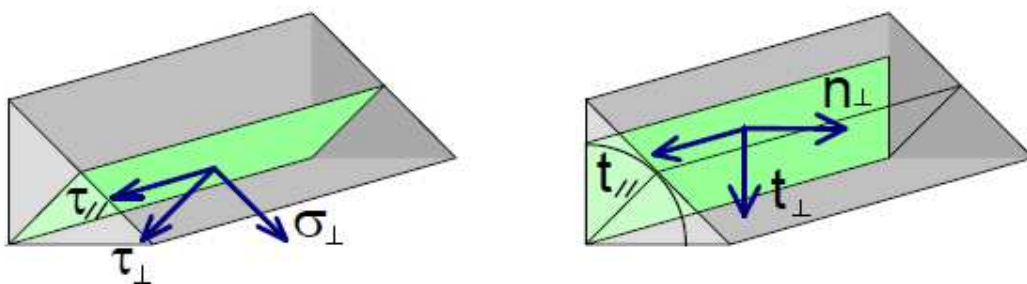


Imagen 12.3.3 Tensiones sobre cordones de soldadura.

Comprobación de Cordones Tipo 1.

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}}$$

Donde:
$$n_{\perp} = \frac{N}{A} + \frac{M}{I} * \frac{h_1}{2} = \frac{7,172\text{KN}}{8416\text{mm}^2} + \frac{27,02 \times 10^6 \text{KNmm} * 197\text{mm}}{2(50541763\text{mm}^4)} = 53,52\text{MPa}$$

Será la única tensión, ya que no hay esfuerzo cortante en el ala. Por lo que la Tensión de Von Mises será:

$$\sigma_{VO} = \sqrt{\left(\frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}}\right)^2 + 3\left(\frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{2}n_{\perp} = \sqrt{2} * (53,52MPa) = 75,69MPa$$

Comprobación de Cordones Tipo 2.

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}}$$

$$\text{Donde: } n_{\perp} = \frac{N}{A} + \frac{M}{I} * \frac{h_2}{2} = \frac{7,172KN}{8416mm^2} + \frac{27,02 \times 10^6 KNmm * 141mm}{2(50541763mm^4)} = 37,69MPa$$

Será la única tensión, ya que no hay esfuerzo cortante en el ala. Por lo que la Tensión de Von Mises será:

$$\sigma_{VO} = \sqrt{\left(\frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}}\right)^2 + 3\left(\frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{2}n_{\perp} = \sqrt{2} * (37,69MPa) = 53,3MPa$$

Comprobación de Cordones Tipo 3.

El esfuerzo axial y de flexión produce una tensión perpendicular al cordón de soldadura.

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}}$$

$$\text{Donde: } n_{\perp} = \frac{N}{A} + \frac{M}{I} * \frac{l_3}{2} = \frac{7,172KN}{8416mm^2} + \frac{27,02 \times 10^6 KNmm * 134mm}{2(50541763mm^4)} = 35,82MPa$$

El esfuerzo cortante produce una tensión tangencial paralela al cordón de soldadura.

$$t_{//} = \frac{V_{Ed}}{2a_3l_3} = \frac{135,083KN}{2 * 4,5mm * 134mm} = 112,01MPa$$

Por lo que la Tensión de Von Mises será:

$$\sigma_{VO} = \sqrt{\left(\frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}}\right)^2 + 3\left[\left(\frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}}\right)^2 + t_{//}^2\right]}$$

$$\sigma_{VO} = \sqrt{\left(\frac{35,32MPa}{\sqrt{2}}\right)^2 + 3\left[\left(\frac{35,32MPa}{\sqrt{2}}\right)^2 + (112,01MPa)^2\right]} = 200,33MPa$$

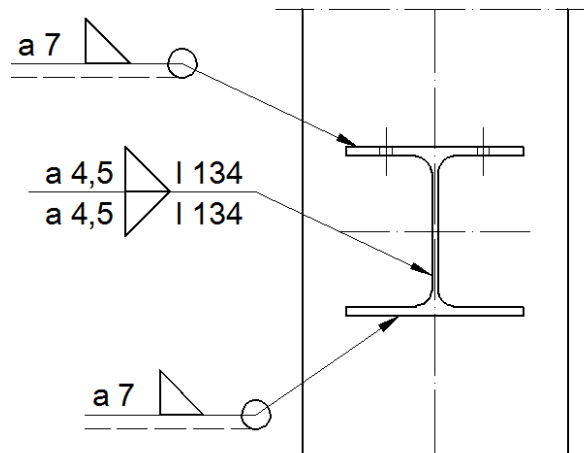


Imagen 12.3.4 Unión final.

13. CÁLCULO DE UNIONES ATORNILLADAS

13.1 UNIÓN CERCHA – PILAR

Como medio de unión entre los pilares principales y la cercha se plantean dos placas cuadradas de acero de 14mm de espesor y de dimensiones 500x500mm que estarán soldadas, por un lado la cabeza del pilar, y por otro al cordón inferior y la pata de la cercha en su contorno. La unión entre ambas placas se realizará mediante 4 tornillos M27x70 10.9 que serán colocados en obra.

Se va a realizar la comprobación de la resistencia de los tornillos y la chapa a los esfuerzos máximos a los que estará sometida la unión.

Se colocan los tornillos a una distancia inferior a 2/3 de la longitud del alma del perfil HEA 500 para que no se creen momentos flectores en la unión y se trate de una unión articulada, de modo que solo estará sometida a esfuerzos de compresión y esfuerzos de cortante.

El esfuerzo de compresión no será transmitido por los tornillos, ya que mientras están sometidos a esfuerzos de compresión, los tornillos no trabajan, por lo tanto, solo se va a comprobar su resistencia frente a esfuerzos cortantes.

El máximo esfuerzo de cortante sobre la unión será el máximo esfuerzo axial que actúa sobre el extremo del cordón inferior, que viene dado por la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05PG(+Y) + 1,5N + 0,9(V1b(180^\circ) + Maquesina(\varphi = 1)Abajo$$

$$N_{Ed} = -677,41KN$$

-Comprobación de los tornillos.

La resistencia a cortante de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Donde f_u es la resistencia del acero del tornillo, en éste caso, para un tornillo 10.9 $f_u = 1000MPa$.

A_s Es la sección eficaz del tornillo, para un tornillo de M27 $A_s = 459mm^2$.

Por último, γ_{M2} es el coeficiente de seguridad para uniones atornilladas, $\gamma_{M2} = 1,25$.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * 1000MPa * 459mm^2}{1,25} = 183,6KN$$

De modo que con 4 tornillos, $F_{v,Rd} = 183,6KN * 4 = 734,4KN > 677,41KN$

Por lo tanto los tornillos soportarán el esfuerzo cortante.

La otra comprobación que es necesaria es la resistencia de la placa a producirse aplastamiento y desgarró frente al esfuerzo cortante. La chapa tendrá mecanizados 4 agujeros pasantes de diámetro 30mm separados longitudinalmente 80mm entre ellos y 201mm de los bordes de la placa. La distancia entre ejes de los agujeros respecto al eje de simetría será 400mm, de modo que la separación respecto al mismo eje de los centros de los agujeros a los bordes de la chapa será de 50mm.

-Comprobación frente a aplastamiento de la placa.

La resistencia de la placa frente a aplastamiento viene dada por la ecuación:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{Donde } \alpha = \text{Min}\left[\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right]$$

d_0 es el diámetro de los agujeros.

d es el diámetro de los tornillos.

t es el espesor de la placa.

Las distancias entre los agujeros pasantes deben de cumplir una serie de condiciones.

$$e_1 \geq 1,2d_0 \rightarrow 210mm > 1,2 * 30mm = 36mm$$

$$p_1 \geq 2,2d_0 \rightarrow 80mm > 2,2 * 30mm = 66mm$$

$$e_2 \geq 1,5d_0 \rightarrow 50mm > 1,5 * 30mm = 45mm$$

$$p_2 \geq 3d_0 \rightarrow 400mm > 3 * 30mm = 90mm$$

$$\alpha = \frac{80mm}{3(30mm)} - \frac{1}{4} = 0,639$$

Finalmente la comprobación queda:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 0,639 * 410MPa * 27mm * 14mm}{1,25} = 198,064KN$$

La resistencia de la chapa es mayor a la resistencia de cada uno de los tornillos, de modo que se producirá antes la rotura del tornillo que el aplastamiento de la chapa.

La resistencia de la placa frente a desgarro será la menor resistencia dadas por las siguientes ecuaciones:

$$F_{v,Rd} = \frac{f_y A}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_u A_{net}}{\sqrt{3}\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_y A_{eff}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

Siendo:

$$A = t(L_v + L_1 + L_3)$$

$$A_{net} = t(L_v + L_1 + L_3 - nd_{o,1})$$

$$A_{eff} = t(L_v + L_1 + L_2)$$

$$L_2 = (a_2 - kd_{o,2}) \frac{f_u}{f_y}$$

a_2 es la distancia de la fila de agujeros al borde más lejano.

$k = 2,5$ ya que hay dos filas de agujeros.

L_v es la distancia entre ejes de los tornillos extremos en dirección del esfuerzo.

L_1 es la distancia del último agujero al borde de la placa en sentido del esfuerzo.

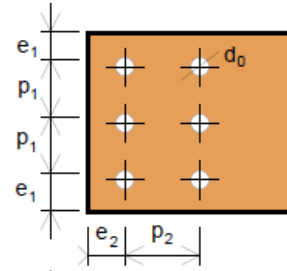


Imagen 13.1.1

L_3 es la distancia entre el eje del primer agujero, en el sentido del esfuerzo al borde de la chapa.

Por lo tanto $L_v = 80mm$ $L_1 = 210mm$ $L_3 = 210mm$ $a_2 = 450mm$

$$L_2 = (450mm - 2,5 * 30mm) \frac{410 MPa}{275 MPa} = 338,182mm$$

$$A = 14mm(80mm + 210mm + 210mm) = 7000mm^2$$

$$A_{net} = 14mm(80mm + 210mm + 210mm - 2 * 30mm) = 6160mm^2$$

$$A_{eff} = 14mm(80mm + 210mm + 338,182mm) = 8794,548mm^2$$

De modo que cada una de las resistencias quedan:

$$F_{v,Rd} = \frac{275MPa * 7000mm^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 1058,47KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{410MPa * 6160mm^2}{\sqrt{3} * 1,25} = 1166,525KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{275MPa * 8794,548mm^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 1329,83KN$$

Se tomará como resistencia a desgarro la menor resistencia de ellas, de modo que:

$F_{v,Rd} = 1058,47KN$ es mayor que el esfuerzo cortante al que está sometido cada tornillo, de modo que la placa aguantará el esfuerzo cortante al que estará sometido.

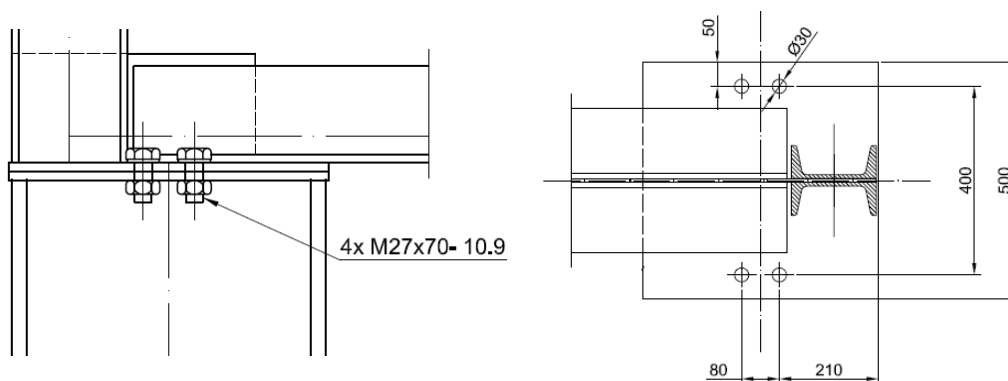


Imagen 13.1.2 Unión Cercha-Pilar

13.2 UNIÓN PILAR – DINTEL HASTIAL

El dintel de los pórticos hastiales estará unido a los pilares de dichos pórticos por placas de acero de 10mm de espesor y dimensiones 360x200mm soldadas en taller al alma del dintel y que será unida a las cabezas de los pilares mediante 4 tornillos M12x55-8.8 que serán atornillados en obra.

Se va a realizar la comprobación de la resistencia de los tornillos y la chapa a los esfuerzos máximos a los que estará sometida la unión.

Al tratarse de una unión articulada, los tornillos no transmitirán momentos flectores al pilar, ya que están colocados entre ellos a una distancia inferior a 2/3 de la longitud del alma de dintel, de modo que no se generarán esfuerzos flectores en la unión. Los tornillos transmitirán el cortante y tracción provenientes del dintel.

Por lo que se comprobará la resistencia de los tornillos frente a esfuerzos combinados de cortante y tracción y la resistencia de la chapa frente a aplastamiento, desgarro y punzonamiento por parte del tornillo.

Los esfuerzos máximos sobre la unión vienen dados por la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05PG(+Y) + 1,5N + 0,9(V1b(0^\circ))$$

$$N_{Ed} = 32,245KN$$

$$V_{Ed} = 43,352KN$$

-Comprobación de los tornillos.

La resistencia a cortante de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Donde f_u es la resistencia del acero del tornillo, en éste caso, para un tornillo 8.8 $f_u = 800MPa$.

A_s Es la sección eficaz del tornillo, para un tornillo de M12 $A_s = 84,3mm^2$.

Por último, γ_{M2} es el coeficiente de seguridad para uniones atornilladas, $\gamma_{M2} = 1,25$.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * 800MPa * 84,3mm^2}{1,25} = 26,976KN$$

De modo que con 4 tornillos, $F_{v,Rd} = 26,976KN * 4 = 107,9KN > 43,352KN$

La resistencia a tracción de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 800MPa * 84,3mm^2}{1,25} = 48,557KN$$

De modo que con 4 tornillos,

$$F_{t,Rd} = 48,557KN * 4 = 194,228KN > 357,434KN$$

La resistencia a tracción y cortante combinados de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} < 1$$

Los esfuerzos de cortante que debe soportar cada uno de los tornillos son:

$$N_{Ed} = 8,062KN \quad \text{y} \quad V_{Ed} = 10,838KN$$

Por lo que la comprobación queda:

$$\frac{10,838KN}{26,976KN} + \frac{8,062KN}{1,4(48,557KN)} = 0,402 + 0,119 = 0,521 < 1$$

De modo que los tornillos serán capaces de resistir los esfuerzos a los que estarán sometidos.

Otras comprobaciones necesarias son las resistencias de la placa a producirse aplastamiento y desgarró frente al esfuerzo cortante y a ser punzonada por la cabeza o la tuerca del tornillo. La chapa tendrá mecanizados 4 agujeros pasantes de diámetro 13mm separados longitudinalmente 50mm entre ellos y 155mm de los bordes de la placa. Estarán colocados de ésta manera para minimizar la aparición de esfuerzos flectores en la unión. La distancia entre ejes de los agujeros respecto al eje de simetría será 120mm, de modo que la separación respecto al mismo eje de los centros de los agujeros a los bordes de la chapa será de 40mm.

-Comprobación de la placa.

La resistencia de la placa frente a aplastamiento viene dada por la ecuación:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{M2}}$$

Donde $\alpha = \text{Min}[\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1]$

d_0 es el diámetro de los agujeros.

d es el diámetro de los tornillos.

t es el espesor de la placa.

Las distancias entre los agujeros pasantes deben de cumplir una serie de condiciones.

$$e_1 \geq 1,2d_0 \rightarrow 155\text{mm} > 1,2 * 13\text{mm} = 26,4\text{mm}$$

$$p_1 \geq 2,2d_0 \rightarrow 50\text{mm} > 2,2 * 13\text{mm} = 28,6\text{mm}$$

$$e_2 \geq 1,5d_0 \rightarrow 40\text{mm} > 1,5 * 13\text{mm} = 19,5\text{mm}$$

$$p_2 \geq 3d_0 \rightarrow 120\text{mm} > 3 * 13\text{mm} = 39\text{mm}$$

$$\alpha = 1$$

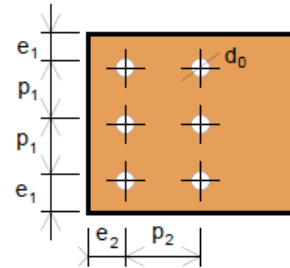


Imagen 13.2.1

Finalmente la comprobación queda:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 1 * 275\text{MPa} * 12\text{mm} * 10\text{mm}}{1,25} = 98,4\text{KN}$$

La resistencia de la chapa es mayor al esfuerzo cortante que debe soportar cada uno de los tornillos.

La resistencia de la placa frente a desgarro será la menor resistencia dadas por las siguientes ecuaciones:

$$F_{v,Rd} = \frac{f_y A}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_u A_{net}}{\sqrt{3}\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_y A_{eff}}{\sqrt{3}\gamma_{M0}}$$

Siendo:

$$A = t(L_v + L_1 + L_3)$$

$$A_{net} = t(L_v + L_1 + L_3 - n d_{o,1})$$

$$A_{eff} = t(L_v + L_1 + L_2)$$

$$L_2 = (a_2 - k d_{o,2}) \frac{f_u}{f_y}$$

a_2 es la distancia de la fila de agujeros al borde más lejano.

$k = 2,5$ ya que hay dos filas de agujeros.

L_v es la distancia entre ejes de los tornillos extremos en dirección del esfuerzo.

L_1 es la distancia del último agujero al borde de la placa en sentido del esfuerzo.

L_3 es la distancia entre el eje del primer agujero, en el sentido del esfuerzo al borde de la chapa.

Por lo tanto $L_v = 50mm$ $L_1 = 155mm$ $L_3 = 155mm$ $a_2 = 160mm$

$$L_2 = (160mm - 2,5 * 13mm) \frac{410 MPa}{275 MPa} = 190,1mm$$

$$A = 10mm(50mm + 155mm + 155mm) = 3600mm^2$$

$$A_{net} = 10mm(50mm + 155mm + 155mm - 2 * 13mm) = 3340mm^2$$

$$A_{eff} = 10mm(50mm + 155mm + 190,1mm) = 3951mm^2$$

De modo que cada una de las resistencias quedan:

$$F_{v,Rd} = \frac{275MPa * 3600mm^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 544,36KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{410MPa * 3340mm^2}{\sqrt{3} * 1,25} = 632,5KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{275MPa * 3951mm^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 597,44KN$$

Se tomará como resistencia a desgarro la menor resistencia de ellas, de modo que:

$F_{v,Rd} = 544,36KN$ es mayor que el esfuerzo cortante al que está sometido cada tornillo, de modo que la placa aguantará el esfuerzo cortante al que estará sometido.

La resistencia de la placa frente a punzonamiento de la cabeza del tornillo o de la tuerca viene dada por la ecuación:

$$F_{p,Rd} = 0,6\pi d_m t_p \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Donde :

d_m es el menor valor de la distancia medida entre vértices y caras de la cabeza del tornillo y las caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

t_p es el espesor de la placa.

$$F_{P,Rd} = 0,6\pi * 22mm * 10mm \frac{275MPa}{1,25} = 136KN$$

La resistencia de la placa frente a punzonamiento es superior al esfuerzo de tracción al que estará sometido cada uno de los tornillos.

Finalmente se comprobará que los cordones de soldadura que unirán el alma del dintel con la placa serán capaces de transmitir el esfuerzo cortante y de tracción a los tornillos.

Los cordones de soldadura tendrán una longitud de:

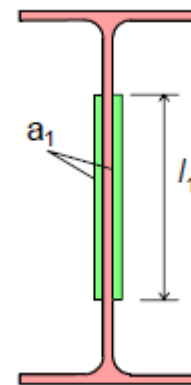
$$l = d - 2r = 299mm - 2 * 18mm = 263mm$$

El espesor de la garganta de los cordones será 0,7 veces el valor del mínimo espesor de los elementos a unir, en éste caso el espesor mínimo es el del alma del dintel, 8mm. De modo que:

$$a = 0,7 * 8mm = 5,6mm$$

El área abatida de los cordones de soldadura tendrá una sección de:

$$A = 2 * (l * a) = 2 * 263mm * 5,6mm = 2945,6mm^2$$



El esfuerzo cortante producirá una tensión de cizalladura en cada uno de los cordones de valor:

Imagen 4.2.2 Sección abatida de los cordones

$$\tau_{//} = \frac{V_{Ed}}{A} = \frac{43,352N}{2945,6mm^2} = 12,9MPa$$

Por otro lado, el esfuerzo de tracción producirá una tensión perpendicular a la sección abatida de cada uno de los cordones de valor:

$$n_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{32,245N}{2945,6mm^2} = 9,6MPa$$

Dichas tensiones generarán una Tensión de Von Mises sobre cada uno de los cordones que no debe superar a la tensión resistente de cada uno de ellos.

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\sigma_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

Donde $\sigma_{\perp} = \frac{n_{\perp}}{\sqrt{2}} = \frac{9,6MPa}{\sqrt{2}} = 1,42MPa$.

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(1,42MPa)^2 + 3((1,42Pa)^2 + (12,9MPa)^2)} = 22,53MPa$$

La resistencia de cada uno de los cordones es:

$$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{410MPa}{0,85 * 1,25} = 385,88MPa$$

Luego los cordones de soldadura serán capaces de resistir los esfuerzos.

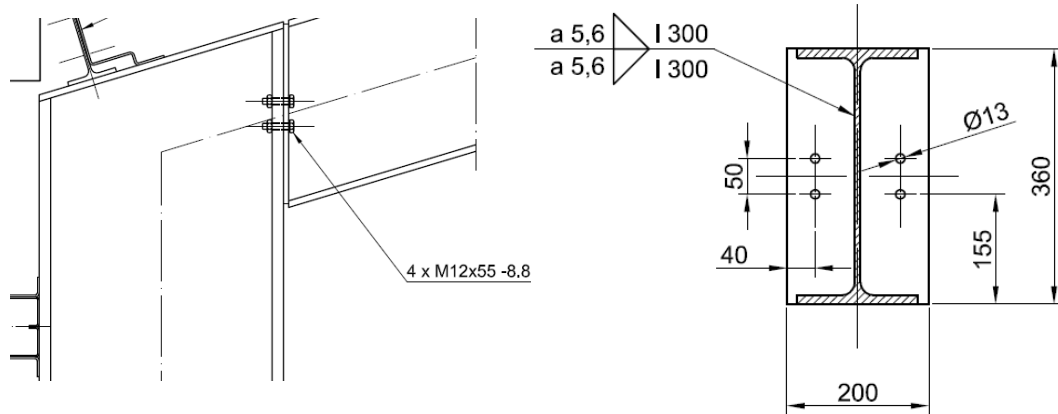


Imagen 13.2.2 Unión Pilar - Dintel

13.3 DINTEL – PILAR HASTIAL

El dintel de los pórticos hastiales estará unido a los pilares de cierre o hastiales por placas de acero de 8mm de espesor y dimensiones 300x150mm soldadas en taller al alma del pilar hastial y que será unida al ala del dintel mediante 4 tornillos M12x45 8.8 que serán atornillados en obra.

Se va a realizar la comprobación de la resistencia de los tornillos y la chapa a los esfuerzos máximos a los que estará sometida la unión.

Al tratarse de una unión articulada, los tornillos no transmitirán momentos flectores al pilar, ya que están colocados entre ellos a una distancia inferior a 2/3 de la longitud del alma del pilar hastial, de modo que no se generarán esfuerzos flectores en la unión. Los tornillos transmitirán el cortante provenientes del dintel.

Por lo que se comprobará la resistencia de los tornillos frente a esfuerzo cortante y la resistencia de la chapa frente a aplastamiento y desgarro.

Los esfuerzos máximos sobre la unión vienen dados por la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,5N + 0,9(V1b(180^\circ) + Maquesina(\varphi = 1)Abajo)$$

$$V_{Ed} = 69,412KN$$

Comprobación de los tornillos.

La resistencia a cortante de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Donde f_u es la resistencia del acero del tornillo, en éste caso, para un tornillo 8.8 $f_u = 800MPa$.

A_s Es la sección eficaz del tornillo, para un tornillo de M12 $A_s = 84,3mm^2$.

Por último, γ_{M2} es el coeficiente de seguridad para uniones, $\gamma_{M2} = 1,25$.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * 800MPa * 84,3mm^2}{1,25} = 26,976KN$$

De modo que con 4 tornillos

$$F_{v,Rd} = 26,976KN * 4 = 107,904KN > 69,412KN$$

Por lo tanto, los tornillos son capaces de soportar el esfuerzo cortante al que estarán sometidos.

La otra comprobación necesaria es la resistencia de la placa a producirse aplastamiento y desgarro frente al esfuerzo cortante. La chapa tendrá mecanizados 4 agujeros pasantes de diámetro 13mm separados longitudinalmente 70mm entre ellos y 265mm de los bordes de la placa. La distancia entre ejes de los agujeros respecto al eje de simetría será 60mm, de modo que la separación respecto al mismo eje de los centros de los agujeros a los bordes de la chapa será de 30mm.

-Comprobación de la placa.

La resistencia de la placa frente a aplastamiento viene dada por la ecuación:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{Donde } \alpha = \text{Min}\left[\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right]$$

d_0 es el diámetro de los agujeros.

d es el diámetro de los tornillos.

t es el espesor de la placa.

Las distancias entre los agujeros pasantes deben de cumplir una serie de condiciones.

$$e_1 \geq 1,2d_0 \rightarrow 45mm > 1,2 * 13mm = 15,6mm$$

$$p_1 \geq 2,2d_0 \rightarrow 60mm > 2,2 * 13mm = 28,6mm$$

$$e_2 \geq 1,5d_0 \rightarrow 115mm > 1,5 * 13mm = 19,5mm$$

$$p_2 \geq 3d_0 \rightarrow 70mm > 3 * 13mm = 39mm$$

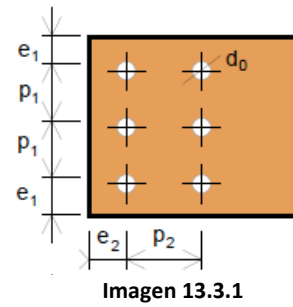


Imagen 13.3.1

$$\alpha = 1$$

Finalmente la comprobación queda:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 1 * 410MPa * 12mm * 8mm}{1,25} = 78,720KN$$

La resistencia de la chapa es mayor al esfuerzo cortante que debe soportar cada uno de los tornillos..

La resistencia de la placa frente a desgarro será la menor resistencia dadas por las siguientes ecuaciones:

$$F_{v,Rd} = \frac{f_y A}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_u A_{net}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_y A_{eff}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Siendo:

$$A = t(L_v + L_1 + L_3)$$

$$A_{net} = t(L_v + L_1 + L_3 - n d_{o,1})$$

$$A_{eff} = t(L_v + L_1 + L_2)$$

$$L_2 = (a_2 - k d_{o,2}) \frac{f_u}{f_y}$$

a_2 es la distancia de la fila de agujeros al borde más lejano.

$k = 2,5$ ya que hay dos filas de agujeros.

L_v es la distancia entre ejes de los tornillos extremos en dirección del esfuerzo.

L_1 es la distancia del último agujero al borde de la placa en sentido del esfuerzo.

L_3 es la distancia entre el eje del primer agujero, en el sentido del esfuerzo al borde de la chapa.

$$\text{Por lo tanto } L_v = 60mm \quad L_1 = 45mm \quad L_3 = 45mm \quad a_2 = 185mm$$

$$L_2 = (185\text{mm} - 2,5 * 13\text{mm}) \frac{410\text{ MPa}}{275\text{ MPa}} = 227,36\text{mm}$$

$$A = 8\text{mm}(60\text{mm} + 45\text{mm} + 45\text{mm}) = 1200\text{mm}^2$$

$$A_{net} = 8\text{mm}(60\text{mm} + 45\text{mm} + 45\text{mm} - 2 * 13\text{mm}) = 992\text{mm}^2$$

$$A_{eff} = 8\text{mm}(60\text{mm} + 45\text{mm} + 227,36\text{mm}) = 2658,88\text{mm}^2$$

De modo que cada una de las resistencias quedan:

$$F_{v,Rd} = \frac{275\text{MPa} * 1200\text{mm}^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 181,453\text{KN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{410\text{MPa} * 992\text{mm}^2}{\sqrt{3} * 1,25} = 187,856\text{KN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{275\text{MPa} * 2658,88\text{mm}^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 402,051\text{KN}$$

Se tomará como resistencia a desgarro la menor resistencia de ellas, de modo que:

$F_{v,Rd} = 181,453$ es mayor que el esfuerzo cortante al que está sometido cada tornillo, de modo que la placa aguantará el esfuerzo cortante al que estará sometido.

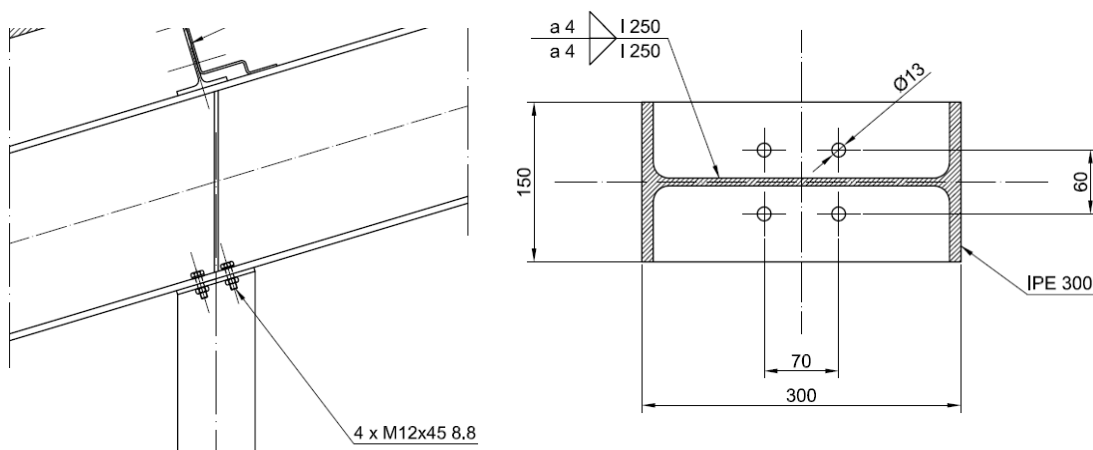


Imagen 13.3.2 Unión Dintel – Pilar hastial

13.4 UNIONES EN CERCHA

La cercha al tener una luz excesiva para su transporte, se construirá en dos tramos, es decir, partida por la mitad. Dichas mitades se unirán en obra mediante tornillos. Los tornillos unirán dos placas de acero, tanto en los extremos de los cordones superiores como en los de los cordones inferiores. A continuación se detallan los cálculos realizados para comprobar que dichas uniones son capaces de soportar los esfuerzos a los que estarán sometidas.

13.4.1 UNIÓN CORDÓN INFERIOR

Los cordones inferiores estarán unidos mediante dos chapas de 8mm de espesor cada una y dimensiones 150x200mm y 4 tornillos M20x55 8.8. Las chapas estarán a su vez soldadas a las chapas de unión entre los dos perfiles que componen el cordón inferior.

La unión se trata de una unión articulada debido a que no hay presencia de momentos flectores, de modo que solo estará sometida a esfuerzo de tracción. Por lo tanto será necesario comprobar la resistencia de los tornillos frente a esfuerzos de tracción, y la de cada una de las chapas frente a un posible punzonamiento por parte de la cabeza de los tornillos o de las tuercas.

El esfuerzo máximo de tracción al que estará sometido la unión vendrá dado de la siguiente combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,5N$$

$$N_{Ed} = 444,067KN$$

Cada tornillo soportará un esfuerzo de tracción de 111,017KN.

La resistencia a tracción de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Donde f_u es la resistencia del acero del tornillo, en éste caso, para un tornillo 8.8 $f_u = 800MPa$.

A_s Es la sección eficaz del tornillo, para un tornillo de M20 $A_s = 245mm^2$.

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 800MPa * 245mm^2}{1,25} = 141,12KN$$

De modo que con 4 tornillos,
 $F_{t,Rd} = 141,12KN * 4 = 1058,4KN > 444,067KN$

Por lo tanto los tornillos serán capaces de soportar el esfuerzo de tracción.

La resistencia de la placa frente a punzonamiento de la cabeza del tornillo o de la tuerca viene dada por la ecuación:

$$F_{P,Rd} = 0,6\pi d_m t_p \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Donde :

d_m es el menor valor de la distancia medida entre vértices y caras de la cabeza del tornillo y las caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

t_p es el espesor de la placa.

$$F_{P,Rd} = 0,6\pi * 30mm * 10mm \frac{410MPa}{1,25} = 185,48KN$$

La resistencia de la placa frente a punzonamiento es superior al esfuerzo de tracción al que estará sometido cada uno de los tornillos. Por el contrario, no es superior a la resistencia de tracción del tornillo, de modo que se produciría antes el punzonamiento de la placa que la rotura del tornillo debido a esfuerzo de tracción.

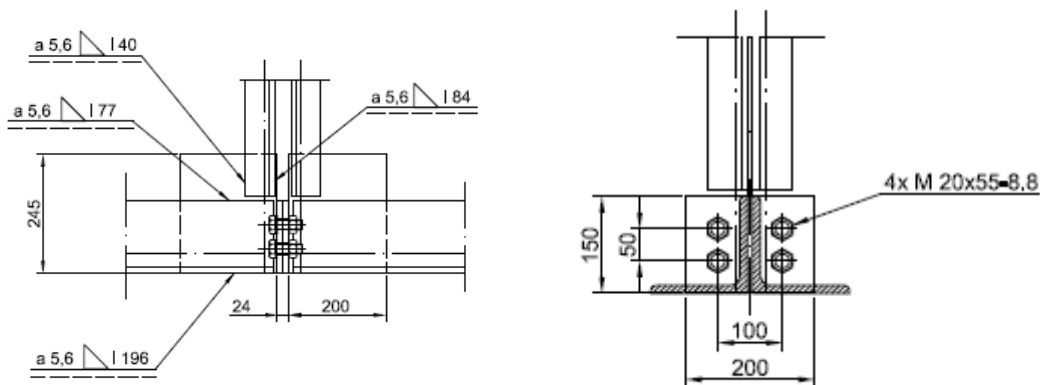


Imagen 13.4.1.1 Unión cordón inferior

13.4.2 UNIÓN CORDÓN SUPERIOR

Los cordones superiores de cada una de las cerchas estarán unidos entre ellos mediante dos placas de acero de 8mm de espesor cada una y dimensiones 150x200 mm unida a su vez mediante soldadura a la chapa que une los dos perfiles UPN 180 que componen cada uno de los cordones superiores de la cercha. Los dos cordones superiores estarán unidos por 4 tornillos M12x40 8.8 que serán atornillados en obra.

Se va a realizar la comprobación de la resistencia de los tornillos y la placa a los esfuerzos máximos a los que estará sometida la unión.

Al tratarse de una unión articulada, no existirán esfuerzos flectores en la unión, la unión estará sometida a esfuerzos cortantes y a esfuerzos de tracción provenientes de la diagonal que parten del nudo superior de la cercha ya que los cordones superiores están trabajando a compresión, de modo que los tornillos no trabajarán. Las diagonales generarán un esfuerzo de cortante y tracción sobre los tornillos.

Para la combinación de esfuerzos mediante la cual el esfuerzo cortante es mayor, el cordón superior genera una compresión en el nudo superior a la tracción que genera la diagonal, de modo que la unión solamente estará solicitada a cortante.

Por lo que se comprobará la resistencia de los tornillos frente a esfuerzos combinados de cortante la resistencia de la placa frente a aplastamiento y desgarro.

Los esfuerzos máximos sobre la unión vienen dados por la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05PG(-Y) + 1,5N + 0,9(V1b(0^\circ))$$

$$V_{Ed} = 44,416KN$$

-Comprobación de los tornillos.

La resistencia a cortante de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Donde f_u es la resistencia última del acero del tornillo, en éste caso, para un tornillo 8.8 $f_u = 800MPa$.

A_s Es la sección eficaz del tornillo, para un tornillo de M12 $A_s = 84,3mm^2$.

Por último, γ_{M2} es el coeficiente de seguridad para uniones atornilladas, $\gamma_{M2} = 1,25$.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * 800MPa * 84,3mm^2}{1,25} = 26,976KN$$

De modo que con 4 tornillos,
 $F_{v,Rd} = 26,976KN * 4 = 107,904KN > 44,416KN$

Otras comprobaciones necesarias son las resistencias de la placa a producirse aplastamiento y desgarró frente al esfuerzo cortante. La chapa tendrá mecanizados 4 agujeros pasantes de diámetro 13mm separados horizontalmente 70mm entre ellos y 50mm de los bordes de la placa. La distancia vertical entre los ejes de los agujeros será 50mm, de modo que la separación de los centros de los agujeros a los bordes de la chapa será de 75mm.

-Comprobación de la placa.

La resistencia de la placa frente a aplastamiento viene dada por la ecuación:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{M2}}$$

Donde $\alpha = \text{Min}[\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1]$

d_0 es el diámetro de los agujeros.

d es el diámetro de los tornillos.

t es el espesor de la placa.

Las distancias entre los agujeros pasantes deben de cumplir una serie de condiciones.

$$e_1 \geq 1,2d_0 \rightarrow 75mm > 1,2 * 13mm = 15,6mm$$

$$p_1 \geq 2,2d_0 \rightarrow 50mm > 2,2 * 13mm = 28,6mm$$

$$e_2 \geq 1,5d_0 \rightarrow 50mm > 1,5 * 13mm = 19,5mm$$

$$p_2 \geq 3d_0 \rightarrow 70mm > 3 * 13mm = 39mm$$

$\alpha = 1$

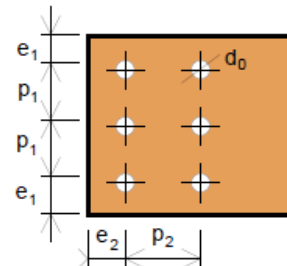


Imagen 13.4.2.1

Finalmente la comprobación queda:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 1 * 410MPa * 12mm * 8mm}{1,25} = 78,72KN$$

La resistencia de la chapa es mayor al esfuerzo cortante que debe soportar cada uno de los tornillos y que su resistencia frente a dicho esfuerzo.

La resistencia de la placa frente a desgarro será la menor resistencia dadas por las siguientes ecuaciones:

$$F_{v,Rd} = \frac{f_y A}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_u A_{net}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_y A_{eff}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Siendo:

$$A = t(L_v + L_1 + L_3)$$

$$A_{net} = t(L_v + L_1 + L_3 - n d_{o,1})$$

$$A_{eff} = t(L_v + L_1 + L_2)$$

$$L_2 = (a_2 - k d_{o,2}) \frac{f_u}{f_y}$$

a_2 es la distancia de la fila de agujeros al borde más lejano.

$k = 2,5$ ya que hay dos filas de agujeros.

L_v es la distancia entre ejes de los tornillos extremos en dirección del esfuerzo.

L_1 es la distancia del último agujero al borde de la placa en sentido del esfuerzo.

L_3 es la distancia entre el eje del primer agujero, en el sentido del esfuerzo al borde de la chapa.

$$\text{Por lo tanto } L_v = 50mm \quad L_1 = 75mm \quad L_3 = 75mm \quad a_2 = 120mm$$

$$L_2 = (120mm - 2,5 * 13mm) \frac{410 MPa}{275 MPa} = 130,455mm$$

$$A = 8mm(50mm + 75mm + 75mm) = 1600mm^2$$

$$A_{net} = 8mm(50mm + 75mm + 75mm - 2 * 13mm) = 1392mm^2$$

$$A_{eff} = 8mm(50mm + 75mm + 130,455mm) = 2043,64$$

De modo que cada una de las resistencias quedan:

$$F_{v,Rd} = \frac{275MPa * 1600mm^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 241,937KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{410MPa * 1392mm^2}{\sqrt{3} * 1,25} = 263,604KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{275MPa * 2043,64mm^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 309,02KN$$

Se tomará como resistencia a desgarro la menor resistencia de ellas, de modo que:

$F_{v,Rd} = 241,937KN$ es mayor que el esfuerzo cortante al que está sometido cada tornillo, de modo que la placa aguantará el esfuerzo cortante al que estará sometido.

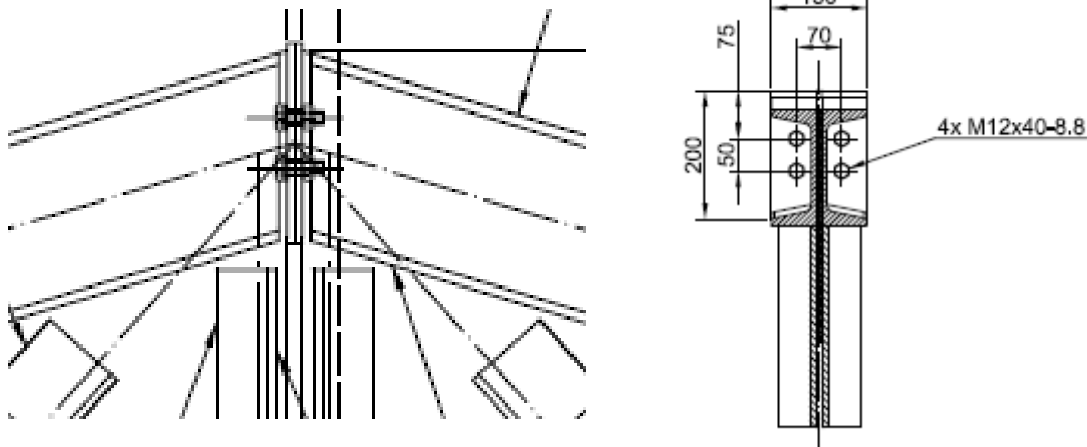


Imagen 13.4.2.2 Unión cordones superiores.

13.5 UNIONES DE MARQUESINA

13.5.1 CORDÓN INFERIOR – PILAR

El cordón inferior de cada una de las marquesinas estará unido al ala de cada uno de los pilares mediante placas de acero de 10mm de espesor y dimensiones 220x160 mm unida a su vez mediante soldadura a la chapa que une los dos perfiles L-150x12 que componen el cordón inferior de la cercha. Dicha chapa estará unida al pilar por 4 tornillos M12x55-8.8 que serán atornillados en obra.

Se va a realizar la comprobación de la resistencia de los tornillos y la chapa a los esfuerzos máximos a los que estará sometida la unión.

Al tratarse de una unión articulada, no existirán esfuerzos flectores en la unión, la unión estará sometida a esfuerzos de tracción provenientes del cordón inferior.

Por lo que se comprobará la resistencia de los tornillos frente a esfuerzos tracción y la resistencia de la chapa frente a punzonamiento por parte del tornillo.

El esfuerzo máximo de tracción sobre la unión viene dado por la combinación de esfuerzos:

$$0,8PP + 1,5(Maquesina(\varphi = 1)Arriba))$$

$$N_{Ed} = 135,156 \text{ KN}$$

La resistencia a tracción de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 800 \text{ MPa} * 84,3 \text{ mm}^2}{1,25} = 48,557 \text{ KN}$$

De modo que con 4 tornillos,

$$F_{t,Rd} = 48,557 \text{ KN} * 4 = 194,228 \text{ KN} > 135,156 \text{ KN}$$

De modo que los tornillos serán capaces de resistir los esfuerzos de tracción a los que estarán sometidos.

Otras comprobaciones necesarias son las resistencias de la placa a ser punzonada por la cabeza o la tuerca del tornillo. La chapa tendrá mecanizados 4 agujeros pasantes de diámetro 13mm separados horizontalmente 120mm entre ellos y 50mm de los bordes de la placa. La distancia vertical entre los ejes de los agujeros será 50mm, de modo que la separación de los centros de los agujeros a los bordes de la chapa será de 55mm.

-Comprobación de la placa.

La resistencia de la placa frente a punzonamiento de la cabeza del tornillo o de la tuerca viene dada por la ecuación:

$$F_{P,Rd} = 0,6\pi d_m t_p \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Donde :

d_m es el menor valor de la distancia medida entre vértices y caras de la cabeza del tornillo y las caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

t_p es el espesor de la placa.

$$F_{P,Rd} = 0,6\pi * 22mm * 10mm \frac{410MPa}{1,25} = 136KN$$

La resistencia de la placa frente a punzonamiento es superior al esfuerzo de tracción al que estará sometido cada uno de los tornillos.

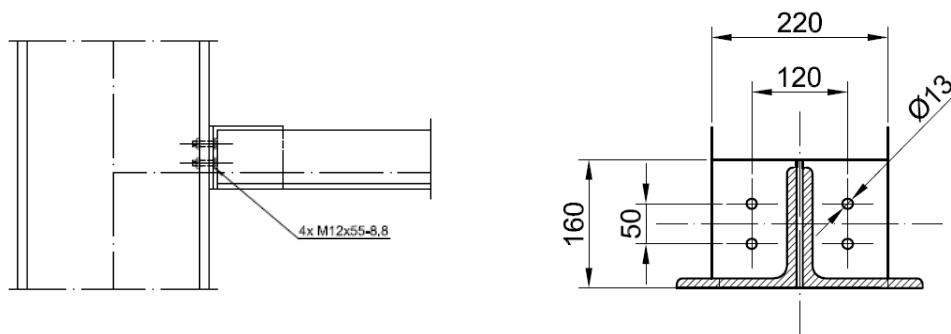


Imagen 13.5.1.1 Unión cordón inferior-Pilar

13.5.2 CORDÓN SUPERIOR – CERCHA

El cordón superior de cada una de las marquesinas estará unido al ala de cada una de las patas de las cerchas mediante placas de acero de 12mm de espesor y dimensiones 170x300 mm unida a su vez mediante soldadura a la chapa que une los dos perfiles UPN 180 que componen el cordón superior de la marquesina. Dicha chapa estará unida a la pata de la cercha por 6 tornillos M22x70- 10.9 que serán atornillados en obra.

Se va a realizar la comprobación de la resistencia de los tornillos y la chapa a los esfuerzos máximos a los que estará sometida la unión.

Al tratarse de una unión articulada, no existirán esfuerzos flectores en la unión, la unión estará sometida a esfuerzos cortantes y a esfuerzos de tracción provenientes del cordón superior y la diagonal.

Por lo que se comprobará la resistencia de los tornillos frente a esfuerzos combinados de cortante y tracción y la resistencia de la chapa frente a aplastamiento, desgarro y punzonamiento por parte del tornillo.

Los esfuerzos máximos sobre la unión vienen dados por la combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,5N + 0,9(Maquesina(\varphi = 0)Abajo)$$

$$N_{Ed} = 727,328KN$$

$$V_{Ed} = 56,04KN$$

-Comprobación de los tornillos.

La resistencia a cortante de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Donde f_u es la resistencia del acero del tornillo, en éste caso, para un tornillo $10.9 f_u = 1000MPa$.

A_s Es la sección eficaz del tornillo, para un tornillo de M22 $A_s = 303mm^2$.

Por último, γ_{M2} es el coeficiente de seguridad para uniones atornilladas, $\gamma_{M2} = 1,25$.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * 1000MPa * 303mm^2}{1,25} = 121,2KN$$

De modo que con 6 tornillos, $F_{v,Rd} = 121,2KN * 6 = 727,2KN > 336,253KN$

La resistencia a tracción de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 1000MPa * 303mm^2}{1,25} = 218,16KN$$

De modo que con 6 tornillos, $F_{t,Rd} = 218,6KN * 6 = 1311,6KN > 727,328KN$

La resistencia a tracción y cortante combinados de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} < 1$$

Los esfuerzos de cortante que debe soportar cada uno de los tornillos son:

$N_{Ed} = 121,221KN$ y $V_{Ed} = 56,04KN$ Por lo que la comprobación queda:

$$\frac{56,04KN}{121,2KN} + \frac{121,221KN}{1,4(218,16KN)} = 0,462 + 0,397 = 0,859 < 1$$

De modo que los tornillos serán capaces de resistir los esfuerzos a los que estarán sometidos.

Otras comprobaciones necesarias son las resistencias de la placa a producirse aplastamiento y desgarró frente al esfuerzo cortante y a ser punzonada por la cabeza o la tuerca del tornillo. La chapa tendrá mecanizados 6 agujeros pasantes de diámetro 24mm separados horizontalmente 88mm entre ellos y 41mm de los bordes de la placa. La distancia vertical entre los ejes de los agujeros será 85mm, de modo que la separación de los centros de los agujeros a los bordes de la chapa será de 65mm.

-Comprobación de la placa.

La resistencia de la placa frente a aplastamiento viene dada por la ecuación:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{Donde } \alpha = \text{Min}\left[\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right]$$

d_0 es el diámetro de los agujeros.

d es el diámetro de los tornillos.

t es el espesor de la placa.

Las distancias entre los agujeros pasantes deben de cumplir una serie de condiciones.

$$e_1 \geq 1,2d_0 \rightarrow 65\text{mm} > 1,2 * 24\text{mm} = 28,8\text{mm}$$

$$p_1 \geq 2,2d_0 \rightarrow 85\text{mm} > 2,2 * 24\text{mm} = 52,8\text{mm}$$

$$e_2 \geq 1,5d_0 \rightarrow 41\text{mm} > 1,5 * 24\text{mm} = 36\text{mm}$$

$$p_2 \geq 3d_0 \rightarrow 88\text{mm} > 3 * 24\text{mm} = 72\text{mm}$$

$$\alpha = \frac{65\text{mm}}{3(24\text{mm})} = 0,902$$

Finalmente la comprobación queda:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 0,902 * 410\text{MPa} * 22\text{mm} * 12\text{mm}}{1,25} = 195,265\text{KN}$$

La resistencia de la chapa es mayor al esfuerzo cortante que debe soportar cada uno de los tornillos y que su resistencia frente a dicho esfuerzo.

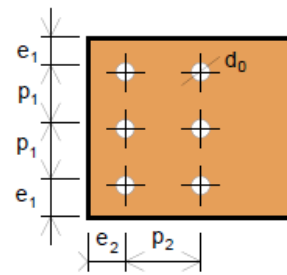


Imagen 13.5.2.1

La resistencia de la placa frente a desgarro será la menor resistencia dadas por las siguientes ecuaciones:

$$F_{v,Rd} = \frac{f_y A}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_u A_{net}}{\sqrt{3} \gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = \frac{f_y A_{eff}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Siendo:

$$A = t(L_v + L_1 + L_3)$$

$$A_{net} = t(L_v + L_1 + L_3 - n d_{o,1})$$

$$A_{eff} = t(L_v + L_1 + L_2)$$

$$L_2 = (a_2 - k d_{o,2}) \frac{f_u}{f_y}$$

a_2 es la distancia de la fila de agujeros al borde más lejano.

$k = 2,5$ ya que hay dos filas de agujeros.

L_v es la distancia entre ejes de los tornillos extremos en dirección del esfuerzo.

L_1 es la distancia del último agujero al borde de la placa en sentido del esfuerzo.

L_3 es la distancia entre el eje del primer agujero, en el sentido del esfuerzo al borde de la chapa.

Por lo tanto $L_v = 170mm$ $L_1 = 65mm$ $L_3 = 65mm$ $a_2 = 129mm$

$$L_2 = (129mm - 2,5 * 24mm) \frac{410 MPa}{275 MPa} = 102,873mm$$

$$A = 12mm(170mm + 65mm + 65mm) = 3600mm^2$$

$$A_{net} = 12mm(170mm + 65mm + 65mm - 2 * 24mm) = 2736mm^2$$

$$A_{eff} = 12mm(170mm + 65mm + 102,873mm) = 4054,476mm^2$$

De modo que cada una de las resistencias quedan:

$$F_{v,Rd} = \frac{275MPa * 3600mm^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 544,36KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{410MPa * 2736mm^2}{\sqrt{3} * 1,25} = 518,119KN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{275MPa * 4143,924mm^2}{\sqrt{3} * 1,05} = 613,08KN$$

Se tomará como resistencia a desgarro la menor resistencia de ellas, de modo que:

$F_{v,Rd} = 518,119KN$ es mayor que el esfuerzo cortante al que está sometido cada tornillo, de modo que la placa aguantará el esfuerzo cortante al que estará sometido.

La resistencia de la placa frente a punzonamiento de la cabeza del tornillo o de la tuerca viene dada por la ecuación:

$$F_{P,Rd} = 0,6\pi d_m t_p \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Donde :

d_m es el menor valor de la distancia medida entre vértices y caras de la cabeza del tornillo y las caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

t_p es el espesor de la placa.

$$F_{P,Rd} = 0,6\pi * 36mm * 12mm \frac{410MPa}{1,25} = 267,09KN$$

La resistencia de la placa frente a punzonamiento es superior al esfuerzo de tracción al que estará sometido cada uno de los tornillos.

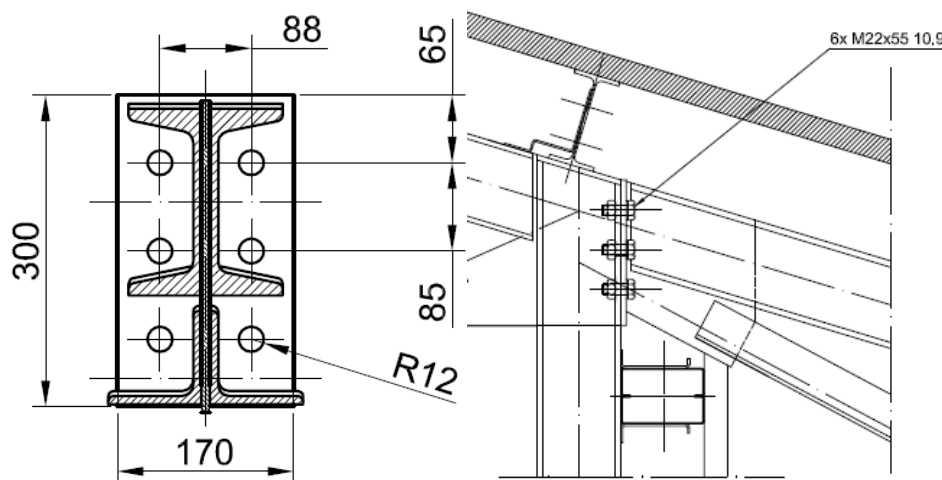


Imagen 13.5.2.2 Unión Cordón superior –pata de cercha

13.6 UNIÓN DINTELES HASTIALES

En éste apartado se resume el cálculo y dimensionado la unión entre los dos dientes de los pórticos hastiales de la estructura realizado por CYPE y que se ha tomado como definitivo.

Se trata de una unión rígida, ya que en la zona hay presencia de momentos flectores sobre el dintel, de modo que se toma como unión dos placas de acero atornilladas entre ellas mediante 6 tornillos M16x65-10.9. Cada una de las chapas irá soldada al contorno del perfil del dintel, es decir, en las alas y en el alma, para poder transmitir los momentos flectores.

Comprobaciones para los tornillos

Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$ entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$ del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$ entre ejes de agujeros.

siendo d_0 el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para e_1 y e_2 $\begin{cases} \leq 40 \text{ mm} + 4t \\ \leq 12t \text{ ó } 150 \text{ mm} \end{cases}$

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será $p \leq 14 \cdot t$ ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será $p \leq 28 \cdot t$ ó 400 mm.

Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0.5 f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \quad (8.7)$$

siendo

n: número de planos de corte.

f_{ub}: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A_d o el área resistente del tornillo A_s , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

$$F_{t,Rd} = \frac{2,5 \alpha f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.8)$$

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

f_u : resistencia última del acero de las chapas que se unen.

α : es el menor de:

$$\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0$$

Donde:

e_1 : distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

p_1 : separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

d_0 : diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción $F_{t,Rd}$, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (8.12)$$

siendo

A_s : área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, $F_{p,Rd}$, dada por:

$$F_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} \quad (8.13)$$

siendo

t_p : espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

d_m : menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (8.14)$$

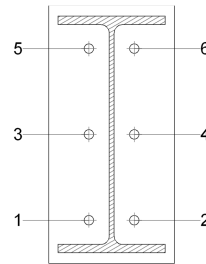
siendo

$F_{v,Ed}$: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

$F_{t,Ed}$: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

$F_{v,Rd}$: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

$F_{t,Rd}$: resistencia de cálculo en tracción.



Disposición							
Tornillo	Denominación	0 mm)	1 mm)	2 mm)	1 mm)	2 mm)	mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	8.0	4	-	2	36	2.0
2	ISO 4014-M16x65-8.8	8.0	4	-	2	36	2.0
3	ISO 4014-M16x65-8.8	8.0	4	-	2	36	2.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	8.0	4	-	2	36	2.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	8.0	4	-	2	36	2.0
6	ISO 4014-M16x65-8.8	8.0	4	-	2	36	2.0
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	1.199	64.340	1.86	Vástago	83.913	90.432	92.79	67.64	92.79
	Aplastamiento	1.199	183.680	0.65	Punzonamiento	83.913	219.639	38.20		
2	Sección transversal	1.173	64.340	1.82	Vástago	84.712	90.432	93.67	68.26	93.67
	Aplastamiento	1.173	183.680	0.64	Punzonamiento	84.712	219.639	38.57		
3	Sección transversal	0.965	64.340	1.50	Vástago	52.535	90.432	58.09	42.43	58.09
	Aplastamiento	0.965	183.680	0.53	Punzonamiento	52.535	219.639	23.92		
4	Sección transversal	0.930	64.340	1.45	Vástago	53.455	90.432	59.11	43.14	59.11
	Aplastamiento	0.930	183.680	0.51	Punzonamiento	53.455	219.639	24.34		
5	Sección transversal	0.820	64.340	1.27	Vástago	8.547	90.432	9.45	7.54	9.45
	Aplastamiento	0.820	183.680	0.45	Punzonamiento	8.547	219.639	3.89		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistencia (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
6	Sección transversal	0.994	64.340	1.54	Vástago	8.656	90.432	9.57	7.88	9.57
	Aplastamiento	0.994	183.680	0.54	Punzonamiento	8.656	219.639	3.94		

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$89.68 \text{ kN} \leq 164.45 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axil.

$$N_{Ed} : 89.68 \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : 164.45 \text{ kN}$$

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

Donde:

A : Área sometida a tracción

$$A : 628.00 \text{ mm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

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

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axil.

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ N/mm}^2$$

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

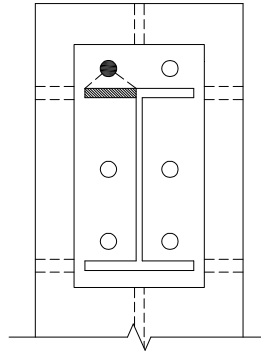
f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Fila	Área (mm ²)	N _{Ed} (kN)	N _{t,Rd} (kN)	Aprov. (%)
Superior	1080	39.87	282.73	14.10
Inferior	--	--	--	--
Σ		39.87	282.73	14.10



Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{Ed} deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$$

$$191.59 \text{ kN} \leq 590.35 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

N_{Ed} : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : 191.59 \text{ kN}$$

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo de la sección a compresión.

$$N_{c,Rd} : 590.35 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f'_y}{\gamma_{M0}}$$

Donde:

A : Área sometida a compresión

$$A : 2254 \text{ mm}^2$$

f'_y : Tensión de límite elástico reducida.

$$f'_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f'_y = (1 - \rho) \cdot f_y$$

f_y : Tensión de límite elástico.

$$f_y : 275.00 \text{ N/mm}^2$$

ρ : Factor de reducción

$$\rho : 0.000$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección $V_{pl,Rd}$, no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$F_{T,Ed} \leq F_{T,Rd}$$

$$169.42 \text{ kN} \leq 180.86 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

F_{T,Ed}: Fuerza de tracción solicitante **F_{T,Ed}** : 169.42 kN

F_{T,Rd}: Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente **F_{T,Rd}** : 180.86 kN

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} \quad \mathbf{F_{T,3,Rd}} : \underline{180.86} \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} \quad \mathbf{F_{T,2,Rd}} : \underline{192.24} \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} \quad \mathbf{F_{T,1,Rd}} : \underline{322.54} \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 0.

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) \quad \mathbf{F_{T,Rd}} : \underline{180.86} \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} = 0.25 \sum l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} \quad \mathbf{M_{pl,1,Rd}} : \underline{2.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0.25 \sum l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} \quad \mathbf{M_{pl,2,Rd}} : \underline{2.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

ΣF_{t,Rd}: Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos **ΣF_{t,Rd}** : 180.86 kN

t_f: Espesor de la chapa **t_f** : 14.0 mm

m: Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela **m** : 27 mm

n: Igual e_{min} pero n ≤ 1,25 · m **n** : 34 mm

Σl_{eff,1}: Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.* **Σl_{eff,1}** : 173 mm

Σl_{eff,2}: Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.* **Σl_{eff,2}** : 221 mm

f_y: Tensión de límite elástico. **f_y** : 75.00 /mm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material. **γ_{M0}** : .05

Nota: * En el caso de una fila de tornillos individual Σl_{eff} deberá tomarse igual a la longitud eficaz l_{eff} para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

Cordones de soldadura

Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (α) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$ No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$ Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

β_w : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

f_u : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

σ_{\perp} : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

σ_{\parallel} : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

τ_{\perp} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

τ_{\parallel} : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	mm)	mm)	mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo		70	2.7	73.30
Soldadura del alma	En ángulo		23	.0	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo		70	2.7	73.30
<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		u N/mm ²)	w
	⊥ N/mm ²)	⊥ N/mm ²)	 N/mm ²)	alor N/mm ²)	prov. (%)	⊥ N/mm ²)	prov. (%)		
Soldadura del ala superior	7.0	3.2	.2	19.1	0.87	6.8	7.31	10.0	.85
Soldadura del alma	11.5	11.5	.1	23.1	7.80	11.5	4.00	10.0	.85
Soldadura del ala inferior	4.0	9.5	.3	87.6	8.61	0.0	4.39	10.0	.85

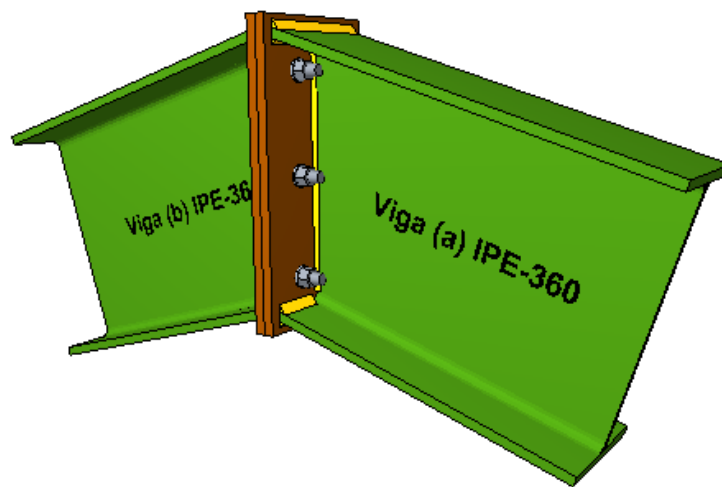


Imagen 13.6 Unión de dinteles hastiales

13.7 UNIÓN DE ARRIOSTRAMIENTOS

Los montantes de sistema de arriostrado de la estructura estarán unidos a la estructura mediante dos chapas de acero de 8mm de espesor y de dimensiones 100x60mm, una soldada a la estructura y otra soldada al montante y éstas a su vez unidas entre ellas por un tornillo M16x45-8.8 en los montantes de cubierta y por un tornillo M12x40-8.8 en los montantes de fachada.

La unión estará solamente sometida a esfuerzos de cortadura, ya que solo transmitirán a los montantes esfuerzos axiales, por lo que se tratará de una unión articulada. De modo que solamente será necesario comprobar la resistencia de los tornillos frente a esfuerzos cortantes y de las placas frente a

aplastamiento. Se comprobarán tanto las uniones de los montantes de fachada como los de cubierta.

13.7.1 MONTANTES DE FACHADA

El esfuerzo cortante máximo vendrá dado por la siguiente combinación de esfuerzos:

$$1,35PP + 1,05N + 1,05PG(-Y) + 1,5V2(270^\circ)$$

$$V_{Ed} = 23,439KN$$

-Comprobación de los tornillos.

La resistencia a cortante de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Donde f_u es la resistencia del acero del tornillo, en éste caso, para un tornillo 8.8 $f_u = 800MPa$.

A_s Es la sección eficaz del tornillo, para un tornillo de M12 $A_s = 84,3mm^2$.

Por último, γ_{M2} es el coeficiente de seguridad para uniones, $\gamma_{M2} = 1,25$.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * 800MPa * 84,3mm^2}{1,25} = 26,976KN$$

De modo que $26,976KN > 23,439KN$

Por lo tanto, los tornillos son capaces de soportar el esfuerzo cortante al que estarán sometidos.

La otra comprobación necesaria es la resistencia de la placa a producirse aplastamiento frente al esfuerzo cortante. La chapa tendrá mecanizado 1 agujero pasante de diámetro 13mm situado sobre el eje de simetría y distanciado 30mm del extremo de la chapa y 70mm de la unión con el montante o estructura principal.

-Comprobación de la chapa.

La resistencia de la placa frente a aplastamiento viene dada por la ecuación:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{M2}}$$

Donde $\alpha = \text{Min}[\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1]$

d_0 es el diámetro de los agujeros.

d es el diámetro de los tornillos.

t es el espesor de la placa.

Las distancias entre los agujeros pasantes deben de cumplir una serie de condiciones.

$$e_1 \geq 1,2d_0 \rightarrow 30\text{mm} > 1,2 * 13\text{mm} = 15,6\text{mm}$$

$$e_2 \geq 1,5d_0 \rightarrow 30\text{mm} > 1,5 * 13\text{mm} = 19,5\text{mm}$$

$$\alpha = \frac{30\text{mm}}{3(13\text{mm})} = 0,77$$

Finalmente la comprobación queda:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 0,77 * 410\text{MPa} * 13\text{mm} * 8\text{mm}}{1,25} = 65,665\text{KN}$$

La resistencia de la chapa es mayor al esfuerzo cortante que debe soportar el tornillo.

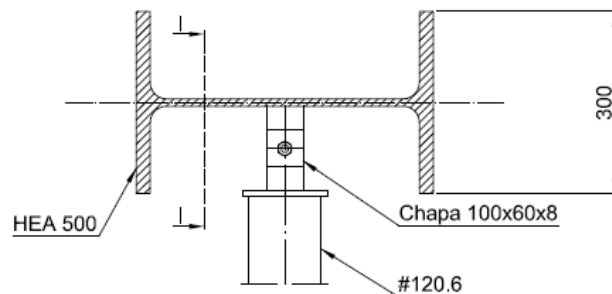


Imagen 13.7.1.1 Unión montante de fachada.

13.7.2 MONTANTES DE CUBIERTA

El esfuerzo cortante máximo vendrá dado por la siguiente combinación de esfuerzos:

$$0,8PP + 1,05PG(+Y) + 1,5V2(270^\circ)$$

$$V_{Ed} = 26,805\text{KN}$$

-Comprobación de los tornillos.

La resistencia a cortante de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Donde f_u es la resistencia del acero del tornillo, en éste caso, para un tornillo 8.8 $f_u = 800MPa$.

A_s Es la sección eficaz del tornillo, para un tornillo de M16 $A_s = 157mm^2$.

Por último, γ_{M2} es el coeficiente de seguridad para uniones, $\gamma_{M2} = 1,25$.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * 800MPa * 157mm^2}{1,25} = 50,24KN$$

De modo que $50,24KN > 26,805KN$

Por lo tanto, los tornillos son capaces de soportar el esfuerzo cortante al que estarán sometidos.

La otra comprobación necesaria es la resistencia de la placa a producirse aplastamiento frente al esfuerzo cortante. La chapa tendrá mecanizado 1 agujero pasante de diámetro 18mm situado sobre el eje de simetría y distanciado 30mm del extremo de la chapa y 70mm de la unión con el montante o estructura principal.

-Comprobación de la chapa.

La resistencia de la placa frente a aplastamiento viene dada por la ecuación:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{Donde } \alpha = \text{Min}\left[\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right]$$

d_0 es el diámetro de los agujeros.

d es el diámetro de los tornillos.

t es el espesor de la placa.

Las distancias entre los agujeros pasantes deben de cumplir una serie de condiciones.

$$e_1 \geq 1,2d_0 \rightarrow 30mm > 1,2 * 18mm = 21,6mm$$

$$e_2 \geq 1,5d_0 \rightarrow 30mm > 1,5 * 18mm = 27mm$$

$$\alpha = \frac{30mm}{3(18mm)} = 0,555$$

Finalmente la comprobación queda:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 * 0,555 * 410MPa * 18mm * 8mm}{1,25} = 65,534KN$$

La resistencia de la chapa es mayor al esfuerzo cortante que debe soportar el tornillo.

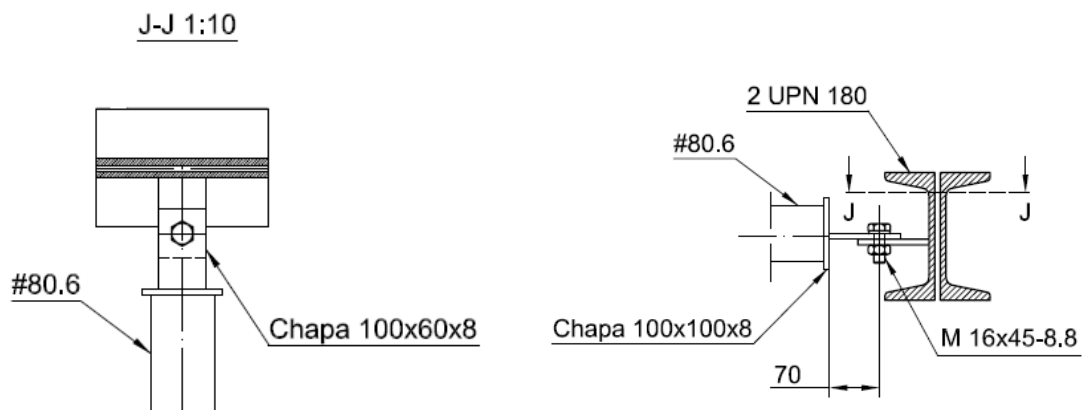


Imagen13.7.2.1 Unión montantes.

13.8 TORNILLOS DE AMARRE VIGA CARRIL

Las vigas carril estarán amarradas a las ménsulas mediante dos tornillos M12x50-8.8 por tramo de viga. En la ménsula se realizarán 2 agujeros pasantes de diámetro 13mm y separados entre ellos una distancia de 110mm.

Los tornillos de amarre para la viga carril del puente grúa, estarán sometidos al esfuerzo cortante producido por la reacción del puente grúa cuando frena el carro, de modo que deberán ser capaces de resistir dicho esfuerzo cortante.

El esfuerzo cortante que produce el puente grúa es:

$$V_{Ed} = 7,172KN.$$

La resistencia a cortante de un tornillo viene dada por la siguiente ecuación:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * f_u * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Donde f_u es la resistencia del acero del tornillo, en éste caso, para un tornillo 8.8 $f_u = 800MPa$.

A_s Es la sección eficaz del tornillo, para un tornillo de M12 $A_s = 84,3mm^2$.

Por último, γ_{M2} es el coeficiente de seguridad para uniones, $\gamma_{M2} = 1,25$.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 * 800MPa * 84,3mm^2}{1,25} = 26,976KN$$

De modo que habiendo 2 tornillos $F_{v,Rd} = 2 * 26,976KN = 53,952KN > 7,172KN$

Por lo tanto, los tornillos son capaces de soportar el esfuerzo cortante al que estarán sometidos.

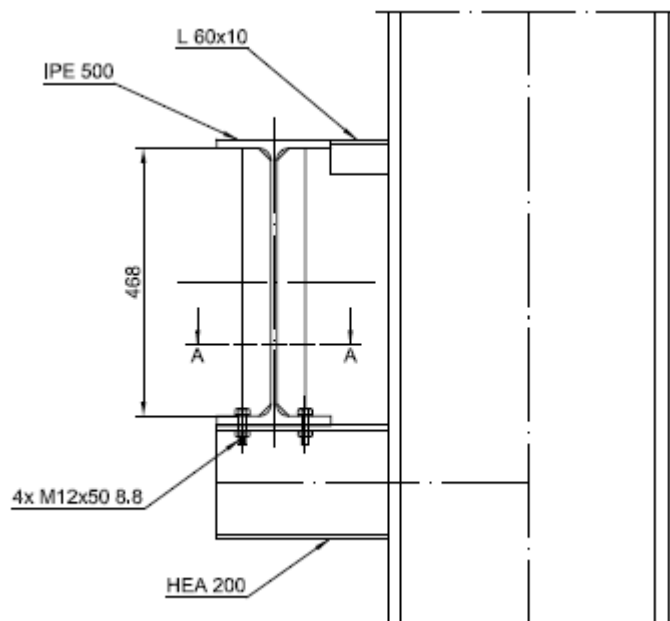


Imagen 13.8 Viga carril arriostrada, rigidizada y atornillada

14. CÁLCULO DE CIMENTACIÓN

En éste apartado se resume el cálculo y dimensionado de la cimentación de la estructura realizado por CYPE y que se ha tomado como definitivo.

Solamente se ha tomado como parámetro de diseño el canto de las zapatas que se tomará 1,2 metros ya que está condicionada por la longitud de anclaje de los pernos.

Se definen como Zapata Tipo A las zapatas sobre las que descansarán los pilares principales y como Zapatas Tipo B sobre las que lo harán los pilares de cierre.

Referencia: ZAPATA TIPO A Dimensiones: 230 x 340 x 120 Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno:</p> <p><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.117131 MPa</p> <p>Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.14921 MPa</p> <p>Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.234655 MPa</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata:</p> <p><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></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 873.3 %</p> <p>Reserva seguridad: 15.0 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Momento: 84.40 kN·m</p> <p>Momento: 452.68 kN·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>

Referencia: ZAPATA TIPO A Dimensiones: 230 x 340 x 120 Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 244.76 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 152.4 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 120 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N 6:	Mínimo: 85 cm Calculado: 111 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>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple

Referencia: ZAPATA TIPO A Dimensiones: 230 x 340 x 120 Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 20 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 20 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: 26 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 26 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: 26 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 26 cm	Cumple

Referencia: ZAPATA TIPO A		
Dimensiones: 230 x 340 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 23 cm Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08) - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.07 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.49 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 1100.29 kN		

Referencia: ZAPATA TIPO B

Dimensiones: 200 x 300 x 120 Armados: Xi:Ø20c/29 Yi:Ø20c/29 Xs:Ø20c/29 Ys:Ø20c/29		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0489519 MPa	Cumple
Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0477747 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0939798 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: 12071.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 40.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 34.68 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 124.29 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 36.20 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 96.7 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 120 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N204:	Mínimo: 84 cm Calculado: 111 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple

Referencia: ZAPATA TIPO B Dimensiones: 200 x 300 x 120 Armados: Xi:Ø20c/29 Yi:Ø20c/29 Xs:Ø20c/29 Ys:Ø20c/29		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 20 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 20 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: 29 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 29 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: 29 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 29 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 26 cm	Cumple

Referencia: ZAPATA TIPO B Dimensiones: 200 x 300 x 120 Armados: Xi:Ø20c/29 Yi:Ø20c/29 Xs:Ø20c/29 Ys:Ø20c/29		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 26 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 46 cm Calculado: 46 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 46 cm Calculado: 46 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08) - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.03 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.14 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 956.77 kN		

15. CÁLCULO DE INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

Se va a proceder a realizar el cálculo de la instalación mínima de saneamiento para la evacuación de aguas pluviales siguiendo las directrices del CTE-DB-HS5 en su apartado 4.2 Dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales.

El primer paso es localizar en el mapa pluviométrico la zona en la que se encuentra la localidad de Valdelinares. La localidad se encuentra en la Zona A y coincide con la Isoyeta 40, de modo que la intensidad pluviométrica es de 125mm/h.

El siguiente paso es calcular el número mínimo de sumideros de los que deberá disponer la cubierta, en función de la superficie horizontal de cubierta de la que dispone la estructura a construir. De modo que el dimensionado se inicia calculando dicha superficie.

Como superficie de cubierta se tendrán en cuenta la cubierta de la estructura cerrada más la cubierta de la zona de marquesina.

$$S = (18m + 5m) * 50m = 1150m^2$$

Según la tabla 4.6 del CTE-DB-HS5 se obtienen el número de sumideros por cubierta.

Tabla 4.6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta	
Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Número de sumideros
$S < 100$	2
$100 \leq S < 200$	3
$200 \leq S < 500$	4
$S \geq 500$	1 cada 150 m ²

En éste caso, el número de sumideros serán:

$$n = \frac{1150m^2}{150m^2} = 7,66$$

Se utilizarán 10 sumideros, repartidos en 5 sumideros en cada vertiente de la cubierta colocados a una distancia de 10 metros entre ellos.

Seguidamente se calculan los canalones que deberán ir colocados en el límite de cada vertiente de la cubierta.

Con los sumideros separados por 10 metros, la superficie máxima en proyección horizontal que deberá ser capaz de evacuar cada canalón será la que en caso más desfavorable engloba a la vertiente de cubierta más la de marquesina, y la longitud de cada canalón serán 5 metros de modo que la superficie será:

$$S = 5m * (9m + 5m) = 70m^2$$

Para un canalón colocado con un 1% de pendiente y una zona con intensidad pluviométrica menor de 100mm/h se utiliza la tabla 4.7 del CTE-DB-HS5 para conocer la sección de los canalones.

- 1 El *diámetro nominal* del canalón de evacuación de *aguas pluviales* de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se obtiene en la tabla 4.7 en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h				
Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Pero, al ser la intensidad pluviométrica de 125mm/h se estipula que:

- 2 Para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 100 mm/h (véase el Anexo B), debe aplicarse un factor *f* de corrección a la superficie servida tal que:

$$f = i / 100 \quad (4.1)$$

siendo

i la intensidad pluviométrica que se quiere considerar.

Dicho factor de corrección será:

$$f = \frac{125}{100} = 1,25$$

Por lo tanto la superficie servida a cada canalón será:

$$S = 70m^2 * 1,25 = 87,5m^2$$

Por lo que el diámetro del canalón será:

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

De modo que en supuesto de colocar un canalón semicircular, debería tener un diámetro de 150mm. Pero se ha escogido colocar un canalón de sección cuadrada y que esté oculto a la vista. De modo que según estipula el CTE-DB-HS5.

- 3 Si la sección adoptada para el canalón no fuese semicircular, la sección cuadrangular equivalente debe ser un 10 % superior a la obtenida como sección semicircular.

La superficie de un canalón semicircular de 150mm de diámetro sería:

$$S = \frac{\pi \phi^2}{4} * \frac{1}{2} = \frac{\pi * (150mm)^2}{8} = 8835,73mm^2$$

De modo que la superficie de un canalón cuadrangular será:

$$S = 1,1 * 8835,73mm^2 = 9719,303mm^2$$

Y por tanto el lado del canalón cuadrangular será:

$$l = \sqrt{9719,303mm^2} = 99mm$$

Por cuestiones constructivas se adoptará un canalón cuadrado de 180x180mm.

Para el cálculo de las bajantes el CTE-DB-HS5 estipula que:

- 2 Análogamente al caso de los canales, para intensidades distintas de 100 mm/h, debe aplicarse el factor f correspondiente.

La superficie servida a cada bajante de será la vertiente de cubierta más marquesina y como cada canalón de 5 metros servirá a cada bajante, la longitud serán 10 metros de canalón, además, hay que aplicar el factor de corrección, de modo que la superficie servida es:

$$S = (9m + 5m) * 10m * 1,25 = 175m^2$$

De modo que el diámetro mínimo de la bajante será lo que la tabla 4.8 especifica.

Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

El diámetro mínimo de la bajante deberá ser 75mm, pero se adopta una bajante de 90mm de diámetro ya que un diámetro de 75mm es pequeño constructivamente.

Para el cálculo de los colectores, el CTE-DB-HS5 establece:

- 2 El diámetro de los colectores de aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.9, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

De modo que se va a calcular el diámetro de los colectores por tramos de evacuación, es decir, acumulando los tramos de superficie proyectada que debe evacuar sucesivamente. Las superficies se resumen en la primera tabla, empezando desde el pórtico 11 hacia el pórtico 1. Todos los colectores se colocarán con 1% de pendiente.

Nº DE COLECTOR	SUPERFICIE PROYECTADA	DIÁMETRO DEL COLECTOR
Colector 1	$14m * 10m = 140m^2$	Ø110mm
Colector 2	$2 * (14m * 10m) = 280m^2$	Ø125mm
Colector 3	$3 * (14m * 10m) = 420m^2$	Ø160mm
Colector 4	$4 * (14m * 10m) = 560m^2$	Ø160mm
Colector 5	$5 * (14m * 10m) = 700m^2$	Ø200mm
Colector 6	$10 * (14m * 10m) = 1400m^2$	Ø250mm

Por cuestiones de homogeneizar la instalación se colocarán los colectores 1, 2, 3 y 4 de tubo de diámetro 160mm.

Para el cálculo de las arquetas el CTE-DB-HS5 establece las dimensiones según la siguiente tabla.

- 1 En la tabla 4.13 se obtienen las dimensiones mínimas necesarias (longitud L y anchura A mínimas) de una arqueta en función del diámetro del *colector* de salida de ésta.

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

L x A [cm]	Diámetro del <i>colector</i> de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Nº DE ARQUETA	DIÁMETRO DEL COLECTOR	DIMENSIONES DE ARQUETAS
Arqueta 1	Ø160mm	60X60
Arqueta 2	Ø160mm	60X60
Arqueta 3	Ø160mm	60X60
Arqueta 4	Ø160mm	60X60
Arqueta 5	Ø200mm	60X70
Arqueta 6	Ø250mm	A la red general

Constructivamente las dimensiones de las arquetas serán de 630x630x800mm y de 750x750x1050mm.

En Zaragoza a 5 de Febrero de 2016.

Firmado, el Autor:

Sergio Clavero Pina.

ANEXO II

**INFORME TÉCNICO DE PROTECCIÓN
CONTRA INCENDIOS.**

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE.....	1
3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	1
4. CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO	2
5. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS	4
5.1 FACHADAS ACCESIBLES	4
5.2 SECTORIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	4
5.3 MATERIALES	5
5.4 ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS PORTANTES	6
5.5 ESTABILIDAD AL FUEGO DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA	7
5.6 EVACUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO	8
5.7 VENTILACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HUMOS	9
6. REQUISITOS EN INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS.....	9
6.1 INSTALACIÓN DE EXTINTORES	11
6.2 SEÑALIZACIÓN	12

1. OBJETO

Este informe tiene como objeto establecer y definir los requisitos que debe satisfacer y las condiciones que debe cumplir las instalaciones a las que se refiere el Proyecto: Cálculo y Dimensionado Estructural para la Instalación de un Aserradero para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

2. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones en el ámbito nacional, regional o comarcal.

El diseño de la instalación estará de acuerdo a las siguientes exigencias:

- RD 2267/2004, de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- RD 1942/1993, de protección contra incendios en las instalaciones.
- RD 393/2007, norma básica de autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicadas a actividades que puedan originar situaciones de emergencia.
- NBE-CPI-96. Condiciones de protección contra incendios en los edificios, aprobada por el Real Decreto 2177/1996.
- RD 486/1997, de disposiciones mínimas de seguridad y salud en los proyectos de obras en edificio tipo C.
- Ordenanzas municipales de la Comunidad Autónoma.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

La actividad de aserrado de la madera se realizará en el interior de la nave industrial habilitada para ello. En el interior de la construcción no se desarrollará ninguna actividad de almacenaje de madera, ni en estado de materia prima, ni en estado de producto final, ya que en las zonas denominadas en la distribución en planta como “Clasificado de tablas” se realizará una actividad de clasificación a la espera de su traslado, de modo que

se pueden considerar como “almacenes de día”. Dichas zonas no estarán asiladas del resto de las zonas productivas de la instalación por ningún medio físico, por lo que se tratarán como zonas productivas. Hay que destacar que el almacenaje del producto acabado se almacenará en la campa exterior que está proyectada en el resto de la parcela, para su secado y posterior venta.

4. CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

El Anexo I del RD 2267/2004, estipula que los establecimientos industriales se caracterizan por:

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

En cuanto a la configuración y ubicación del establecimiento, según la clasificación que realiza el RD 2267/2004 las instalaciones proyectadas corresponden con un establecimiento industrial de TIPO C, ya que se trata de un edificio ocupado en su totalidad por una determinada actividad industrial y que está ubicado a una distancia libre mayor de 3 metros del edificio más próximo.

Para el caso del nivel de riesgo intrínseco de incendio es necesario calcularlo para cada sector de incendio. Como establece el Anexo I del RD 2267/2004, para los establecimientos de tipo C se considerará sector de incendio el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso. De modo que como todo el espacio del aserradero será diáfano, se considerará la totalidad del edificio como un solo sector de incendio.

El nivel de riesgo intrínseco se evaluará en función de la densidad de carga de fuego del edificio, que al tratarse de una actividad industrial de transformación de materia prima se calculará según la ecuación:

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

Donde:

Q_s , es la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida del sector del incendio, en MJ/m^2 .

q_{si} , es la densidad de carga de fuego de cada zona con un proceso diferente según los diferentes procesos que se realizan en el sector del incendio (i), en MJ/m^2 .

S_i , es la superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego q_{si} diferente, en m^2 .

C_i , es el coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector del incendio.

R_a , es el coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector del incendio. Como en este caso existen varias actividades en el mismo sector, se toma como factor de riesgo el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación (oficinas, en este caso).

A , es la superficie construida del sector del incendio o superficie ocupada del área del incendio, en m^2 .

Para las zonas de producción, los coeficientes se han obtenido los valores tabulados para actividad industrial de Aserradero, incluido el almacén de repuestos.

Para la zona de oficinas, se han obtenido los valores tabulados para actividad industrial de Oficina comercial.

Para la zona de Vestuarios, se han obtenido los valores tabulados para actividad industrial de guardarropa.

En la siguiente tabla se recogen los resultados del cálculo.

PROCESO PRODUCTIVO	$S_i [m^2]$	$q_s [MJ/m^2]$	C_i	R_a
Carga de troncos	15	400	1,3	1,5
Tronzado	12	400	1,3	1,5
Descortezado	7,5	400	1,3	1,5
Clasificado de Troncos	24	400	1,3	1,5
Alimentador	32	400	1,3	1,5
Corte	44	400	1,3	1,5
Cantado	20	400	1,3	1,5
Retestado	20	400	1,3	1,5
Clasificado de Tablas	74	400	1,3	1,5
Almacén de repuestos	15	400	1,3	1,5
Oficina	25	800	1,3	1,5
Vestuarios	50	80	1	1

Área	338,5	m^2
------	-------	-------

Q_s	740,118168	MJ/m^2
-------	------------	----------

La Tabla 1.3 del Anexo I del RD 2267/2004 determina el nivel de riesgo intrínseco de incendio en función de Q_s .

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
	Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1 $Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2 $100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3 $200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4 $300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5 $400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6 $800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7 $1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8 $3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

De modo que para $Q_s = 740 \text{ MJ/m}^2$ el Nivel de riesgo intrínseco de incendio es un NIVEL BAJO – NIVEL 2.

5. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS

5.1 FACHADAS ACCESIBLES

Las fachadas de las instalaciones cumplen las condiciones recogidas en el RD 2267/2004 para estar catalogadas como fachadas accesibles, ya que cuentan con 3 ventanas (2 en la fachada este y 1 en la fachada sur, junto a la puerta principal) en la zona de oficina de dimensiones 2 metros en proyección horizontal y 1,2 metros en proyección vertical y están situadas a una altura de 1,2 metros sobre el terreno.

Otro modo de acceso en caso de emergencia será a través de la puerta principal de acceso a la instalación de 5x5 metros situada en la fachada sur de la nave industrial y otra secundaria, de 6x5 metros situada en la fachada este.

Además, las instalaciones cumplen con la condiciones de entorno y aproximación a edificios, ya que posee viales de aproximación a las fachadas con una anchura libre mayor de 5 metros en todo su perímetro, altura libre mayor de 4,5 metros, ya que el recinto se encuentra al aire libre, y la capacidad portante del vial es de 5000 kp/m^2 .

5.2 SECTORIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

El Anexo II del RD 2267/2004 establece que no estarán permitida la ubicación de un sector de incendio con actividad industrial de Tipo C en segunda planta bajo rasante. En éste Proyecto, toda actividad industrial se llevará a cabo en planta rasante, cumple con dicha restricción.

Por otro lado, el Anexo II del RD 2267/2004 también restringe la máxima superficie construida de cada sector de incendio según la Tabla 2.1 de dicho anexo.

TABLA 2.1
MÁXIMA SUPERFICIE CONSTRUIDA ADMISIBLE DE CADA SECTOR DE INCENDIO

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m ²)	TIPO B (m ²)	TIPO C (m ²)
BAJO	(1)-(2)-(3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
1	2000	6000	SIN LÍMITE
2	1000	4000	6000
MEDIO	(2)-(3)	(2) (3)	(3) (4)
3	500	3500	5000
4	400	3000	4000
5	300	2500	3500
ALTO	NO ADMITIDO	(3)	(3)(4)
6		2000	3000
7		1500	2500
8		NO ADMITIDO	2000

Para el caso de éste Proyecto, las instalaciones, que han sido catalogadas como de RIESGO BAJO – NIVEL 2 la superficie máxima construida será de 6000 m². La superficie proyectada sobre la que se construirá será de 1150 m² de modo que cumple con los requisitos sobradamente.

5.3 MATERIALES

Según el Anexo II del RD 2267/2004, se definirá una clase de resistencia contra el fuego que los productos de construcción deberán alcanzar según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya está en vigor el marcado “CE”.

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 periodo 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.

El pavimento de las instalaciones se realizará con materiales cerámicos, como son hormigón y terrazo, los cuales se consideran de clase M0 según la norma UNE-EN 23727:1990.

El muro de fábrica que rodea la estructura proyectada, serán de bloque de hormigón a una cara vista (fachada) mientras que la exterior estará revestida de mortero, por lo tanto son materiales cerámicos y se consideran de clase M0 según la norma UNE-EN 23727:1990.

Los cerramientos de la estructura estarán compuestos de panel de chapa y núcleo de poliestireno expandido, catalogado como M1 por la norma UNE-EN 23727:1990.

El techo de la zona de vestuarios y oficinas estará compuesto por placas de escayola aligerada, que al tratarse de material cerámico está clasificado como M0 por la norma UNE-EN 23727:1990.

La estructura también dispone en su cubierta de placas de poliéster reforzado con fibra de vidrio que actuarán como lucernarios para la instalación y que están clasificados como M1 por la norma UNE-EN 23727:1990.

Todos los productos de construcción cumplen los requisitos mínimos que marca el anexo II del Real Decreto 2267/2004.

5.4 ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS PORTANTES

El Anexo II del RD 2267/2004 establece los requisitos mínimos que deben cumplir los elementos constructivos portantes de la estructura frente al comportamiento ante el fuego mediante una serie de valores.

Para los elementos estructurales con función portante la Tabla 2.2 del Anexo II establece los requisitos que deben cumplir en función del tipo de establecimiento, la ubicación de la planta en la que se desarrolla la actividad industrial y de su riesgo intrínseco de incendio.

TABLA 2.2
ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PORTANTES

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF - 180)	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)

Para un establecimiento de Tipo C con nivel de riesgo intrínseco bajo y que desarrolla su actividad industrial en planta sobre rasante, como es el caso de las instalaciones proyectadas, la estabilidad al fuego de los elementos estructurales será de R 30.

La resistencia frente al fuego de los elementos portantes de la estructura para el presente proyecto no ha sido calculada.

5.5 ESTABILIDAD AL FUEGO DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA

Para las instalaciones proyectadas se podrá aplicar el apartado 4.2 del Anexo II del RD 2267/2004 que establece la estabilidad al fuego mínima a cumplir por la estructura principal de cubiertas ligeras, ya que el entramado de cubierta de la estructura cumple las condiciones para ser catalogada como cubierta ligera.

Los requisitos que debe de cumplir la cubierta se establecen en la Tabla 2.3 de dicho Anexo.

TABLA 2.3

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (EF-30)	R 15 (EF-15)
Riesgo alto	R 60 (EF-60)	R 30 (EF-30)

Según dicha tabla, las instalaciones proyectadas estarán exentas de cumplir una estabilidad mínima frente al fuego.

5.6 EVACUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

Las exigencias relativas a la evacuación del establecimiento están ligadas a la ocupación del establecimiento (P) que se calcula según está recogido en el Anexo II del RD 2267/2004 en función del número de personas que ocupa el sector de incendio (p).

En el establecimiento trabajarán 9 personas. De modo que la ocupación se calcula como:

$$P = 1,10p = 1,10 * 9 = 9,9 \approx 10$$

Las instalaciones contarán con 2 puertas, que en caso de emergencia, podrán ser utilizadas como salida. Dichas salidas son:

- Puerta Principal, ubicada en fachada Sur.
- Puerta Secundaria, ubicada en fachada Este.

Las restricciones en cuanto a distancias máximas de recorrido de evacuación que son establecidas en el Anexo II del RD 2267/2004 se recogen en la siguiente tabla.

<i>Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas</i>		
Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35m(**)	50 m
Medio	25 m(***)	50 m
Alto	-----	25 m

Como las instalaciones proyectadas están catalogadas como instalaciones con un riesgo intrínseco de incendio bajo y cuenta, como mínimo con dos salidas de emergencia, la distancia máxima de cada recorrido de evacuación será de 50 metros.

Dentro de las instalaciones existirán dos recorridos de emergencia.

- Recorrido 1: Será el que recorran todos las personas que se puedan encontrar en la zona oeste de las instalaciones, su salida se efectuará a través de la puerta denominada como principal, basculante de 5x5 metros de dimensiones. Por dicho recorrido deberán ser evacuados los trabajadores de oficina y los trabajadores que desarrollan su actividad en la línea de procesamiento de troncos-tablones.
- Recorrido 2: Será el que recorran todos las personas que se puedan encontrar en la zona este de las instalaciones, su salida se efectuará a través de la puerta denominada como secundaria, corredera de 6x6 metros de dimensiones. Por dicho recorrido deberán ser evacuados los trabajadores de oficina y los trabajadores que desarrollan su actividad en la línea de procesamiento de costeros y clasificación de tablas.

Las salidas de emergencia cumplen con las dimensiones mínimas y estarán debidamente señalizadas.

5.7 VENTILACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HUMOS

Las instalaciones estarán exentas de disponer de instalación de ventilación y eliminación de gases y humos procedentes de la combustión ya que se trata de un establecimiento con riesgo intrínseco de incendio bajo.

6. REQUISITOS EN INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

El Anexo III del RD 2267/2004 establece los requisitos que debe cumplir un establecimiento industrial respecto a aparatos, equipos, sistemas y componentes de su instalación de protección contra incendios.

Según las características del establecimiento, el Anexo III del RD 2267/2004 regula la instalación de:

- Sistemas automáticos de detección de incendios. No será necesaria su instalación ya que se trata de un establecimiento de tipo c y riesgo intrínseco bajo.

- Sistemas manuales de alarma de incendio. No será necesaria su instalación, ya que su superficie construida es menor que 1.000 m^2 .
- Sistema de comunicación de alarma. No será necesaria su instalación, ya que la superficie construida es menor de 10.000 m^2 .
- Sistema de abastecimiento de agua contra incendios. No será necesaria su instalación ya que en el establecimiento no se realizan tareas de almacenamiento de productos químicos.
- Sistemas hidrantes exteriores. No será necesaria su instalación, ya que según la Tabla 3.1 del Anexo III del RD 2267/2004, los establecimientos de Tipo C y riesgo intrínseco bajo, están exentos.
- Sistemas de bocas de riego. No será necesaria su instalación, ya que según el Anexo III del RD 2267/2004 los establecimientos de Tipo C con riesgo intrínseco bajo estarán exentos de su instalación.
- Sistemas de columna seca. No será necesaria su instalación, ya que según el Anexo III del RD 2267/2004 los establecimientos con riesgo intrínseco bajo estarán exentos de su instalación.
- Sistemas rociadores automáticos de agua. No será necesaria su instalación, ya que según el Anexo III del RD 2267/2004 los establecimientos con riesgo intrínseco bajo estarán exentos de su instalación.
- Sistema de agua pulverizada. No será necesaria su instalación ya que en el establecimiento no se realizan tareas de almacenamiento de productos químicos.
- Sistema de extinción por polvo. No será necesaria su instalación ya que en el establecimiento no se realizan tareas de almacenamiento de productos químicos.
- Sistema de extinción por agentes gaseosos. No será necesaria su instalación ya que en el establecimiento no se realizan tareas de almacenamiento de productos químicos.
- Sistema de alumbrado de emergencia. No será necesario, ya que la ocupación del establecimiento es menor de 25 personas.

6.1 INSTALACIÓN DE EXTINTORES

El Anexo III del RD 2267/2004 recoge las directrices en cuanto al número de extintores portátiles que será necesario instalar en el establecimiento en función de su superficie y de su riesgo intrínseco de incendio según la Tabla 3.1 de dicho anexo.

TABLA 3.1
DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO APORTADA POR COMBUSTIBLES DE CLASE A

GRADO DE RIESGO INTRÍNSECO DEL SECTOR DE INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21 A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)

De modo que para un establecimiento de riesgo intrínseco bajo, el número mínimo de extintores será de un extintor hasta 600m² y se deberá colocar un extintor más por cada 200m². De modo que, siendo la superficie construida de 900m², el número mínimo de extintores será:

$$600 + (n - 1)200 = 900 ; n = 2,5 \approx 3 \text{ extintores}$$

La composición que deberán tener dichos extintores viene recogida en la Tabla I-1 del RD 1942/1993.

TABLA I-1

Agentes extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego

Agente extintor	Clase de fuego (UNE 23.010)			
	A (Sólidos)	B (Líquidos)	C (Gases)	D (Metales especiales)
Agua pulverizada	(2)xxx	x		
Agua a chorro	(2)xx			
Polvo BC (convencional)		xxx	xx	
Polvo ABC (polivalente)	xx	xx	xx	
Polvo específico metales				xx
Espuma física	(2)xx	xx		
Anhídrido carbónico ...	(1)x	x		
Hidrocarburos halogenados	(1)x	xx		

Siendo:

xxx Muy adecuado.
xx Adecuado.
x Aceptable.

Para el caso de las instalaciones proyectadas, en las que el combustible será de tipo A, ya que se trata de un sólido, los extintores que se deberían colocar, serán con agente extintor de agua pulverizada, pero, al tener la instalación maquinaria eléctrica, se optará por utilizar extintores de polvo BC con un valor mínimo de 6 kg.

Los extintores deberán instalarse en un lugar donde el desplazamiento desde el sector del incendio al extintor sea menor de 15 metros. Teniendo ésta condición en cuenta, se instalarán 6 extintores distribuidos equitativamente dentro del establecimiento, ya que la luz de la estructura ya es de 18 metros, por lo tanto, no se cumpliría la condición establecida por el RD 2267/2004 y de ésta manera estarán distanciados 9 metros entre ellos en dirección transversal de la estructura, mientras que en la dirección longitudinal se colocarán a una distancia de 10 metros separados uno de otro.

6.2 SEÑALIZACIÓN

Las señales de salida de uso habitual y de emergencia deberán estar debidamente señaladas, así como los extintores manuales que deberán ser instalados.

En Zaragoza a 5 de Febrero de 2016.

Firmado, el Autor:

Sergio Clavero Pina.

Trabajo Fin de Grado

CÁLCULO Y DIMENSIONADO ESTRUCTURAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN ASERRADERO DE MADERA

PLIEGO DE CONDICIONES

Autor

Sergio Clavero Pina

Director

Víctor Tabuenca Cintora

ÍNDICE

DISPOSICIONES GENERALES.....

- 1. OBRAS OBJETO DEL PROYECTO. 1**
- 2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS..... 1**

PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....

- 1. OBJETO..... 1**
- 2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA OBRA..... 1**
- 3. REPRESENTANTES DE LA ADMINISTRACIÓN Y EL
CONTRATISTA..... 2**
- 4. ALTERACIONES DEL PROGRAMA DE TRABAJO 3**
- 5. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL 3**
- 6. CONTRATACIÓN DE DOCUMENTOS ESCRITOS, PLANOS Y
MEDIDAS. 3**
- 7. CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS MATERIALES. 4**
- 8. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS. 10**

CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.

- 1. MODIFICACIONES EN EL PROYECTO. 21**
 - 2. ENSAYOS Y RECONOCIMIENTOS. 21**
 - 3. MEDIDAS DE SEGURIDAD. 21**
 - 4. SUBCONTRATISTAS O DESTAJISTAS..... 22**
 - 5. RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICADAS DE LAS OBRAS.
..... 22**
 - 6. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE LA EJECUCIÓN Y
PLAZO DE GARANTÍA..... 22**
 - 7. PRUEBAS QUE DEBEN EFECTUARSE ANTES DE LAS
RECEPCIONES. 23**
 - 8. RECEPCIÓN PROVISIONAL..... 23**
 - 9. RECEPCIÓN DEFINITIVA..... 23**
 - 10. INCOMPARECENCIA DEL CONTRATISTA EN LAS
RECEPCIONES. 23**
 - 11. PLAZOS DE EJECUCIÓN Y GARANTÍA..... 23**
 - 12. PERMISOS Y LICENCIAS. 24**
 - 13. DOCUMENTOS QUE PUEDE SOLICITAR EL CONTRATISTA. 24**
 - 14. LIQUIDACIÓN DE LAS OBRAS. 24**
 - 15. RESCISIÓN DE CONTRATO..... 24**
 - 16. CORRESPONDENCIA EN OBRA..... 25**
-

CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.

1. CONDICIONES GENERALES.	25
2. REPLANTEO.	26
3. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS MEDICIONES.	26
4. MEDICIÓN Y ABONO DE TERRAPLENES O RELLENOS COMPACTOS.	27
5. MEDICIÓN Y ABONO DE HORMIGONES.	27
6. MEDICIÓN Y ABONO DE ACERO EN ARMADURAS DE HORMIGÓN Y EN PERFILES LAMINADOS.	28
7. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS TUBERIAS DE CUALQUIER CLASE DE MATERIAL.	28
8. MEDICIÓN Y ABONO DE OTRAS UNIDADES DE OBRA.	28
9. ABONO DE UNIDADES DE OBRAS INCOMPLETAS.	29
10. ABONO DE MATERIALES EN DEPÓSITO.	29
11. GASTOS Y PRUEBAS DE ENSAYOS.	29
12. OBRAS DEFECTUADAS O MAL EJECUTADAS.	29
13. RETRASO EN OBRAS.	29

CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.

1. OBJETO.	30
2. REQUISITOS DEL CONTRATISTA.	30
3. SISTEMAS DE CONTRATACIÓN.	30
4. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO.	31
5. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.	31
6. ACCIDENTES DE TRABAJO Y DAÑOS A TERCEROS.	31
7. HALLAZGOS.	32
8. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO.	32
9. LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN.	33
10. IMPUESTOS.	33
11. LEGISLACIÓN.	33
12. DUDAS U OMISIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.	34
13. EPÍLOGO.	34

DISPOSICIONES GENERALES.

1. OBRAS OBJETO DEL 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.

2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entrega a la Contrata, 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 incluye en el presente proyecto. Los datos y las marcas comerciales incluidas en la memoria y anexos, así como la justificación de precios tienen carácter meramente informativo.

Cualquier cambio de 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.

PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.

1. OBJETO

El presente pliego de condiciones técnicas, tiene por objeto definir las obras, fijar las condiciones técnicas y económicas, tanto de los materiales a emplear como de su ejecución, así como las condiciones generales que han de regir en la ejecución de las obras de la instalación de la nave industrial ubicada en la localidad de Valdelinares, en la provincia de Teruel.

2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA OBRA

Los documentos principales que definen una obra son, por orden de importancia general:

- Planos

Constituyen los documentos gráficos del proyecto, y su misión es definir las características de obra en lo referente a distribución y medidas. En caso de contradicciones, omisiones, y/o incompatibilidades entre los documentos del presente Proyecto, los planos obtendrán particular preferencia ante los demás documentos en lo referente a dimensiones.

- Pliego de condiciones técnicas

Documento contractual, de carácter exhaustivo y obligatorio en el cual se establecen las condiciones o cláusulas que se aceptan en un contrato de obras. Su misión es definir las obras en cuanto a su naturaleza y características técnicas. En caso de contradicciones, omisiones, y/o incompatibilidades entre los documentos del presente Proyecto, los planos obtendrán particular preferencia ante los demás documentos en lo referente a materiales, ejecución y presupuesto.

- Presupuesto

El presupuesto define las mediciones de las unidades de obra incluidas en los documentos, sus precios unitarios, y el precio total de la obra. En caso de contradicciones, omisiones, y/o incompatibilidades entre los documentos del presente Proyecto, los planos obtendrán particular preferencia ante los demás documentos en lo referente a mediciones y precios de obra.

3. REPRESENTANTES DE LA ADMINISTRACIÓN Y EL CONTRATISTA

La propiedad deberá asignar al director de obra, quien se encargará de representar a la propiedad frente al contratista y será responsable de las inspecciones y la vigilancia de la ejecución del contrato.

El contratista deberá proporcionar al director de obra directamente, o a través de sus delegados, los diferentes documentos referentes a replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas que estimen convenientes con el objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones contenidas en este pliego de condiciones.

Tras ser adjudicadas las obras, el contratista designará un director de obra para que asuma la dirección de los trabajos que ejecuten y que actúe, con suficientes poderes, como representante suyo ante la propiedad a todos los efectos que se requieran durante la ejecución de las obras. El nombramiento de este encargado deberá ser sometido a la aprobación de la propiedad, pudiendo aceptarlo o rechazarlo.

4. ALTERACIONES DEL PROGRAMA DE TRABAJO

El contratista de acuerdo con las disposiciones vigentes, presentará el programa de trabajo en el que se especificarán los plazos y las fechas de terminación de las diferentes obras, ajustándose a los plazos establecidos, y dentro de la flexibilidad establecida. El citado programa, una vez aprobado por la administración, tendrá carácter de compromiso formal en cuanto al cumplimiento de los plazos parciales en él establecidos.

La falta de cumplimiento del programa de trabajo y de sus plazos parciales por causas imputables al contratista, dará lugar a la aplicación de sanciones establecidas en las disposiciones vigentes.

Cuando surjan problemas que hagan prever alteraciones demostrables del programa de trabajo, se procederá, con anticipación suficiente, a una redacción modificada de dicho programa, acompañándose la correspondiente propuesta de modificación para su tramitación reglamentaria y aprobación por parte de la administración.

5. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL

Reglamentación general de contratación para la aplicación de la Ley de Contratos del Estado:

- Ley de Ordenación y Defensa de la Industria Nacional.
- Legislación laboral vigente durante la ejecución de las obras.
- Disposiciones vigentes referentes a Seguridad e Higiene en el Trabajo.

6. CONTRATACIÓN DE DOCUMENTOS ESCRITOS, PLANOS Y MEDIDAS.

El contratista deberá comprobar, inmediatamente después de recibidos, todos los documentos del proyecto que le han sido facilitados y deberá informar con la mayor brevedad posible al encargado de obra cualquier discrepancia, contradicción u omisión que surja.

Las cotas de los planos tendrán, en general, preferencia a las medidas a escala. Los planos a mayor escala deberán ser, en general y siempre que sea posible, preferidos a los de menor escala.

El contratista deberá verificar los planos en general, y las cotas en particular antes de aparejar la obra y será responsable de cualquier error que hubiera podido evitar habiéndose realizado la verificación.

7. CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS MATERIALES.

7.1. Normas generales.

Todos los materiales que entren o salgan de la obra, y para los cuales existan disposiciones oficiales que reglamenten la recepción, transporte, manipulación o empleo, deberán satisfacer las que estén en vigor durante la ejecución de las obras.

7.2. Cemento.

El cemento que se utiliza para la ejecución de la cimentación y obras de fábrica, será normal P-350, siempre que las características del terreno lo permitan. En caso contrario, se utilizarán cementos apropiados para cada ambiente, que den resistencias y prestaciones similares, y que deberán ser probados por el encargado de obras, previa la realización de las series completas o reducidas de ensayos que prescriba.

Los cementos a emplear deberán satisfacer las condiciones exigidas en el presente pliego de condiciones técnicas. Se emplearán las recomendaciones y prescripciones contenidas en el Real Decreto 1247/2008, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural, y que incluye la instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EHE-08). En todo caso, los cementos a emplear deben ser capaces de proporcionar a los hormigones las cualidades que a estos se les exige en el Real Decreto 1247/2008.

El cemento se transportará en envases o depósitos adecuados y homologados y se almacenará en obra, de tal forma que permita el fácil acceso para la adecuada inspección o identificación de cada remesa, en un almacén o silo protegidos convenientemente contra la humedad del suelo y paredes.

A su recepción en obra, cada partida de cemento, será sometida a una serie de ensayos que serán indicados por el encargado de obras. Los resultados deberán merecer la aprobación de éste para poder utilizarse en obra de partida correspondiente.

Cuando una partida de cemento haya estado almacenada en obra durante un plazo igual o superior a 3 semanas, se repetirán los ensayos citados anteriormente. Estos ensayos se repetirán, cada 3 semanas hasta que se emplee el cemento.

El cemento será rechazado se deja de cumplir alguna de las condiciones que se les exigen en los ensayos que se han mencionado.

7.3. Áridos a emplear en hormigones, morteros y lechos de asiento de tuberías.

Los áridos gruesos y finos a emplear en la fabricación de hormigones, así como los áridos finos a emplear en la fabricación de morteros y como lecho de asiento de tuberías, cumplirán las prescripciones impuestas en la instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EHE-08).

Los áridos finos serán almacenados de tal forma que estén al resguardo de la lluvia.

Se realizarán los ensayos correspondientes para cada partida de áridos de procedencia distinta debiendo realizarse una serie completa de ensayos, como mínimo, para cada tamaño de clasificación.

En el caso de áridos gruesos de la misma procedencia, se comprobará sistemáticamente la granulometría cada 50 m³ o fracción del árido grueso a emplear.

Si se trata de áridos finos de la misma procedencia, se comprobará sistemáticamente la granulometría mediante un ensayo granulométrico cada 25 m³ o fracción del árido fino a emplear.

En todo caso, el Director de las obras podrá ordenar la realización de aquellos ensayos que considere necesarios para comprobar, antes de la utilización de los áridos, si se cumplen las características exigidas.

Los áridos una vez limpios y clasificados, se almacenarán de forma que no se mezclen con materiales extraños.

7.4. Morteros de cemento.

Se define el mortero de cemento como la masa obtenida al mezclar arena y agua con cemento, que actúa como conglomerante. Eventualmente puede contener algún producto de adición para mejorar sus propiedades, siempre que se cumplan las condiciones descritas en la normativa para este tipo de productos.

Igualmente, las propiedades del agua, cemento y árido fino serán las requeridas en la normativa propia para estos materiales.

Se utilizarán los siguientes tipos de morteros:

- Mortero hidráulico tipo 350 (MH-350) de 350 Kg de cemento P-350 por cada m³ de arena, para empleo de enfoscados.
- Mortero hidráulico tipo 250 (MH-250) de 250 Kg de cemento P-350 por cada m³ de arena, para empleo en obras de fábrica.
- Mortero hidráulico tipo 600 (MH-600) de 600 Kg de cemento P-350 por cada m³ de arena, para empleo de enlucidos.

7.5. Hormigones.

Se definen como hormigones los materiales formados por mezcla de cemento, agua y árido grueso y eventualmente productos de adición, que al fraguar y endurecer, adquieren una notable resistencia.

Los materiales que necesariamente se utilizarán cumplirán las prescripciones que para ellos se fijan.

Los hormigones cumplirán las condiciones exigidas en Instrucción EHE-08 para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado. La dosificación de los distintos tipos de hormigón empleados, se obtendrá a través de ensayos previos, basados en unas dosificaciones iniciales provisionales, de acuerdo con lo vigente en la Norma EHE-08.

El encargado de obras determinará, en cada tipo de hormigón, el número de ensayos que será preciso efectuar por m³ de hormigón colocado en obra.

En caso de que los ensayos de control, dieran como resultado que la resistencia característica deducida fuese menor que la exigida, y los ensayos de información y/o las pruebas de carga ofreciesen resultados satisfactorios que permitiesen aceptar la obra realizada, el Contratista sufrirá una penalización económica consistente en una disminución del precio del m³ de hormigón del 2% por cada 1% de disminución de la resistencia característica exigida.

La disminución del precio no podrá sobrepasar, en ningún caso el 50%.

7.6. Encofrados.

Todos los encofrados serán de madera, metálicos o de cualquier otro material que reúna análogas condiciones de eficacia.

Tanto las uniones como las piezas que constituyan los encofrados, deberán poseer la resistencia y rigidez necesarias, para que con la marcha de hormigón prevista y especialmente bajo los efectos dinámicos producidos por el vibrado, no se originen en el hormigón, durante su periodo de endurecimiento, esfuerzos anormales ni movimientos perjudiciales.

La máxima flecha e irregularidad que puedan presentar los parámetros, medida sobre una regla de 2 metros de longitud en cualquier dirección, será el siguiente:

- Superficies ocultas: 15 mm
- Superficies vistas: 5 mm

Las superficies interiores de los encofrados, deberán ser lo suficientemente uniformes y lisas para lograr que los parámetros presenten, en cada caso, el aspecto requerido. Tanto las superficies interiores de los encofrados, como los productos que a ellas se pueden aplicar, no contendrán sustancias agresivas a la masa de hormigón.

Se dispondrá de la cantidad necesaria de encofrados para asegurar el ritmo de hormigonado preciso, sin tener que desencofrar prematuramente. Para ello se cumplirán las condiciones señaladas en la instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

7.7. Agua

Las características del agua a emplear en morteros y hormigones, se comprobará antes de su utilización mediante la ejecución de las series completas o reducidas de ensayos que prescriba el encargado de obras.

7.8. Ferralla

Se emplearán barras de alta adherencia de límite elástico aparente o convencional igual o superior a 420 MPa. El acero de las barras de alta adherencia de los mallazos tendrá límite elástico aparente o convencional igual o superior a 500 MPa.

Se cumplirán las condiciones señaladas para la instrucción del proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EHE-08).

Las superficies de los redondos, no presentarán asperezas susceptibles de herir a los operarios.

Los redondos estarán exentos de pelo, grietas, sopladuras mermas de sección u otros defectos perjudiciales a la resistencia de la barra. Los elementos en los que se aprecien defectos de laminación, falta de homogeneidad, manchas debidas a impurezas, grietas o cualquier otro defecto, serán desechados sin necesidad de someterlos a ninguna clase de pruebas.

7.9. Acero laminado.

Todos los productos de acero laminado en caliente que se empleen en las estructuras de la edificación, deberán cumplir las características y tolerancias determinadas en el CTE-DB SE-A. Seguridad Estructural Acero (4. Materiales).

Además, sobre cada lote compuesto por 20 toneladas o fracción, se determinarán las siguientes características según las normas de ensayo específicas:

- Dimensiones, tolerancias, CTE DB SE-A. Seguridad Estructural. Acero(11.1. Tolerancias de Fabricación).
- Límite Elástico, UNE EN 10025.
- Resistencia a la tracción, UNE EN 10025.
- Alargamiento de rotura, UNE EN 10025.

El tamaño de las muestras para ensayos será de 1,50 m.

Los defectos superficiales se podrán eliminar con buril o muela, a condición de que en las zonas afectadas, sean respetadas las dimensiones fijadas por los planos de ejecución con las tolerancias previas.

7.10. Tornillos de acero.

Todos los tornillos utilizados en el montaje de la estructura deberán cumplir las características y tolerancias geométricas determinadas en el CTE DB SE-A. Seguridad Estructural. Acero. (4.3. Tornillos, tuercas y arandelas).

Deberán estar acompañados del Certificado de Origen Industrial.

7.11 Madera a emplear en medios auxiliares.

La madera a utilizar en entibación de zanjas, cimbras, andamios y demás medios auxiliares, deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Proceder de troncos sanos.
- Haber sido desecada perfectamente al aire.
- No presentar signo alguno de putrefacción, carcoma o ataque de hongos.
- Estar exenta de grietas, hendiduras, manchas, entalladuras, cortes o agujeros o cualquier otro defecto, que pueda perjudicar la solidez y la resistencia de la misma.
- Tener sus fibras rectas y no reviradas, paralelas según la mayor dimensión de la pieza.

7.12 Ladrillos cerámicos.

Se define como ladrillos cerámicos, las piezas ortoédricas formadas por la cocción, previo secado, de una mezcla de tierras arcillosas, de tal forma, que la proporción de su ancho a su longitud sea, aproximadamente y por defecto, de uno a dos que dando variable el grueso de la pieza.

Deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Serán homogéneos en toda la masa, no desmoronándose por frotamiento entre ellos.
- No presentarán hendiduras, grietas, oquedades, ni defecto alguno de este tipo.
- Deberán poderse cortar, con facilidad y sin destrozarse, al tamaño que se requiera.
- Presentarán regularidad de formas y dimensiones, de modo que la diferencia máxima admitida entre medidas homologadas de dos ladrillos sea de 5 mm.
- La resistencia mínima de rotura a compresión, será de 10 MPa.

7.13 Enlucidos.

Los enlucidos se aplicarán sobre las fábricas frescas y antes del total del fraguado de morteros y hormigones. Se humedecerá abundantemente la fábrica y seguidamente se extenderá el mortero igualando la superficie con llana, dando un espesor mínimo de 1 cm. A continuación se frotará y alisará nuevamente con llana para conseguir la mayor permeabilidad y el mínimo coeficiente de fricción posible.

7.14 Pinturas.

Las pinturas deberán ser de marca y tipo de reconocido prestigio. Se exigirán los correspondientes certificados de homologación de organismos oficiales.

Las pinturas no contendrán benzol, derivados clorados, ni cualquier otro disolvente de reconocida toxicidad.

Las pinturas se recibirán en obra en recipientes precintados y deberán tomarse todas las precauciones necesarias para su buena conservación. Los recipientes se abrirán en el momento de su empleo, comprobándose la integridad de sus precintos.

Se rechazará todo recipiente cuyo precinto esté roto, así como aquellos cuyo contenido no esté de acuerdo con la muestra depositada, que sirvieron para la aceptación provisional de los tipos.

Las pinturas anticorrosivas deberán poseer un certificado que garantice la protección de superficies metálicas atacables, en condiciones de agresividad ambiental media, por un período mínimo de 3 años para una aplicación de dos manos.

Como pinturas sintéticas, se utilizarán resinas epoxídicas sin disolventes, de bajo peso molecular que endurezcan en frío y tengan poder de adhesión sobre el hormigón, así como ausencia total de sabor. Como endurecedor, se utilizarán aminas y poliaminas, efectuándose la aplicación mediante rodillo dando el tiempo suficiente para endurecer cada capa.

7.15 Materiales no especificados en el documento.

Los demás materiales que se emplean en las obras objeto de este Proyecto, y que no hayan sido específicamente tratados en el presente capítulo, serán de probada calidad entre los de su clase, en armonía con las aplicaciones que hayan de recibir y con las adecuadas características que exige su correcta conservación, utilización y servicio. Deberán cumplir las exigencias que figuran en la Memoria, Planos y Presupuesto de este Proyecto, así como las condiciones que, aún figurando explícitamente, sean necesarias para cumplir y respetar el espíritu en intención del proyecto.

En todo caso, estos materiales serán sometidos al estudio y aprobación, si procede, del Director de Obras, quién podrá exigir cuantos catálogos, referencias, muestras, informes certificados que los correspondientes fabricantes estimen necesarios. Si la información no se considerase suficiente, podrán exigirse los ensayos oficiales oportunos de los materiales a utilizar.

7.16 Discordancias entre la Dirección Técnica y la Contrata con respecto a la calidad de los materiales.

No se procederá al empleo de los materiales, sin que antes sean examinados y aceptados por el Director de las obras, habiéndose realizado previamente las pruebas y los ensayos previstos en este pliego. En el supuesto de que no hubiera conformidad con los obtenidos, bien por parte de la contrata, bien por parte de la Dirección Técnica, se so-meterán los materiales en cuestión al examen del laboratorio central de los ensayos de materiales de construcción dependientes del Ministerio de Fomento, estando obligadas ambas partes, a la aceptación de los resultados que se obtengan y de las conclusiones que se formalicen.

Todos los gastos de las pruebas y ensayos necesarios para definir cualidades de los materiales, serán abonados por el contratista.

8. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

8.1 Condiciones Generales.

Todas las obras comprendidas en el presente proyecto, se ejecutarán de acuerdo con los planos y órdenes del director de obras, quien resolverá las cuestiones que se planteen referentes a la interpretación de aquellos y de las condiciones de ejecución.

El director de la obra suministrará al contratista cuanta información precise para que las obras puedan ser realizadas. El orden de ejecución de los trabajos deberá ser aprobado por el director de obras y será compatible con los plazos programados. Antes de iniciar cualquier obra, deberá el contratista ponerlo en conocimiento del director de obra y recabar su autorización.

Independientemente de las condiciones particulares o específicas que se exijan a los equipos necesarios para ejecutar las obras en los apartados del presente pliego, todos los equipos que se empleen en la ejecución de las obras deberán cumplir, en todo caso, las condiciones generales siguientes:

- Si durante la ejecución de las obras, el encargado observa que por cambio de las condiciones de trabajo o por cualquier otro motivo, el equipo o equipos aprobados no son idóneos al fin propuesto, deberán ser sustituidos por otro u otros que lo sean.

- Deberán estar disponibles con suficiente antelación al comienzo del trabajo correspondiente, para que puedan ser examinados y aprobados, en su caso, por el director de obras.
- Después de aprobado un equipo por el director de obras, deberá mantenerse en todo momento, en condiciones de trabajo satisfactorias, haciendo las sustituciones o reparaciones necesarias para ello.

8.2 Replanteo.

El replanteo o comprobación general del proyecto, se efectuará dejando sobre el terreno señales o referencias con suficientes garantías de permanencia para que, durante la construcción, y con auxilio de los Planos del Proyecto, pueda fijarse, con relación a ellas, la situación en planta o alzado de cualquier elemento o parte de las obras, estando obligado el Contratista a la custodia y reposición de las señales o hitos que se establezcan.

El encargado de obras podrá ejecutar por si, u ordenar, cuantos replanteos parciales estime necesarios durante el periodo de construcción para que las obras se realicen con arreglo al proyecto y a las modificaciones del mismo que sean aprobadas.

Las operaciones de replanteo serán presenciadas por el director de las obras y el representante del contratista, o personas en quienes deleguen, debiendo levantarse acta correspondiente y se harán por cuenta del contratista.

8.3 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 como las condiciones relativas a los materiales, control de la ejecución valoración y mantenimiento que especifican las normas:

- NTE-AD: Acondicionamiento del Terreno Desmontes.
- NTE-ADE: Explanaciones.
- NTE-ADV: Vaciados.
- NTE-ADZ: Zanjas y pozos.

8.4 Excavaciones.

La excavación comprende todas las operaciones necesarias de limpieza del terreno, excavación de la caja y refinado de los taludes. El terreno no

quedará perturbado más allá de los límites previstos, debiendo obtenerse una superficie firme y limpia, a nivel escalonado.

La excavación se efectuará de forma que se asegure en cada momento un rápido desagüe.

En cualquier caso y previos los exámenes y pruebas correspondientes, el Director de las Obras determinará los materiales excavados aptos para su utilización posterior a las obras de este proyecto.

En el caso de excavación de zanjas, se tomarán las precauciones para evitar que las lluvias inunden las zanjas abiertas. Deberán respetarse cuantos servicios y servidumbres se descubran al abrir las zanjas, disponiéndose los apeos necesarios. No se levantarán los apeos establecidos, sin orden del director de las obras.

Cualquier deterioro en las obras, debido a las excavaciones realizadas por el contratista, incluidas las excavaciones que sobrepasen los límites establecidos, será reparado por y a expensas del contratista.

8.5 Relleno.

Se define como relleno compacto el conjunto de operaciones que incluyen el transporte, extensión y compactación de materiales terrosos o pétreos, a realizar en terraplenes, zanjas y traslados de obras de fábrica o cualquier otra zona que se detalle en los planos y ordene el director de las obras. Se exceptúan de estos terrenos el lecho de arena de tuberías.

Los materiales a utilizar cumplirán, como mínimo las prescripciones que indica la normativa.

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontales. El espesor, será lo suficientemente reducido para que con los medios disponibles se obtenga un grado de compactación adecuado. En ningún caso dicho espesor será superior a 30 cm.

La consolidación del terreno se efectuará por medio de rodillos vibratorios o pisones vibratorios según el espacio disponible, hasta conseguir el grado de compactación exigido. No se extenderá ninguna nueva capa de relleno hasta asegurarse que la anterior está compacta debidamente. Caso de no hacerse así, el contratista deberá efectuar todas las operaciones convenientes, incluso quitar la capa superior si es preciso, para conseguir en todas las tongadas el grado de compactación mínimo. Estas operaciones adicionales serán totalmente de cuenta del contratista.

El grado de compactación a alcanzar en cada tongada de filtrante dependerá de la ubicación de la misma. En ningún caso, dicho grado de

compactación será inferior al mayor de los que posean los terrenos o materiales adyacentes situados al mismo nivel.

8.6 Entibaciones.

Se define como entibación obra provisional de sostenimiento de cajas excavadas o galerías que permitan continuar la obra y que se realiza mediante estructuras metálicas o de madera. Se refiere este apartado a la realización y puesta en la obra de dichas estructuras. Estas operaciones se realizan siempre que el director de las obras lo ordene. El contratista deberá someter a su aprobación, la solución que crea más conveniente y se entenderá que aprueba el tipo de entibación y no el dimensionado de la misma que queda bajo la responsabilidad del contratista.

8.7 Encofrados.

Se autoriza el empleo de técnicas especiales de encofrado, cuya utilización y resultados se hallen sancionados como aceptables por la práctica, siempre que hayan sido previamente aprobados por el director de las obras.

Los encofrados, con sus ensambles, soportes y cimbras deberán tener la resistencia y rigidez necesarias para que no se produzca, en ningún caso, movimientos locales superiores a 5 mm ni de conjuntos superiores a la milésima de la luz.

Antes de empezar el hormigonado de una nueva zona, deberán estar dispuestos todos los elementos que constituyen todos los encofrados y se realizarán cuantas comprobaciones sean necesarias para cerciorarse de la exactitud de su colocación.

Los enlaces de los distintos paños o elementos que forman los distintos moldes, serán sólidos y sencillos, de manera que el montaje pueda hacerse fácilmente y de forma que el atado o vibrado del hormigón pueda realizarse perfectamente en todos los puntos.

En caso de utilizar encofrados de tablas de madera, los ensambles serán machihembrados donde el director de las obras estime necesario. En caso de utilizar encofrados de contrachapado o aglomerado de madera, los paneles deben ser de calidad resistente al agua y aprobados, antes de empleo, por el director de las obras.

Salvo autorización especial del director de las obras, los encofrados metálicos tendrán un espesor de 3 mm.

No se hará desencofrado mientras que el hormigón no tenga una resistencia superior al doble de la carga de trabajo producida por dicha operación. Esta resistencia se determinará mediante probetas de ensayo o, en su defecto, previa aprobación del director de las obras, podrá proceder al

desencofrado de acuerdo con los plazos que arroja la fórmula de la vigente "Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado (EHE-08)" pudiéndose desencofrar los elementos que no produzcan en el hormigón cargas de trabajo apreciables, en plazos de una tercera parte del valor de las anteriores.

Durante las operaciones de desencofrado, se cuidará de no producir sacudidas ni choques en la estructura y que el descenso de los apoyos de haga de forma uniforme. Antes de retirar las cimbras, apeos y fondos, se comprobará que la sobrecarga total actúa sobre el elemento que se desencofra, suma de las cargas permanentes más de las de ejecución por peso de la maquinaria, de los materiales almacenados, etc, no supere el valor previsto en el cálculo, como máximo.

Cuando, al desencofrar se aprecien irregularidades en la superficie del hormigón, no se repasarán estas zonas defectuosas sin la autoridad del director de las obras, quien resolverá en cada caso, la forma de corregir el defecto, por cuenta del contratista.

8.8 Instalación de Protección.

El presente apartado se refiere 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 fuego.

Se cumplirá lo prescrito en la norma NBE-CPI-96 sobre condiciones de protección contra incendios y se adoptará lo establecido en la norma NTE-IPF "protección contra el fuego", y anexo nº 6 de la EH-82.

8.9 Obras de hormigón.

8.9.1 Condiciones generales.

Las condiciones mínimas que deben cumplir los diferentes tipos de hormigón a emplear, serán las específicas en la normativa vigente. Para conseguir estas condiciones mínimas se estudiarán las dosificaciones más convenientes.

8.9.2 Fábrica de hormigón.

La dosificación de cemento y de los áridos se hará por peso. Excepcionalmente se podrá dosificar los áridos por volumen siempre que se garantice una correlación volumen/peso no inferior al 98% y el director de las obras lo autorice expresamente. Se atenderá, de modo muy especial, a la dosificación de agua, para mantener uniforme la consistencia del hormigón dentro de los límites fijados.

El amasado se hará obligatoriamente en la hormigonera, cuya eficacia de mezclado está debidamente demostrada y que permita reducir el periodo de batido, dicho periodo a la velocidad del régimen, no será inferior a 1 minuto, más tantas veces 15 segundos como fracciones de 400 litros de exceso sobre 750 litros tenga de capacidad la hormigonera.

Se cumplirán las prescripciones y recomendaciones contenidas en el Art. 15 de la Instrucción para el proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado (EHE-08).

8.9.3 Puesta en obra del hormigón.

La puesta en obra del hormigón, deberá realizarse como máximo 45 minutos después de su preparación. El hormigón se transportará desde la hormigonera al lugar del vertido tan rápidamente como sea posible, según métodos aprobados por el director de las obras y que no causen segregación o pérdida de ingredientes.

En cimentaciones se comprobará que la superficie de cimentación está completamente limpia y seca. Si hay filtraciones de agua se procederá a un agotamiento eficaz.

Todo el hormigón se depositará de forma continua de manera que se obtenga una estructura monolítica, donde así venga indicado en los planos. Cuando sea impracticable depositar el hormigón de forma continua, se dejarán juntas de trabajo aprobadas y de acuerdo con las instrucciones que dicte el director de las obras.

Antes de empezar el hormigonado de un elemento, deberán hacerse cuantas comprobaciones sean necesarias para cerciorarse de la exactitud en la colocación de los encofrados y el depositado de las armaduras e igualmente durante el curso de hormigonado para evitar cualquier movimiento de los elementos citados.

Se autoriza para sostener los moldes, el empleo de alambre que habrá de quedar totalmente embebido en la masa de hormigón, pero que se prohíbe terminantemente dejar dentro de dicha masa pieza alguna de madera. Los espesores de revestimiento no tendrán ningún error.

Es obligatorio el empleo de vibradores de hormigón para mejorar en todos sus aspectos la calidad del mismo, vigilándose especialmente la condición de que el agua refluya a la superficie.

No se sumergirán los vibradores a intervalos mayores de 60 cm ni se aceptarán tiempos de vibrados menores a 5 segundos, ni mayores a 15 segundos. Las botellas vibratoras no se introducirán en puntos situados junto a las masas vibrantes, especialmente junto a los encofrados para evitar la formación de coqueras. La botella se introducirá y se retirará a la masa verticalmente sin que pueda ser movida en sentido horizontal, mientras está sumergida en el hormigón. No se permitirá que el vibrador afecte al hormigón

parcialmente endurecido, ni que se aplique el vibrador directamente a las armaduras.

En tiempo frío se observará con el máximo vigor las prescripciones de la Instrucción EHE-08. En todo caso, se cumplirán cuidadosamente las prescripciones y recomendaciones contenidas en los Artículos de la Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras en Hormigón en Masa o Armado.

8.9.4 Curado del hormigón.

Durante el primer período de endurecimiento, se deberá mantener la humedad del hormigón y evitar las causas externas, tales como sobrecarga o vibraciones, que pueden provocar daño en el hormigón.

Durante los 15 primeros días, como mínimo, después del hormigonado, se mantendrán todas las superficies vistas, continuamente húmedas mediante el riego, inundación o cubriéndolas con tierra, arena o por el empleo de otro tipo de tratamiento provisional impermeable propuesto por el contratista y previamente aprobado por el director de las obras. Este plazo mínimo de curado se aumentará, en el tiempo seco, según indique el director de las obras.

8.9.5 Comprobación de la calidad del hormigón.

Con carácter general se realizan las siguientes pruebas:

- Comprobación diaria de la relación agua-cemento, teniendo en cuenta el agua incluida en los áridos.
- Medición en cada amasada del asiento de hormigón, tanto a la salida de la hormigonera como una vez puesto en obra.
- Ejecución de 6 probetas-tipo cada 20 m³ de hormigón fabricado. Las probetas se conservarán en un ambiente análogo al de la obra. Se romperán a los 28 días y servirán para determinar la resistencia característica.
- El director de las obras podrá ordenar que se realicen los ensayos que crea oportunos en cada fase de la obra y en la cuantía que considere necesaria para poder reducir unos resultados confiables. Cuando los resultados de la rotura de probeta, no sean completamente satisfactorios a juicio del director de las obras, se tomarán testigos de la obra, siguiendo sus indicaciones al respecto.
- Se cumplirán las prescripciones y recomendaciones en la Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras en Hormigón en Masa o Armado (EHE-08).

8.10 Armaduras.

Las armaduras para el hormigón armado, deberán limpiarse cuidadosamente, sin que queden señales de calamina, de óxido no adherente, de pintura, de grasa o de cualquier otro tipo de material que perjudique la posterior utilidad de dicha armadura. En definitiva, deberán cumplir todas las prescripciones impuestas en la vigente Instrucción EHE-08.

Una vez limpias, las barras se endurecerán o doblarán sobre plantillas en frío, hasta darles la forma debida, ajustándose a los Planos e Instrucciones del Proyecto. Se observarán cuidadosamente si se producen grietas o roturas en los doblados, en cuyo caso, deberán tomarse muestras de las partidas afectadas a fin de realizar los oportunos ensayos de calidad.

Los empalmes de las armaduras de acero especial se efectuarán por solape. Para las uniones con soldadura, el Director de las Obras, deberá aprobar previamente el proceso utilizado, el cual podrá ser verificado por ensayos previos. Las barras soldadas a tope, tendrán sus ejes en prolongación uno del otro.

Las armaduras tendrán exactamente las dimensiones y formas proyectadas y ocultarán los lugares previstos en los planos de ejecución. Las desviaciones toleradas en la posición de cada armadura, no deberán sobrepasar 1 cm en general y en particular 0,5 cm en lo tocante al recubrimiento de las armaduras. Con este fin, se colocarán los elementos necesarios fijados al encofrado que garantice la perfecta puesta en obra de las armaduras.

Deberá quedar impedido todo movimiento de las armaduras durante el vertido y compactación del hormigón, permitiendo a este envolverlas sin dejar coquetas.

Sobre las barras principales se ajustarán atadas con alambres, las armaduras secundarias, previamente dobladas y limpias.

8.11 Morteros de Cemento.

El amasado del mortero se realizará por medios mecánicos, excepto cuando el Director de la Obra acepte la ejecución a mano. En caso de que se ejecute a mano, el conglomerante se mezclará en seco con la arena sobre una plancha horizontal, hasta conseguir un producto homogéneo de color uniforme. A continuación se le añade el agua necesaria para que una vez batida la masa, tenga su puesta adecuada para la aplicación en obra.

El mortero empleado para juntas, en caso de interrupción del hormigonado tendrá en principio, la siguiente composición por m³: 9000 l de arena, 500 Kg de cemento y 250 l de agua.

Esta dosificación podrá ser modificada con los resultados de los ensayos realizados y siempre con la conformidad del Directos de las Obras.

Los morteros se colocarán en obra antes de media hora a partir del momento del amasado. El espesor mínimo de la capa de mortero será de 30 cm.

8.12 Enfoscado.

Antes de extender se prepara el parámetro sobre el cual haya de aplicarse. En todos los casos se limpiarán bien de polvo los parámetros y se lavarán, debiendo estar húmeda la superficie de la fábrica antes de tender el mortero. La superficie de los enfoscados deberá quedar áspera para facilitar la perfecta adherencia de ulteriores revestimientos.

Se mantendrán húmedas las superficies enfoscadas, bien sea durante la ejecución o después de terminada, para que el fraguado se realice en buenas condiciones. El plazo de curado lo fijará en cada caso el director de las obras.

Se regará abundantemente para conseguir un buen curado. Si una vez seco aparecen grietas, o se nota por percusión, se picará y se rehará de nuevo a costa del Contratista.

8.13 Limpieza química de superficies a proteger con pinturas especiales.

Se empleará una de las técnicas siguientes:

8.12.1 Limpieza alcalina.

Debe fregarse con solución detergente comercial fuerte aclarado con agua dulce, deberá quitarse el agua remanente con un cepillo o esponja. La superficie estará completamente seca antes del recubrimiento.

8.12.2 Limpieza con solución de detergentes ácidos.

Debe aplicarse de manera abundante fregando la superficie. Después de 5 o 6 minutos se lavará con agua dulce. Cualquier remanente debe eliminarse y la superficie debe estar completamente seca antes de recubrirse.

8.12.3 Limpieza con disolventes volátiles.

Debe fregarse con disolventes aplicándose con trapos, esponjas o brochas sobre la superficie. Se retirará la operación varias veces con elementos de aplicación nuevos. Posteriormente se realizará una limpieza alcalina.

8.12.4 Chorreado con agua.

Se deberá eliminar la pintura, óxido o cascarillas, contaminantes químicos, grasa y otras materias no muy adheridas a la superficie.

Deberá ser completado con un chorreado de arena superficial a fin de conseguir una buena superficie para el recubrimiento.

8.12.5 Limpieza con vapor.

Deberá secarse la humedad que queda en la superficie antes del recubrimiento.

8.12.6 Preparación de superficies de cemento, mampostería y yeso.

Deberán estar secas como mínimo 15 días antes de recubrirse.

Serán previamente reparados los efectos, tales como grietas, desconchones, etc., y manteniendo el espesor de paredes requerido por la presión hidrostática en su nivel de tolerancia.

8.12.7 Rascado y cepillado.

Deberán eliminarse las escamas de óxido usando cepillos metálicos, previa limpieza por uno de los procedimientos químicos antes citados. Se cepillarán las superficies hasta la total aparición de una base sana, limpia y exenta de impurezas, que permita una nueva adherencia al recubrimiento.

Comprobar que todas las superficies quedan libres de óxido, incluso debajo de las partes pulidas.

8.12.8 Chorreado con abrasivo.

Evitar el uso de abrasivos muy gruesos. Se deberán seguir las siguientes operaciones:

- 1) Eliminación de grasas, aceites, sales, usando los procedimientos citados en el apartado 1.
- 2) Proceder al chorreado.
- 3) Eliminación de residuos con un aspirador, aire comprimido y brocha.
- 4) Recubrir, tan pronto como sea posible, antes de que oxiden o contaminen.

8.12.9 Tratamiento y aplicación de impermeabilizantes.

Se aplicarán los productos impermeabilizantes siguiendo estrictamente las dosis y especificaciones técnicas de los fabricantes de los productos elegidos para la impermeabilización, que a su vez deberán estar normalizados.

8.12.10 Preparación de superficies metálicas.

Deberán estar secas 15 días antes de proceder a su recubrimiento y proceder previamente a una limpieza.

8.14 Pruebas durante la ejecución de las obras.

El director de las obras ordenará la realización de los ensayos y pruebas necesarias para la comprobación de la correcta ejecución de las unidades, elementos y conjuntos de obra.

A la vista de los resultados de los ensayos y pruebas, se podrán modificar determinados procedimientos de ejecución e incluso podrán ser anuladas aceptaciones de sistemas especializadas de ejecución de montaje.

8.15 Ejecución de las unidades de obra no especificadas en el apartado.

En la ejecución de las obras para las que no se exigen prescripciones consignadas explícitamente en este pliego, el contratista se atenderá a los demás documentos del presente proyecto, a las órdenes del director de las obras y a las normas y prácticas usuales de buena construcción.

8.16 Discordancia entre la entidad a cuyo cargo se realizan las obras y la Contrata con respecto a la calidad, funcionalidad y durabilidad de las unidades de obra terminadas.

En el caso de que la Contrata no aceptara, el rechazo de las unidades de obra por parte de dicha entidad, ambas partes aportarán toda la documentación precisa al Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento, que actuará como árbitro inapelable, previos los ensayos, pruebas y estudios que considere necesarios.

Ambas partes quedan obligadas a la aceptación de los resultados que se obtenga y de las conclusiones que formalice el citado Instituto. Todos los gastos que origine el procedimiento de arbitraje prescrito, será a cargo del contratista.

CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.

1. MODIFICACIONES EN EL PROYECTO.

El director de las obras, podrá introducir en el proyecto, antes de empezar las obras o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto, y siempre que lo sean sin separarse de su espíritu y recta interpretación. También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las cantidades de obra, marcadas en el Presupuesto o sustitución de una cantidad de obra por otra, siempre que ésta sea de las comprendidas en el Contrato.

Todas estas modificaciones serán obligatorias para el contratista siempre que, a los precios del contrato, sin ulteriores revisiones, no alteren el presupuesto de adjudicación en más de los porcentajes previstos en la Ley de Contratos del Estado y su reglamento de aplicación vigentes, tanto por exceso como por defecto. En este caso, el contratista no tendrá derecho a ninguna variación en los precios, ni a las indemnizaciones de ningún género por supuestos perjuicios que le puedan ocasionar las modificaciones en el número de unidades de obra o en plazo de ejecución.

2. ENSAYOS Y RECONOCIMIENTOS.

Los ensayos y reconocimientos verificados por el Director de las Obras o por sus delegados durante la ejecución de sus trabajos, no tienen otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción. Por lo tanto, la admisión de materiales o elementos de la obra, antes de la recepción definitiva, no atenúa las obligaciones que contrae el Contratista de subsanar o reponer, si las obras o instalaciones resultasen inaceptables, parcial o totalmente, en el reconocimiento final y pruebas de recepción.

3. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

El contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre seguridad e higiene en el trabajo. Como elemento primordial de seguridad se establecerá toda la señalización necesaria, tanto durante el desarrollo de las obras, como durante su explotación, haciendo referencias bien a peligros existentes o a las limitaciones de las estructuras. Para ello se utilizarán, cuando existan, las correspondientes señales vigentes establecidas por el Ministerio de Obras y Urbanismo y en su defecto, por otros Departamentos Nacionales y Organismos Internacionales.

4. SUBCONTRATISTAS O DESTAJISTAS.

El Contratista podrá dar a destajo o en subcontrata cualquier parte de la obra, pero con la previa autorización del director de las obras. La obra que el contratista pueda dar a destajo no podrá exceder del 25% del valor total del contrato, salvo autorización expresa del director de las obras. El director de las obras, está facultado para decidir la exclusión de un destajista por ser incompetente o no reunir las condiciones necesarias. Comunicada esta decisión al contratista, este deberá tomar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de este trabajo.

El Contratista será siempre responsable ante el director de las obras de todas las actividades de los detallistas y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este pliego.

5. RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICADAS DE LAS OBRAS.

En los primeros días de cada mes, el director de las obras formulará la relación valorada de cada obra ejecutada en el mes anterior. La relación valorada se hará al origen, incluyendo en ella las unidades de obra terminadas con arreglo al proyecto, según mediciones obtenidas en obra, multiplicadas por los precios correspondientes de las valoraciones de obra o los contradictorios o convenios aprobados por la Dirección Técnica, e incorporados a contrato. En ningún caso se incluirán unidades de obra incompletas ni precios no aprobados por la Dirección Técnica del proyecto.

Las valoraciones efectuadas servirán de base para la redacción de las certificaciones mensuales. Todos los abonos que se efectúen son a buena cuenta y las certificaciones no suponen aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Mensualmente se lleva a cabo una liquidación parcial, en el que se abonarán las certificaciones, descontando el importe de los cargos que el director de las obras tenga contra el contratista.

6. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE LA EJECUCIÓN Y PLAZO DE GARANTÍA.

El contratista queda comprometido a conservar por su cuenta, hasta que sean recibidas provisionalmente, todas las obras que integran el proyecto. Así mismo, queda obligado a la conservación de las obras durante el plazo de garantía de un año, a partir de la fecha de recepción provisional. Durante este plazo deberá realizarse cuantos trabajos sean precisos para mantener las obras ejecutadas en perfecto estado.

7. PRUEBAS QUE DEBEN EFECTUARSE ANTES DE LAS RECEPCIONES.

Antes de verificar la recepción provisional se someterán todas las pruebas de resistencia, estabilidad y funcionamiento con arreglo al programa que redacte el director de las obras. Se contrastará el perfecto funcionamiento antes de ser recibidas provisionalmente por las obras.

Una vez transcurrido el plazo de garantía, antes de proceder a la recepción definitiva, se comprobará que todos los elementos de las obras siguen un perfecto funcionamiento.

8. RECEPCIÓN PROVISIONAL.

Terminado el plazo de ejecución se procederá a las pruebas y al reconocimiento detallado de las obras. Si todos los resultados son positivos se realizará la recepción provisional de las obras mediante acta redactada de acuerdo con las disposiciones vigentes.

9. RECEPCIÓN DEFINITIVA.

Terminado el plazo de garantía se procederá, como en el caso de recepción provisional, a las pruebas y al reconocimiento detallado de las obras, recibéndolas definitivamente o no, según su estado y procediendo de igual forma y con análogas consecuencias.

10. INCOMPARECENCIA DEL CONTRATISTA EN LAS RECEPCIONES.

Si el contratista, o su representante, no compareciesen el día y hora señalados por el director de las obras para ejecutar las pruebas y el reconocimiento previo a una recepción, se le volverá a citar fehacientemente, y, si tampoco esta segunda vez, se harán las pruebas y el reconocimiento en ausencia suya, haciéndola constar así en el acta a la que se adjuntará el acuse de recibo de la citación.

11. PLAZOS DE EJECUCIÓN Y GARANTÍA.

El plazo de ejecución de las obras se fijará en el pliego de cláusulas administrativas particulares. El plazo de garantía que ha de mediar entre la recepción provisional y la recepción definitiva de las obras, será de un año contando a partir de la fecha de Acta de Recepción Provisional.

12.PERMISOS Y LICENCIAS.

El Contratista deberá obtener a su costa, todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución de las obras, con excepción de los correspondientes a la obtención de los terrenos donde se ubicarán las obras.

13.DOCUMENTOS QUE PUEDE SOLICITAR EL CONTRATISTA.

El contratista podrá a sus expensas, pero dentro de las oficinas del director de las obras, sacar copias de los documentos del proyecto, cuyos originales le serán facilitados por el director, el cual autorizará con su firma las copias, si así lo conviniese con el contratista. También tendrá derecho a sacar copias de los perfiles de replanteo, así como de las relaciones valoradas que se formulen mensualmente y de las certificaciones expedidas.

14.LIQUIDACIÓN DE LAS OBRAS.

Una vez efectuada la recepción provisional, se procederá a la medición general de las obras, que ha de servir para la valoración final de las mismas.

La liquidación de las obras se llevará a cabo después de realizada la recepción definitiva descontando el importe de las reparaciones y obras de conservación que se hayan producido durante el plazo de garantía en el caso de que el contratista no las hubiese realizado por su cuenta.

También se descontarán los gastos de retirada de todas las instalaciones, materiales, etc. en el caso de que el Contratista no lo hubiese hecho por su cuenta, en el plazo de 30 días a partir de la fecha del acta de recepción provisional.

15.RESCISIÓN DE CONTRATO.

La rescisión, si se produjera, se regirá por el Reglamento General de Contratación para la aplicación de la Ley de Contratos del Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes.

En caso de rescisión por incumplimiento del Contrato por parte del contratista, los medios auxiliares de éste podrán ser utilizados gratuitamente, por la entidad a cuyo cargo se realizan las obras, para la terminación de las mismas.

Todos estos medios auxiliares quedarán en poder del Contratista, una vez terminadas las obras, quien no tendrá derecho a reclamación alguna por los desperfectos a que su utilización haya dado lugar.

16.CORRESPONDENCIA EN OBRA.

El Contratista tendrá derecho a que se le acuse de recibo, si lo solicita, de las reclamaciones que dirija al director de las obras y al mismo tiempo, estará obligado a devolver al mismo, bien originales, bien copias, de todas las órdenes que de él reciba, poniendo al pie “el enterado”.

CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.

1. CONDICIONES GENERALES.

Todas las unidades de obra se medirán y abonarán por volumen, superficie, longitud, peso o unidad, de acuerdo a como figuran especificadas en el presupuesto. Para las unidades nuevas que puedan surgir y para las que sea preciso la redacción de un precio contradictorio, se especificarán claramente al acordarse éste el modo de abono, en otro caso, se establecerá lo admitido en la práctica habitual o costumbre de la construcción.

Si el Contratista construye mayor volumen de cualquier clase de fábrica que el correspondiente a los dibujos que figuran en los Planos, o de sus reformas autorizadas (ya sea por efectuar mal la excavación, por error, por su conveniencia, por alguna causa imprevista o por cualquier otro motivo) no será de abono ese exceso de obra.

Si a juicio del director de las obras, ese exceso de obra resultase perjudicial, el contratista tendrá la obligación de demoler la obra a su costa y rehacerla nuevamente con las dimensiones debidas. En caso de que se trate de un aumento excesivo de excavación, que no pueda subsanarse con la demolición de la obra ejecutada, el Contratista quedará obligado a corregir este defecto, de acuerdo con las normas que dicte el director de obras, sin que tenga derecho a exigir indemnización por estos trabajos.

Siempre que no se siga expresamente otra cosa en las valoraciones de unidades de obra o en el pliego de condiciones técnicas, se consideran incluidos precios de las valoraciones de obra, los agotamientos, las entibaciones, los rellenos del exceso de excavación, el transporte al vertedero de los productos sobrantes, el montaje, las pruebas que sean necesarias, la limpieza de las obras, los medios auxiliares y todas las operaciones necesarias para terminar perfectamente la unidad de obra que se trate.

Es obligación del Contratista la conservación de todas las obras y por consiguiente, la reparación o reconstrucción de aquellas partes que hayan sufrido daños o que se compruebe que no reúne las condiciones exigidas por este Pliego. Para estas reparaciones se atenderá estrictamente a las instrucciones que reciba del Director de las Obras.

Esta obligación del Contratista de la conservación de todas las obras, se extiende igualmente a los acopios que se hayan certificado, Corresponden pues, al Contratista, el almacenaje y guardería de los acopios y reposición de aquellos que se hayan perdido, destruido o dañado, cualquiera que sea la causa.

En ningún caso el Contratista tendrá derecho a reclamar fundándose en insuficiencia de precios o en falta de expresión, en la valoración de la obra o en el Pliego de Condiciones, explícita de algún material u operación necesaria para la ejecución de una unidad de obra.

2. REPLANTEO.

Todas las operaciones de replanteo que se realicen con autoridad o durante la ejecución de las obras, incluso señales, hitos y cualquier clase de material utilizado, serán a cuenta del Contratista.

3. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS MEDICIONES.

Se entiende por metros de excavación, de forma tal y como se encontraba el terreno antes de la misma.

Este volumen se apreciará de la siguiente forma:

Los perfiles del proyecto se comprobarán o modificarán al efectuarse el replanteo de las obras y al pie de las diversas hojas figurará la conformidad del Director de las Obras y del Contratista o de las personas a quien estos deleguen. Durante la ejecución de las obras se sacarán cuantos perfiles transversales se estimen necesarios, firmándose igualmente las hojas por ambas partes. No se admitirá ninguna reclamación del Contratista sobre el volumen resultante que no esté basado en las hojas anteriormente citadas.

En el precio de la excavación queda comprendido también, salvo indicación en contrato de la valoración de obra, el coste del descuaje del arbolado, arbustos, raíces y toda clase de vegetación.

Queda comprendido igualmente el coste de saneamiento y limpieza de la capa de asiento de la cimentación, el agotamiento, el relleno, el refinado de los taludes, el apilamiento de los materiales aprovechables, el transporte al vertedero, las entibaciones y las medidas de seguridad necesarias, las señales de precaución, el balizamiento de pasos provisionales necesarios, la reposición o modificación de las servidumbres existentes y cuantas operaciones sean precisas para terminar completamente la unidad de obra y dejar el terreno inmediato en las condiciones preexistentes.

4. MEDICIÓN Y ABONO DE TERRAPLENES O RELLENOS COMPACTOS.

Los terraplenes se medirán por su volumen deducido de las líneas teóricas de los planos y de las órdenes del director de las obras, a partir de los perfiles del terreno. Los rellenos compactos se medirán por diferencia entre el volumen excavado que se abona y el que ocupa la obra de fábrica, tuberías o el resto de los rellenos en zanja.

El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias para formar el terraplén o relleno, cualquiera que sea la procedencia de las tierras y la distancia de transporte. Incluyen las excavaciones de préstamos según las prescripciones de este pliego, la limpieza del terreno sobre el que descansará el terraplén y la pequeña remoción de aquel para facilitar la unión, el agua para humedecer las tierras, la consolidación de éstas, y el refinado de las superficies.

No serán de abono al contratista las operaciones necesarias para el transporte de pie de obra y ulterior transporte al vertedero, del material que no haya resultado utilizable, ni las creces con que deben formarse los terraplenes destinados a ser recortados, ni esta última operación. No serán de abono los rellenos que haya de realizar el contratista por ejecución defectuosa de las obras o por su conveniencia.

5. MEDICIÓN Y ABONO DE HORMIGONES.

Se entiende por m³ de hormigón, cualquiera que sea el tipo de dosificación de éste, al volumen que corresponde a dicha unidad completamente terminada. Se abonará a los precios fijados en el Presupuesto. Se abonarán solamente los volúmenes que resulten de aplicar a la obra las dimensiones acotadas en los planos u ordenadas, por escrito, por el director de las obras, sin que sea de abono cualquier exceso que no haya sido debidamente autorizado.

Para la dosificación de los hormigones, las proporciones de cemento que figuran en el presente proyecto son indicativas. El contratista tendrá la obligación de emplear la cantidad de cemento necesaria para obtener las resistencias que se exigen en este Pliego, sin que por ello pueda pedir sobreprecio alguno.

Ninguna variación de procedencia de los áridos autorizada o pedida por el director de las obras, significará cambio de precio de la unidad de obra en que intervengan. En el precio de los hormigones están incluidos todos los gastos de los materiales, transporte, preparación, puesta en obra, vibrado, curado, pruebas y ensayos que sean precisos a realizar, así como la autorización de moldes, encofrados, cimbras y andamiajes.

6. MEDICIÓN Y ABONO DE ACERO EN ARMADURAS DE HORMIGÓN Y EN PERFILES LAMINADOS.

Se abonará y se pagará el acero por peso teórico que, basado en una densidad de acero de $7,85 \text{ Tn/m}^3$, resulte de las dimensiones que figure en los planos de obra que autorice la Dirección.

En el precio de acero está incluido el coste de suministro, manipulación, empleo de materiales, máquinas y mano de obra necesaria para su puesta en obra, así como los aumentos debidos a pérdidas, empalmes y ataduras.

No serán de abono los excesos de obra que ejecute el Contratista por su conveniencia o error, cuando sustituya algunas secciones por otras mayores, con la aprobación del Director de las Obras, por no disponer los elementos apropiados.

7. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS TUBERIAS DE CUALQUIER CLASE DE MATERIAL.

Se entiende por metro lineal (ml) de tubería cualquier material y de diversos tipos y diámetros, la longitud correspondiente a estas unidades, completamente colocadas y probadas de acuerdo con las prescripciones del presente Pliego. Se abonará por ml a los precios de las valoraciones de obra, estando incluidos en dichos precios la adquisición de los materiales, su transporte a obra, su colocación, juntas, pruebas y parte proporcional de las piezas necesarias para el montaje de la totalidad de las redes y que no figuren específicamente en el Presupuesto.

El Contratista adoptará las medidas necesarias encaminadas a evitar la flotación y movimientos de los tubos en las zanjas con anterioridad al relleno de las mismas, cualquier avería originada por este motivo deberá ser reparada por el Contratista y no será de abono por parte de la Dirección Técnica.

8. MEDICIÓN Y ABONO DE OTRAS UNIDADES DE OBRA.

Las obras no previstas en el Proyecto o no incluidas en el presente apartado de este Pliego de Condiciones, se abonarán a los precios unitarios de las Valoraciones de Obra.

Si para la Valoración de estas obras, no bastasen los precios de dichas valoraciones, se elaborarán precios contradictorios o convenidos de acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Contratación para la Aplicación de la Ley de Contratos del Estado y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la contratación de Obras del Estado.

9. ABONO DE UNIDADES DE OBRAS INCOMPLETAS.

Cuando por rescisión u otras causas, sea preciso valorar obras incompletas, se aplicará la descomposición que figura en las Valoraciones de Obra, sin que pueda pretenderse la valoración de cualquier unidad descompuesta en forma distinta. En ningún caso, tendrá elementos que componen el precio contenido en dichas Valoraciones.

10.ABONO DE MATERIALES EN DEPÓSITO.

No se abonará al Contratista el porcentaje de material que no esté colocado en depósito. Si el terreno utilizado para depósito de material, es de propiedad particular, no se hará el abono hasta su empleo en obra.

11.GASTOS Y PRUEBAS DE ENSAYOS.

Todos los gastos ocasionados por ensayos, pruebas, verificaciones, etc., de materiales o unidades de obra o totalmente ejecutadas serán a cargo del Contratista. Se incluyen el coste de los materiales que se hayan de ensayar, la mano de obra, herramientas, transporte, gastos de toma de muestras, minutas de laboratorio, etc. El importe no excederá del 1% del presupuesto de adjudicación de las obras.

Todo ensayo que no haya dado resultado satisfactorio, a juicio del Director de las Obras, o que no ofrezcan garantías suficientes, podrá repetirse de nuevo a cargo del Contratista y no se computarán a efectos del 1% del importe total de pruebas y ensayos.

12.OBRAS DEFECTUADAS O MAL EJECUTADAS.

Si el Director de las Obras estima que las unidades de obra defectuosas y que no cumplen estrictamente las condiciones del contrato, son sin embargo, admisibles, puede proponer a su superioridad la aceptación de las mismas con la consiguiente rebaja de los precios.

El Contratista queda obligado a rebajar los precios rebajados fijados por la Administración, a no ser que prefiera demoler y reconstruir las unidades defectuosas con arreglo a las Condiciones del Contrato.

13.RETRASO EN OBRAS.

En caso de sucederse un retraso temporal en la ejecución de cualquier tramo de la obra el Contratista deberá correr con la totalidad de los sobrecostes derivados por dicha tardanza, bien por el alquiler de maquinaria, por costes de personal o cualquier otro motivo no contemplado en los anteriores.

Además por cada día de retraso de la finalización de la obra respecto de lo contratado, el Contratista deberá indemnizar con un 1% del ejecutado material.

CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.

1. OBJETO.

Se entiende el presente Pliego como orientativo para la formación del contrato entre el Proyectista y el Constructor.

2. REQUISITOS DEL CONTRATISTA.

Pueden ser contratistas de las obras los españoles y extranjeros que se hallen en posesión de sus derechos civiles con arreglo a las leyes, y a las sociedades y compañías legalmente construidas y reconocidas en España.

Quedan exceptuados:

- Los que se hallen procesados criminalmente.
- Los que estuviesen fallidos, con suspensión de pagos o con sus bienes intervenidos.
- Los que estuviesen apremiados como deudores o de los caudales públicos en concepto de seguros contribuyentes.
- Los que en contratos anteriores con la Administración, hubieran faltado reconocidamente a sus compromisos.

3. SISTEMAS DE CONTRATACIÓN.

La ejecución de las obras podrá contratarse por cualquiera de los siguientes sistemas:

- Por tanto alzado; comprenderá la ejecución de toda o parte de la obra, con sujeción estricta a los documentos del Proyecto y en una cifra fija.
- Por unidades de obra ejecutadas, así mismo con arreglo a los documentos del Proyecto y a las condiciones particulares que en cada caso estipulen.

- Por contratos de mano de obra, siendo a cuenta de la propiedad el suministro de materiales y medios auxiliares, en condiciones idénticas a las anteriores

4. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO.

Los contratos se formalizarán mediante documento privado en general, que podrá elevarse a elección de escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Será de cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasionen la extensión del documento en que se consigne la contrata.

5. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto (la Memoria no tendrá consideración de documento del Proyecto). Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que el director de construcción haya examinado y reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

6. ACCIDENTES DE TRABAJO Y DAÑOS A TERCEROS.

En caso de accidentes ocurridos a los operarios, con motivo y en ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto en la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la propiedad, por responsabilidades de cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a obreros o a los viandantes, no solo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra, huecos de escalera, etc.

De los accidentes y 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 den la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos y precios 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 auxiliares. 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 causar las operaciones de ejecución de las obras.

7. HALLAZGOS.

El Propietario se reserva la posesión de todas las antigüedades objetos de arte o sustancias minerales utilizables, que se encuentren en las excavaciones, demoliciones practicadas en sus terrenos, o edificaciones, etc.

El Contratista deberá emplear para extraerlos, todas las precauciones que se indiquen por el director de la construcción. El Propietario abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen.

Será así mismo, como de la exclusiva pertenencia del Propietario de los materiales y corrientes de agua que, como consecuencia de la ejecución de las obras aparecieran en los solares o terrenos en los que se realizan las obras, pero el Contratista tendrá derecho de utilizarlas en la construcción.

En el caso de utilizarse aguas, y si las utiliza, serán de cargo del Contratista, las obras que sea conveniente ejecutar para recogerlas o desviarlas para su utilización.

La autorización para el aprovechamiento de gravas, arena y toda clase de materiales procedentes de los terrenos donde los trabajos se ejecuten, así como las condiciones técnicas y económicas en que estos aprovechamientos han de concederse y ejecutarse, se señalarán para cada caso concreto por el Director de Construcción.

8. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO.

Serán causas de rescisión las siguientes: la muerte o incapacitación del Contratista, la quiebra del Contratista, las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

- La modificación del Proyecto en tal forma que represente alteraciones fundamentales a juicio del Director de Construcción, y en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto, como consecuencia de estas modificaciones, represente en más o en menos del 25% como mínimo del importe de aquél.
- Las modificaciones de unidades de obras siempre que éstas representen variaciones en más o menos del 40% como mínimo de algunas de las unidades que figuran en las mediciones del Proyecto, o en más de un 59% de unidades de Proyecto.
- La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas a la Contrata no se dé comienzo, a la obra

adjudicada en el plazo de tres meses a partir de la adjudicación en este caso, la devolución de fianza será automática.

- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe con perjuicio de las obras.
- La terminación del plazo de la ejecución de la obra.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

9. LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN.

Siempre que se rescinda el contrato por causa ajena, a falta de cumplimiento del Contratista, se abonará a éste todas las obras ejecutadas con arreglo a las condiciones prescritas y todos los materiales a pie de obra pendiente de ejecución y aplicándose a éstos, los precios que fija el Ingeniero.

Cuando la rescisión de la contrata, sea por incumplimiento del Contratista se abonará la obra hecha si es de recibo, y los materiales acopiadas al pie de la misma, que reúnan las debidas condiciones y sean necesarios para la misma, sin que, mientras duren estas negociaciones pueda entorpecer la marcha de los trabajos.

10.IMPUESTOS.

Correrán por cuenta del Contratista los impuestos que se devenguen por el contrato. Si se exigiese alguno de estos impuestos al Propietario, le será, integrado por el Contratista, así como las multas e intereses por demora en el pago.

11.LEGISLACIÓN.

En todo caso, lo no especificado en el presente Pliego de Condiciones y siempre que no se contradiga al mismo, se atenderá en lo estipulado en el Pliego de Condiciones Varias de la Edificación, de la Dirección General de Arquitectura, así como la vigente Ley de Contratos del Estado, que por tanto se considera forma parte del presente Pliego de Condiciones.

Todo desacuerdo sobre las cláusulas de Contrato y del presente Pliego de Condiciones, que se promoviesen entre el Contratista y el Propietario, será

resuelto con arreglo a los requisitos y en la forma prevista por la vigente Ley de Enjuiciamiento Civil.

12.DUDAS U OMISIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.

Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesta en ambos documentos. En caso de duda u omisión en cualquiera de los documentos del Proyecto, el Contratista se compromete a seguir en todo caso, las instrucciones de la Dirección facultativa, para que la obra se haga con arreglo a las buenas prácticas de las construcciones. El Contratista no queda eximido de la obligación de ejecutadas.

13.EPÍLOGO.

Todo cuanto se hallase definido en el presente Pliego de Condiciones, será ejecutado bajo la responsabilidad del Ingeniero que dirija las obras.

En Zaragoza a 5 de Febrero de 2016.

Firmado, el Autor:

Sergio Clavero Pina.



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

CÁLCULO Y DIMENSIONADO ESTRUCTURAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN ASERRADERO DE MADERA PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Autor

Sergio Clavero Pina

Director

Víctor Tabuenca Cintora

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2016

ÍNDICE

1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	1
2. CIMENTACIÓN.....	3
3. SANEAMIENTO.	4
4. ESTRUCTURA.	6
4.1 PILARES PRINCIPALES – PÓRTICO TIPO.....	6
4.2 PILARES PRINCIPALES – PÓRTICO HASTIAL	7
4.3 PILARES DE CIERRE	8
4.4 CERCHAS.....	9
4.5 MARQUESINAS.....	9
4.6 DINTELES.....	10
4.7 ENTRAMADO DE CORREAS	10
4.8 ENTRAMADO DE ARRIOSTRAMIENTO.....	12
4.9 VIGAS CARRIL.....	13
5. PAVIMENTACIÓN.	14
6. CERRAMIENTO.	15
7. ALBAÑILERÍA.....	16
8. CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA.....	17
9. INSTALACIÓN SANITARIA.....	19
10. URBANIZACIÓN.....	20
11. CONTROL DE CALIDAD.	22
12. SEGURIDAD Y SALUD	23
13. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	24
14. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	25

1. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
----	----------------	----------	--------	---------

1.1 M2 Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.

Total m2: 5.060,030 0,33 1.669,81

1.2 M3 Excavación en pozos en terrenos de consistencia dura, por medios mecánicos, con carga directa sobre camión basculante, incluso transporte de tierras a vertedero, a una distancia menor de 10 km., considerando ida y vuelta, incluso canon de vertedero y p.p. de medios auxiliares.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
ZAPATA TIPO A	22	3,400	2,300	1,200	206,448	
ZAPATA TIPO B	4	3,000	2,000	1,200	28,800	
					235,248	235,248
Total m3:					235,248	20,12 4.733,19

1.3 M3 Excavación en zanjas, en terrenos de consistencia dura, por medios mecánicos, con carga directa sobre camión basculante, incluso transporte de tierras a vertedero, a una distancia menor de 10 km. considerando ida y vuelta, incluso canon de vertido y con p.p. de medios auxiliares.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
VIGA DE ATADO TIPO A	20	2,700	0,400	0,400	8,640	
VIGA DE ATADO TIPO B	4	3,095	0,400	0,400	1,981	
VIGA DE ATADO TIPO C	2	4,000	0,400	0,400	1,280	
					11,901	11,901
Total m3:					11,901	16,44 195,65

1.4 M3 Excavación en zanjas de saneamiento, en terrenos de consistencia dura, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, y con posterior relleno y apisonado de las tierras procedentes de la excavación y con p.p. de medios auxiliares.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
ZANJA PARA TUBO D160	8	10,000	0,400	0,400	12,800	
ZANJA PARA TUBO D250	2	8,700	0,400	0,400	2,784	
ZANJA PARA TUBO D200	1	30,000	0,400	0,400	4,800	
ZANJAS PARA TUBO-BAJANTE D90	10	5,800	0,400	0,400	9,280	
					29,664	29,664
Total m3:					29,664	8,91 264,31

Ud o	Descripción	Medición	Precio	Importe			
1.5	M3 Excavación en arquetas o pozos de saneamiento, en terrenos de consistencia dura, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, y con posterior relleno, apisonado y extendido de las tierras procedentes de la excavación, y con p.p. de medios auxiliares.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
	ARQUETAS 63x63x80 cm	10	0,630	0,630	0,800	3,175	
	ARQUETA 75x75x105 cm	1	0,750	0,750	1,050	0,591	
						3,766	3,766
			Total m3	3,766		9,66	36,38

TOTAL CAPÍTULO Nº 1 - MOVIMIENTO DE TIERRAS**6.899,34 €**

:

2. CIMENTACIÓN.

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
----	----------------	----------	--------	---------

2.1 M3 Hormigón armado HA-25/B/40/Ila, de 25 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 40 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura (40 kg/m3.), vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
ZAPATA TIPO A	22	3,400	2,300	1,200	206,448	
ZAPATA TIPO B	4	3,000	2,000	1,200	28,800	
VIGA ATADO TIPO A	20	2,700	0,400	0,400	8,640	
VIGA ATADO TIPO B	4	3,095	0,400	0,400	1,981	
VIGA ATADO TIPO C	2	4,000	0,400	0,400	1,280	
					247,149	247,149
Total m3:				247,149	140,60	34.749,15

2.2 M3 Hormigón en masa HM-5/B/40, de 5 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40 mm. elaborado en obra para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
ZAPATA TIPO A	22	3,400	2,300	0,050	8,602	
ZAPATA TIPO B	4	3,000	2,000	0,050	1,200	
RIOSTRA TIPO A	20	2,700	0,400	0,050	1,080	
RIOSTRA TIPO B	4	3,095	0,400	0,050	0,248	
RIOSTRA TIPO C	2	4,000	0,400	0,050	0,160	
					11,290	11,290
Total m3:				11,290	54,51	615,42

TOTAL CAPÍTULO Nº 2 – CIMENTACIÓN:**35.364,57€**

3. SANEAMIENTO.

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
----	----------------	----------	--------	---------

- 3.1 M. Tubería enterrada de PVC liso de saneamiento, de unión en copa lisa pegada, de 160 mm. de diámetro exterior, espesor de pared 3'9 mm., colocado sobre cama de arena de río, con p.p. de piezas especiales, sin incluir la excavación ni el tapado posterior de las zanjas, y con p.p. de medios auxiliares.

	Uds.	Largo	Parcial	Subtotal
TUBO PVC D160mm	8	10,000	80,000	
			80,000	80,000
Total m.:		80,000	9,28	742,40

- 3.2 M. Tubería enterrada de PVC liso de saneamiento, de unión en copa lisa pegada, de 200 mm. de diámetro exterior, espesor de pared 4'9 mm., colocado sobre cama de arena de río, con p.p. de piezas especiales, sin incluir la excavación ni el tapado posterior de las zanjas, y con p.p. de medios auxiliares.

Total m.:	36,500	14,14	516,11
----------------	--------	-------	---------------

- 3.3 Ud Arqueta de registro de 63x63x80 cm. de medidas interiores, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1/2 pie de espesor, recibido con mortero de cemento, colocado sobre solera de hormigón en masa HM-10/B/40, enfoscada y bruñida por el interior con mortero de cemento, y con tapa de hormigón armado prefabricada, totalmente terminada y con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación, ni el relleno perimetral posterior.

Total ud:	10,000	70,72	707,20
----------------	--------	-------	---------------

- 3.4 Ud Arqueta prefabricada registrable de hormigón armado, de 75x75x105 cm. de medidas interiores, completa, incluso con tapa, colocada sobre solera de hormigón en masa HM-15/B/40, de 15 cm. de espesor, incluso p.p. de formación de agujeros para conexionado de tubos, y con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la excavación, ni el relleno perimetral posterior.

Total ud:	1,000	105,41	105,41
----------------	-------	--------	---------------

- 3.5 Ud Acometida domiciliaria de saneamiento a la red general municipal, hasta una distancia máxima de 8 m., formada por: rotura del pavimento con compresor, excavación manual de zanjas de saneamiento en terrenos de consistencia dura, colocación de tubería de hormigón en masa de enchufe de campana, con junta de goma de 20 cm. de diámetro interior, tapado posterior de la acometida y reposición del pavimento con hormigón en masa HM-15/B/40, sin incluir formación del pozo en el punto de acometida y con p.p. de medios auxiliares.

Total ud:	1,000	154,91	154,91
----------------	-------	--------	---------------

- 3.6 M** Suministro y montaje de canalón cuadrado de aluminio lacado, de desarrollo 400 mm, de 0,68 mm de espesor, para recogida de aguas, formado por piezas preformadas, fijadas mediante soportes especiales colocados cada 50 cm, con una pendiente mínima del 0,5%. Incluso p/p de piezas especiales, remates finales del mismo material, y piezas de conexión a bajantes. Totalmente montado, conexionado y probado.
 Incluye: Replanteo y trazado del canalón. Colocación y sujeción de abrazaderas. Montaje de las piezas, partiendo del punto de desagüe. Empalme de las piezas. Conexión a las bajantes.
 Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.
 Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Largo	Parcial	Subtotal
CANALÓN	20	5,000	100,000	
			100,000	100,000
Total m: 100,000			29,43	2.943,00

- 3.7 M.** Tubería colgada de PVC liso de saneamiento, de unión en copa lisa pegada, de 90 mm. de diámetro interior, colocada colgada mediante abrazaderas metálicas, incluso con p.p. de piezas especiales en desvíos y con p.p. de medios auxiliares y de ayudas de albañilería.

	Uds.	Largo	Parcial	Subtotal
BAJANTE	10	23,000	230,000	
			230,000	230,000
Total m: 230,000			11,86	2.727,80

TOTAL CAPÍTULO Nº 3 - SANEAMIENTO : 7.896,83 €

4. ESTRUCTURA.

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
----	----------------	----------	--------	---------

4.1 PILARES PRINCIPALES – PÓRTICO TIPO

- 4.1.1 Kg** Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para pilares, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, placas de arranque y transición de pilar inferior a superior, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.
- Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.
- Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Longitud (m)	Parcial	Subtotal
HEA500	18	8,223	22.942,170	
HEA200	18	0,300	228,420	
			23.170,590	23.170,590
Total kg:			23.170,59	2,07
				47.963,12

- 4.1.2 Ud** Suministro de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 650x800 mm y espesor 30 mm, y montaje sobre 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 32 mm de diámetro y 110 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimient. Incluso p/p de limpieza y preparación de la superficie soporte, taladro central, nivelación, relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa con mortero autonivelante expansivo, aplicación de una protección anticorrosiva a las tuercas y extremos de los pernos, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.
- Incluye: Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Relleno con mortero. Aplicación de la protección anticorrosiva.
- Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Total Ud:	18,000	440,93	7.936,74
-----------------	--------	--------	-----------------

TOTAL SUBCAPÍTULO Nº 4.1.- PILARES PRINCIPALES PÓRTICO TIPO:	55.899,86 €
--	--------------------

4.2 PILARES PRINCIPALES – PÓRTICO HASTIAL

- 4.2.1 Kg** Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para pilares, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, placas de arranque y transición de pilar inferior a superior, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.
- Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.
- Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Longitud (m)	Parcial	Subtotal
HEA500	4	9,215	5.713,300	
HEA200	4	0,300	50,760	
			5.764,060	5.764,060
Total kg:			5.764,060	2,07 11.931,60

- 4.2.2 Ud** Suministro de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 650x800 mm y espesor 30 mm, y montaje sobre 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 32 mm de diámetro y 110 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimiento. Incluso p/p de limpieza y preparación de la superficie soporte, taladro central, nivelación, relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa con mortero autonivelante expansivo, aplicación de una protección anticorrosiva a las tuercas y extremos de los pernos, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.
- Incluye: Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Relleno con mortero. Aplicación de la protección anticorrosiva.
- Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Total Ud:	4,000	440,93	1.763,72
-----------------	-------	--------	-----------------

TOTAL SUBCAPÍTULO Nº 4.2 - PILARES PRINCIPALES PÓRTICO HASTIAL:	13.695,32 €
---	--------------------

4.3 PILARES DE CIERRE

- 4.3.1 Kg** Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para pilares, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, placas de arranque y transición de pilar inferior a superior, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.
- Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.
- Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Longitud (m)	Parcial	Subtotal
IPE300	4	10,510	1.774,088	
			1.774,088	1.774,088
Total kg:			1.774,088	2,07
				3.672,36

- 4.3.2 Ud** Suministro de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 550x400 mm y espesor 20 mm, y montaje sobre 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 110 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimiento. Incluso p/p de limpieza y preparación de la superficie soporte, taladro central, nivelación, relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa con mortero autonivelante expansivo, aplicación de una protección anticorrosiva a las tuercas y extremos de los pernos, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.
- Incluye: Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Relleno con mortero. Aplicación de la protección anticorrosiva.
- Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Total Ud:	4,000	154,14	616,56
TOTAL SUBCAPÍTULO Nº 4.3.- PILARES DE CIERRE:			4.288,92 €

4.4 CERCHAS

- 4.4.1** Kg Acero laminado E 275(A 42b), en perfil laminado en caliente para cerchas y estructuras trianguladas, mediante uniones soldadas; i/corte, elaboración, montaje y p.p. de soldaduras, cartelas, placas de apoyo, rigidizadores y piezas especiales; despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, totalmente montado y colocado.

	Uds.	Longitud (m)	Parcial	Subtotal
L-150x12	18	21,310	10.471,734	
L-90x8	18	19,648	3.854,938	
L-60x10	18	17,300	2.706,066	
UPN180	18	20,192	7.996,032	
Total kg: 25.028,770			2,48	62.071,35
TOTAL SUBCAPÍTULO N° 4.4.- CERCHAS:				62.071,35 €

4.5 MARQUESINAS

- 4.5.1** Kg Acero laminado E 275(A 42b), en perfil laminado en caliente para cerchas y estructuras trianguladas, mediante uniones soldadas; i/corte, elaboración, montaje y p.p. de soldaduras, cartelas, placas de apoyo, rigidizadores y piezas especiales; despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, totalmente montado y colocado.

	Uds.	Longitud (m)	Parcial	Subtotal
L-150x12	22	5,000	3.003,000	
L-90x8	22	2,915	699,017	
L-60x10	22	0,750	143,385	
UPN180	22	5,220	2.526,480	
Total kg: 6.371,882			2,48	15.802,27
TOTAL SUBCAPÍTULO N° 4.5.- MARQUESINAS:				15.802,27 €

4.6 DINTELES

- 4.6.1 Kg** Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para vigas y correas, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.
- Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.
- Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Longitud (m)	Parcial	Subtotal
IPE-360	4	9,062	2.069,761	
			2.069,761	2.069,761
Total kg: 2.069,761			2,07	4.284,41
TOTAL SUBCAPÍTULO Nº 4.6.- DINTELES:				4.284,41 €

4.7 ENTRAMADO DE CORREAS

- 4.7.1 Kg** Suministro y montaje de acero galvanizado UNE-EN 10025 S235JRC, en perfiles conformados en frío, piezas simples de las series C o Z, para formación de correas sobre las que se apoyará la chapa o panel que actuará como cubierta (no incluida en este precio), y quedarán fijadas a las cerchas mediante tornillos normalizados. Incluso p/p de accesorios y elementos de anclaje.
- Incluye: Replanteo de las correas sobre las cerchas. Presentación de las correas sobre las cerchas. Aplomado y nivelación definitivos. Resolución de sus fijaciones a las cerchas.
- Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.
- Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Total kg: 5.247,840 2,51 **13.172,08**

- 4.7.2 Kg** Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para vigas y correas, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Longitud (m)	Parcial	Subtotal
IPE200	180	5,000	20.160,000	
			20.160,000	20.160,000
Total kg: 20.160,000			2,07	41.731,20

- 4.7.3 Kg** Acero laminado E 275(A 42b) en perfiles circulares para pilares, i/p.p. de despuntes, soldadura y dos manos de minio de plomo, totalmente montado.

	Uds.	Largo(m)	Parcial	Subtotal
TIRANTILLAS D12	82	2,000	145,632	
TIRANTILLAS D20-CUBIERTA	120	1,566	464,162	
TIRANTILLAS D20-MARQUESINA	40	1,305	128,934	
			738,728	738,728
Total kg: 738,728			1,88	1.388,81

TOTAL SUBCAPÍTULO Nº 4.7.- ENTRAMADO DE CORREAS: **56.292,09 €**

4.8 ENTRAMADO DE ARRIOSTRAMIENTO.

4.8.1 Kg Acero laminado E 275(A 42b), en perfiles tubulares para estructuras especiales, i/soldaduras, nudos, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo electrolítico, y p.p. de piezas especiales y elementos de unión; totalmente montado y colocado.

	Uds.	Largo(m)	Parcial	Subtotal
#80.6-FACHADA	4	5,000	260,000	
#120.6-FACHADA	4	5,000	410,000	
#80.6-CUBIERTA	14	5,000	910,000	
			1.580,000	1.580,000
Total kg:			1.580,000	2,24
				3.539,20

4.8.2 Kg Acero laminado E 275(A 42b) en perfiles circulares para pilares, i/p.p. de despuntes, soldadura y dos manos de minio de plomo, totalmente montado.

	Uds.	Largo(m)	Parcial	Subtotal
REDONDO D18	8	5,134	82,144	
REDONDO D18	8	8,015	128,240	
REDONDO D18	4	7,228	57,824	
REDONDO D18	8	5,900	94,400	
REDONDO D25	8	8,200	252,560	
			615,168	615,168
Total kg:			615,168	1,88
				1.156,52

TOTAL SUBCAPÍTULO Nº 4.8.- ENTRAMADO DE ARRIOSTRAMIENTO: 4.695,72 €

4.9 VIGAS CARRIL.

- 4.9.1 Kg** Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para vigas y correas, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA2 1/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

Criterio de medición de proyecto: Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

	Uds.	Longitud (m)	Parcial	Subtotal
IPE-500	10	10,000	9.070,000	
			9.070,000	9.070,000
Total kg:			9.070,000	18.774,90
TOTAL SUBCAPÍTULO Nº 4.9.- VIGAS CARRIL:				18.774,90 €

TOTAL CAPÍTULO Nº 4 - ESTRUCTURA : 235.804,84 €

5. PAVIMENTACIÓN.

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1	M2 Solera de hormigón armado de 15 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila, de central, i/vertido, curado, colocación y armado con # 15x15/8, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado.			
Total m2		900,000	16,66	14.994,00

TOTAL CAPÍTULO Nº 5 PAVIMENTACIÓN : 14.994,00 €

6. CERRAMIENTO.

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	M2 Cubierta formada por panel de chapa de acero en perfil comercial, prelacada la cara exterior y galvanizada la cara interior de 0,5 mm. con núcleo de poliestireno expandido de 20 kg/m3. con un espesor de 40 mm., clasificado M-1 en su reacción al fuego, colocado sobre correas metálicas, i/p.p. de solapes, tapajuntas, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.			
	Total m2	864,600	25,74	22.254,80
6.2	M2 Cubierta formada por panel de chapa de acero en perfil comercial, con 2 láminas prelacadas de 0,6 mm. con núcleo de espuma de poliuretano de 40 kg/m3. con un espesor total de 50 mm. sobre correas metálicas, i/p.p. de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en verdadera magnitud.			
	Total m2	960,631	36,24	34.813,27
6.3	M2 Cubierta de placas de poliéster reforzado con fibra de vidrio traslúcida perfil granonda, sobre correas metálicas (sin incluir), i/p.p. de solapes, caballetes, limas, remates, encuentros, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, totalmente instalada, medida en verdadera magnitud.			
	Total m2	240,000	19,94	4.785,60

TOTAL CAPÍTULO Nº 6 CERRAMIENTOS : 61.853,67 €

7. ALBAÑILERÍA.

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
7.1	M2	Fábrica de bloques huecos de hormigón gris estándar de 40x20x20 cm. colocado a una cara vista, recibidos con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de río 1/6, rellenos de hormigón HA-25/B/20/I y armadura según normativa, i/p.p. de formación de dinteles, zunchos, jambas, ejecución de encuentros y piezas especiales, llagueado, roturas, replanteo, nivelación, aplomado, limpieza y medios auxiliares, medida deduciendo superiores a 2 m2.			
		Total m2	375,000	27,88	10.455,00
7.2	M2	Solado de terrazo 40x40 cm. micrograno, pulido en fábrica, recibido con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de miga 1/6, i/cama de arena de 2 cm. de espesor, rejuntado con lechada de cemento blanco BL-V 22,5 y limpieza, medido en superficie realmente ejecutada.			
		Total m2	41,000	20,69	848,29
7.3	M2	Solado de terrazo 40x40 cm. china media, pulido en fábrica, recibido con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de miga 1/6, i/cama de arena de 2 cm. de espesor, rejuntado con lechada de cemento blanco BL-V 22,5 y limpieza, medido en superficie realmente ejecutada.			
		Total m2	15,000	19,36	290,40
7.4	M2	Solado de baldosa de gres porcelánico natural de 40x40 cm., recibido con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de río 1/6 (M-40), i/cama de 2 cm. de arena de río, rejuntado con lechada de cemento blanco BL-V 22,5 y limpieza, medido en superficie realmente ejecutada.			
		Total m2	25,000	29,18	729,50
7.5	M2	Alicatado con azulejo color 15x15 cm. 1ª, recibido con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de miga 1/6, i/p.p. de cortes, ingletes, piezas especiales, rejuntado con lechada de cemento blanco BL-V 22,5 y limpieza, medido deduciendo huecos superiores a 1 m2.			
		Total m2	32,750	18,18	595,40
7.6	M2	Falso techo desmontable de escayola aligerada, acústico, fisurado en placas de 60x60 cm. suspendido de perfilera vista lacada en blanco de 24 mm. de ancho, i/p.p. de accesorios de fijación, montaje y desmontaje de andamios, medido deduciendo huecos superiores a 2 m2.			
		Total m2	90,000	14,61	1.314,90
7.7	M2	Tabicón de rasillón de 50x20x7 cm., recibido con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de río 1/6, i/p.p. de replanteo, aplomado y recibido de cercos, roturas, humedecido de las piezas, limpieza y medios auxiliares, s/NBE-FL-90, medido deduciendo huecos superiores a 2 m2.			
		Total m2	213,000	11,35	2.417,55

TOTAL CAPÍTULO Nº 7 ALBAÑILERÍA : 16.651,04 €

8. CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA.

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
8.1	Ud Puerta de chapa lisa de 1 hoja de 90x200 cm. y rejilla de ventilación, realizada con doble chapa de acero galvanizado de 1 mm. de espesor y panel intermedio, rigidizadores con perfiles de acero conformado en frío, herrajes de colgar, cerradura con manillón de nylon, cerco de perfil de acero conformado en frío con garras para recibir a la obra, acabado con capa de pintura epoxi polimerizada al horno, elaborada en taller, ajuste y fijación en obra. (sin incluir recibido de albañilería).			
	Total ud	1,000	209,63	209,63
8.2	Ud Puerta de paso ciega normalizada, serie económica, lisa hueca (CLH) de pino para pintar, con cerco directo de pino macizo 70x50 mm., tapajuntas lisos de DM rechapados de pino 70x10 mm. en ambas caras, y herrajes de colgar y de cierre latonados, totalmente montada, incluso p.p. de medios auxiliares.			
	Total ud	11,000	154,22	1.696,42
8.3	Ud Suministro y colocación de puerta de paso ciega, de dos hojas de 203x82,5x3,5 cm, de tablero aglomerado, chapado con sapeli, barnizada en taller; precerco de pino país de 90x35 mm; galces de MDF, con rechapado de madera, de sapeli de 90x20 mm; tapajuntas de MDF, con rechapado de madera, de sapeli de 70x10 mm en ambas caras. Incluso herrajes de colgar, de cierre y manivela sobre escudo largo de latón negro brillo, serie básica. Ajuste de la hoja, fijación de los herrajes y ajuste final. Totalmente montada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio). Incluye: Realización de todos los trabajos necesarios para la resolución de los huecos. Colocación de los herrajes de colgar. Colocación de la hoja. Colocación de los herrajes de cierre. Colocación de accesorios. Realización de pruebas de servicio. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.			
	Total Ud	1,000	278,18	278,18
8.4	Ud Ventana oscilobatiente de 2 hojas de aluminio lacado blanco, de 200x120 cm. de medidas totales, compuesta por cerco, hojas y herrajes de colgar y de seguridad, totalmente instalada sobre precerco de aluminio, sellado de juntas y limpieza, incluso con p.p. de medios auxiliares.			
	Total ud	3,000	258,46	775,38

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe		
8.5	M2 Carpintería de aluminio anodizado en color natural de 15 micras, en ventanas practicables de 1 hoja , menores o iguales a 1 m2 de superficie total, compuesta por cerco, hoja y herrajes de colgar y de seguridad, totalmente instalada sobre precerco de aluminio, sellado de juntas y limpieza, incluso con p.p. de medios auxiliares.					
		Uds.	Largo (m)	Ancho(m)	Parcial	Subtotal
	VENTANA PARA VESTUARIO	9	0,800	0,500	3,600	
					3,600	3,600
		Total m2:		3,600	91,31	328,72
8.6	M2 Reja de hierro forjado, construida en acero pucelado, cerco de llanta de 35x10 mm., con perforaciones para recibido de barrotes, barrotes verticales de cuadradillo macizo de 15x15 mm. y horizontales de 18x18, con troqueles de paso, i/garras de fijación de 12 cm, elaborada en taller y montaje en obra (sin incluir recibido de albañilería).					
		Uds.	Largo	Ancho	Parcial	Subtotal
	REJA PARA VENTANA	3	2,000	1,200	7,200	
					7,200	7,200
		Total m2:		7,200	145,87	1.050,26
8.7	M2 Puerta corredera suspendida de una hoja, accionamiento manual, formada por cerco, bastidor y refuerzos de tubo de acero laminado, hoja ciega de chapa plegada de acero galvanizado de 0,8 mm. sistema de desplazamiento colgado, con guía inferior, topes, cubreguía, tiradores, pasadores, cerradura de contacto y demás accesorios necesarios, patillas de fijación a obra, elaborada en taller, ajuste y montaje en obra (sin incluir recibido de albañilería).					
		Total m2:		30,000	89,16	2.674,80
8.8	M2 Puerta basculante articulada a 1/3, accionamiento manual por contrapesos, construída con cerco, bastidor y refuerzos de tubo de acero laminado, hoja ciega de chapa plegada de acero galvanizado de 0,8 mm. bisagras, guías laterales, rodamientos, poleas, cable de acero antitorsión para colgar contrapesos, contrapesos con chapa lisa y rellenos de ferralla, pernios de seguridad, cajones de chapa lisa de 1,5 mm. para forrar contrapesos, cerradura de contacto exterior y demás accesorios, patillas de fijación a obra, elaborada en taller, ajuste y montaje en obra. (sin incluir recibido de albañilería).					
		Total m2:		25,000	100,51	2.512,75
TOTAL CAPÍTULO Nº 8 - CARPINTERIA Y CERRAJERIA :					9.526,14 €	

9. INSTALACIÓN SANITARIA.

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
9.1	Ud Lavabo de porcelana vitrificada en color, de 65x51 cm. colocado con pedestal y con anclajes a la pared, con grifo monobloc cromado, con rompechorros, incluso válvula de desagüe de 32 mm., llaves de escuadra de 1/2" cromadas, y latiguillos flexibles de 20 cm. y de 1/2", totalmente instalado y funcionando.			
	Total ud:	3,000	131,57	394,71
9.2	Ud Inodoro de porcelana vitrificada blanco, de tanque bajo, colocado mediante tacos y tornillos al solado, incluso sellado con silicona, y compuesto por: taza, tanque bajo con tapa y mecanismos y asiento con tapa lacados, con bisagras de acero, totalmente instalado, incluso con llave de escuadra de 1/2" cromada y latiguillo flexible de 20 cm. y de 1/2", funcionando. (El manguetón está incluido en las instalaciones de desagüe).			
	Total ud:	3,000	182,63	547,89
9.3	Ud Plato de ducha acrílico, rectangular, de 90x75 cm., con grifería mezcladora exterior monobloc, con ducha teléfono de caudal regulable, flexible de 150 cm. y soporte articulado, cromada, incluso válvula de desagüe con salida vertical de 40 mm., totalmente instalada y funcionando.			
	Total ud:	3,000	295,80	887,40
9.4	Ud Instalación de fontanería para un baño, dotado de lavabo, inodoro, bidé y bañera, realizada con tuberías de polietileno reticulado Barbi, para las redes de agua fría y caliente, y con tuberías de PVC, serie C, para la red de desagües, con los diámetros necesarios para cada punto de servicio, con bote sifónico de PVC, incluso p.p. de bajante de PVC de 125 mm., y manguetón de enlace para el inodoro, terminada y sin aparatos sanitarios. Las tomas de agua y los desagües se entregarán con tapones.			
	Total ud:	1,000	211,83	211,83

TOTAL CAPÍTULO Nº 9 INSTALACIÓN SANITARIA : 2.041,83 €

10. URBANIZACIÓN.

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
10.1	<p>Ud Suministro y colocación de puerta cancela metálica de carpintería metálica, de hoja corredera, dimensiones 650x200 cm, perfiles rectangulares en cerco zócalo inferior realizado con chapa grecada de 1,2 mm de espesor a dos caras, para acceso de vehículos. Apertura manual. Incluso p/p de pórtico lateral de sustentación y tope de cierre, guía inferior con UPN 100 y cuadradillo macizo de 25x25 mm sentados con hormigón HM-25/B/20/I y recibidos a obra; ruedas para deslizamiento, con rodamiento de engrase permanente, elementos de anclaje, herrajes de seguridad y cierre, acabado con imprimación antioxidante y accesorios. Totalmente montada y en funcionamiento.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de los perfiles guía. Instalación de la puerta. Vertido del hormigón. Montaje del sistema de apertura. Montaje del sistema de accionamiento. Repaso y engrase de mecanismos y guías.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
	Total Ud	1,000	4.107,32	4.107,32
10.2	<p>M Formación de cerramiento de parcela con muro de 1,2 m de altura, continuo, de 20 cm de espesor de fábrica 2 caras vistas, de bloque 2CV hueco de hormigón, split con dos caras vistas, gris, 40x20x20 cm, con junta de 1 cm, rehundida, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel. Incluso p/p de limpieza y preparación de la superficie de apoyo, formación de juntas, ejecución de encuentros, pilastras de arriostramiento y piezas especiales.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo. Colocación y aplomado de miras de referencia. Tendido de hilos entre miras. Colocación de las piezas por hiladas a nivel.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, deduciendo la longitud de los huecos de puertas y cancelas.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, deduciendo la longitud de los huecos de puertas y cancelas.</p>			
	Total m	295,061	47,44	13.997,69

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
10.3	M	<p>Suministro y montaje de valla mediante verja metálica compuesta por barrotes horizontales de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm y barrotes verticales de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm y 0,8 m de altura; todo ello con tratamiento anticorrosión según UNE-EN ISO 1461 e imprimación SHOP-PRIMER a base de resina polivinil-butiral con un espesor medio de recubrimiento de 20 micras, con anclajes empotrados en dados de hormigón o muretes de fábrica u hormigón (no incluidos en este precio). Incluso p/p de replanteo, apertura de huecos, relleno de mortero para recibido de los montantes, colocación de la verja y accesorios de montaje. Elaboración en taller y ajuste final en obra.</p> <p>Incluye: Replanteo de alineaciones y niveles. Marcado y situación de los puntos de anclaje. Preparación de los puntos de anclaje. Presentación de los tramos de verja. Aplomado y nivelación de los tramos. Fijación de los tramos mediante el anclaje de sus elementos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto, deduciendo la longitud de los huecos de puertas y cancelas.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, deduciendo la longitud de los huecos de puertas y cancelas.</p>			
Total m:			295,061	22,89	6.753,95

TOTAL CAPÍTULO Nº 10 - URBANIZACIÓN : 24.858,96 €

11. CONTROL DE CALIDAD.

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
11.1	Ud <i>Prueba de funcionamiento de la red de saneamiento mediante vertido de agua durante un periodo mínimo de 1 hora y comprobación de la perfecta evacuación y ausencia de embalsamientos en las arquetas.</i>			
	<i>Total ud:</i>	1,000	86,05	86,05
11.2	Ud <i>Ensayo estadístico para la determinación de la resistencia estimada de un hormigón de cimientos, para un volumen de obra comprendido entre 100 y 150 m3 para un control a nivel normal; incluso emisión del acta de resultados.</i>			
	<i>Total ud:</i>	1,000	421,23	421,23
11.3	Ud <i>Determinación de la consistencia de un hormigón fresco, mediante la medida de su asiento en el cono de Abrams, según UNE 83313/90, incluso emisión del acta de resultados.</i>			
	<i>Total ud:</i>	3,000	7,64	22,92
11.4	Ud <i>Estudio teórico de una dosificación para la fabricación de un hormigón resistente, incluso emisión del acta de resultados.</i>			
	<i>Total ud:</i>	1,000	250,31	250,31
11.5	Ud <i>Análisis granulométrico, según UNE 7139/58, de un árido para fabricación de hormigones, incluso emisión del acta de resultados.</i>			
	<i>Total ud:</i>	5,000	16,40	82,00
11.6	Ud <i>Ensayo de las características mecánicas de un perfil de acero laminado con la determinación de las características mecánicas a tracción, y el alargamiento de rotura, según UNE 36401-81, y el índice de resiliencia, según UNE 36403; incluso emisión del acta de resultados.</i>			
	<i>Total ud:</i>	1,000	362,32	362,32
11.7	Ud <i>Ensayo para comprobación de la geometría de la sección de un perfil laminado, y la desviación de la masa, según NLE, incluso mecanización de la probeta y emisión del acta de resultados.</i>			
	<i>Total ud:</i>	1,000	40,51	40,51

TOTAL CAPÍTULO Nº 11 - CONTROL DE CALIDAD : 1.265,34 €

12. SEGURIDAD Y SALUD

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
12.1	Ud Estudio de seguridad y salud			
Total Ud:		1,000	9.863,13	9.863,13

TOTAL CAPÍTULO Nº 12 - SEGURIDAD Y SALUD : 9.863,13 €

13. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.

1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	6.899,34
2. CIMENTACIÓN	35.364,57
3. SANEAMIENTO	7.896,83
4. ESTRUCTURA	235.804,84

4.1.- PILARES PRINCIPALES	55.899,86
4.2.- PILARES PRINCIPALES PÓRTICO HASTIAL	13.695,32
4.3.- PILARES DE CIERRE	4.288,92
4.4.- CERCHAS	62.071,35
4.5.- MARQUESINA	15.802,27
4.6.- DINTEL	4.284,41
4.7.- ENTRAMADO DE CORREAS	56.292,09
4.8.- ENTRAMADO DE ARRIOSTRAMIENTO	4.695,72
4.9.- VIGA CARRIL	18.774,90

5. PAVIMENTACIÓN	14.994,00
6. CERRAMIENTOS	61.853,67
7. ALBAÑILERÍA	16.651,04
8. CARPINTERIA Y CERRAJERIA	9.526,14
9. INSTALACIÓN SANITARIA	2.041,83
10. URBANIZACIÓN	24.858,96
11. CONTROL DE CALIDAD	1.265,34
12. SEGURIDAD Y SALUD	9.863,13

TOTAL: 427.019,69 €

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de **CUATROCIENTOS VEINTISIETE MIL DIECINUEVE EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**

14. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.

1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	6.899,34
2. CIMENTACIÓN	35.364,57
3. SANEAMIENTO	7.896,83
4. ESTRUCTURA	235.804,84
5. PAVIMENTACIÓN	14.994,00
6. CERRAMIENTOS	61.853,67
7. ALBAÑILERÍA	16.651,04
8. CARPINTERIA Y CERRAJERIA	9.526,14
9. INSTALACIÓN SANITARIA	2.041,83
10. URBANIZACIÓN	24.858,96
11. CONTROL DE CALIDAD	1.265,34
12. SEGURIDAD Y SALUD	9.863,13

<i>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</i>	427.019,69
--	-------------------

<i>GASTOS GENERALES (6%)</i>	25.621,18
------------------------------	------------------

<i>BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)</i>	55.512,56
-----------------------------------	------------------

TOTAL:	508.153,43 €
---------------------	---------------------

Asciende el Presupuesto de Ejecución por Contrata a la expresada cantidad de **QUINIENTOS OCHO MIL CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.**

En Zaragoza a 5 de Febrero de 2016.

Firmado, el Autor:

Sergio Clavero Pina.



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

CÁLCULO Y DIMENSIONADO ESTRUCTURAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN ASERRADERO DE MADERA

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Autor

Sergio Clavero Pina

Director

Víctor Tabuenca Cintora

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2016

ÍNDICE

MEMORIA

1.	DATOS GENERALES DEL PROYECTO.....	1
2.	OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	2
3.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS CLASIFICADOS POR LAS ACTIVIDADES EN LA OBRA.....	3
4.	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PREVISTAS EN LA OBRA.....	41
5.	DESCRIPCIÓN DE OFICIOS A INTERVENIR EN LA OBRA.	41
6.	DESCRIPCIÓN DE MEDIOS AUXILIARES Y MAQUINARIA PREVISTA.	41
7.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGO DE INCENDIO	43
8.	SEÑALIZACIÓN DE LOS RIESGOS EN LA OBRA	44
9.	VÍAS DE EVACUACIÓN Y SALIDAS DE EMERGENCIA.....	45
10.	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA EL MANTENIMIENTO POSTERIOR DE LO CONSTRUIDO.	46
11.	SISTEMA DECIDIDO PARA EL CONTROL DEL NIVEL DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA OBRA	46
12.	DOCUMENTOS DE NOMBRAMIENTOS PARA EL CONTROL DEL NIVEL DE LA SEGURIDAD Y SALUD, APLICABLES DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA OBRA ADJUDICADA.....	47
13.	PREVENCIÓN ASISTENCIAL EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL.	47
14.	INSTALACIONES PROVISIONALES PREVISTAS PARA LOS TRABAJADORES... ..	48
15.	FORMACIÓN E INFORMACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD.	49

PLIEGO DE CONDICIONES.....

OBJETO.....	50
--------------------	-----------

CONDICIONES DE INDOLE LEGAL

1.	NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN	51
2.	OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS	54
3.	SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL Y TODO RIESGO DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....	57

CONDICIONES DE INDOLE FACULTATIVA

59

1.	COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN PROYECTO	59
2.	COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN EJECUCIÓN	59
3.	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	60
4.	ALTERNATIVAS PROPUESTAS POR EL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	61
5.	FORMACIÓN Y PREVENCIÓN	62
6.	ACCIONES EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL	63

CONDICIONES DE INDOLE TÉCNICA 65

1.	INSTALACIONES PROVISIONALES	65
2.	NORMAS DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	66
3.	NORMAS DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	67
4.	CONTROL DE ENTREGA DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	68
5.	NORMAS PARA MEDIOS AUXILIARES	69
6.	SEÑALIZACIÓN DE LA OBRA	70

CONDICIONES DE INDOLE ECONÓMICA 72

1.	MEDICIÓN, VALORACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LAS PARTIDAS PRESUPUESTARIAS DE SEGURIDAD Y SALUD	72
2.	AVISO PREVIO	72

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

1.	PROTECCIONES INDIVIDUALES	73
2.	PROTECCIONES COLECTIVAS	75
3.	SEÑALIZACIÓN	76
4.	INSTALACIONES PROVISIONALES	78
5.	MEDICINA Y PRIMEROS AUXILIOS	80
6.	FORMACIÓN Y CONTROL	81
7.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	82
8.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	83

MEMORIA

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO.

Promotor:

D. Víctor Tabuenca Cintora.

Descripción de la obra:

La obra a realizar será la correspondiente a la ejecución del Proyecto Cálculo y Dimensionado Estructural para la Instalación de un Aserradero de Madera y que consistirá en la construcción de una nave industrial de estructura metálica para albergar en su interior la actividad industrial de aserrado de madera.

Autor del estudio de seguridad del proyecto:

Sergio Clavero Pina

Situación:

Las obras se realizarán en terreno propiedad del Promotor y que se compone de tres parcelas junto a la localidad de Valdelinares en la Provincia de Teruel.

Tipología de la edificación:

Nave a dos aguas y sin pilares intermedios, se proyecta con estructura metálica, de 50 metros de longitud por 18 metros de luz, modulada longitudinalmente cada 5 metros. Cubierta metálica y cerramiento con panel sándwich.

Presupuesto del estudio de seguridad y salud:

11.737,11 € / Once mil setecientos treinta y siete euros con once céntimos.

Plazo de ejecución de la obra

5 meses

Personal previsto

5 trabajadores.

2. OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de la obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos y accidentes profesionales, así como los servicios sanitarios comunes a los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la/s empresa/s contratista/s para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales facilitando su desarrollo bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de Octubre de 1997 que establece las Disposiciones Mínimas en materia de Seguridad y Salud.

Todos los documentos que integran este Estudio de Seguridad y Salud son compatibles entre sí, se complementan unos a otros formando un cuerpo inseparable, son documentos contractuales para el contratista y forman parte del proyecto de ejecución de la obra. Es un documento contractual de la obra que tiene por objeto:

1. Exponer todas las obligaciones del/los Contratista/s, subcontratistas y trabajadores autónomos con respecto a este Plan de Seguridad y Salud.
2. Concretar la calidad de la prevención decidida y su montaje correcto.
3. Definir la calidad de la prevención e información útiles, elaboradas para los previsibles trabajos posteriores.
4. Definir el sistema de evaluación de las alternativas o propuestas hechas por el Plan de Seguridad y Salud, a la prevención contenida en este Plan de Seguridad y Salud.
5. Fijar unos determinados niveles de calidad de toda la prevención que se prevé utilizar, con el fin de garantizar su éxito.
6. Definir las formas de efectuar el control de la puesta en obra de la prevención decidida y su administración.
7. Propiciar un determinado programa formativo e informativo en materia de Seguridad y Salud, que sirva para implantar con éxito la prevención diseñada.

3. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS CLASIFICADOS POR LAS ACTIVIDADES EN LA OBRA.

3.1 Identificación de peligros

En esta etapa se detectan e identifican los factores de riesgo presentes en el trabajo y los riesgos de accidente laboral o enfermedad profesional derivados del mismo. Para determinar los factores de riesgo se debe observar y analizar de forma sistemática todo aquello que puede implicar un daño potencial a los operarios en la ejecución de sus actividades. Una vez identificado el factor de riesgo se procede a asociarlo a los peligros derivados de su presencia. La lista de chequeo a utilizar se presenta a continuación:

Nº ID	LISTA DE CHEQUEO
1	Caídas de personas a distinto nivel
2	Caídas de personas al mismo nivel
3	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
4	Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)
5	Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)
6	Pisadas sobre objetos
7	Golpes contra objetos inmóviles
8	Golpes con elementos móviles de máquinas
9	Golpes con objetos o herramientas
10	Proyección de fragmentos o partículas
11	Atrapamiento por o entre objetos
12	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
13	Sobresfuerzos
14	Exposición a temperaturas ambientales extremas
15	Contactos térmicos
16	Contactos eléctricos
17	Inhalación o ingestión de sustancias nocivas
18	Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas
19	Exposición a radiaciones
20	Explosiones
21	Incendios
22	Accidentes causados por seres vivos (ratas, etc)
23	Atropellos, golpes y choques con vehículos
24	Exposición A Contaminantes Biológicos
25	Postura Durante El Trabajo
26	Desplazamiento Durante El Trabajo
27	Manejo De Cargas Y Pesos
28	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)

Tabla 3.1.1

3.2 Estimación del riesgo

Debe estimarse el riesgo de cada peligro detectado, esto es, valorar conjuntamente la gravedad de las posibles consecuencias (severidad) y la probabilidad de que realmente el daño ocurra, tal como propone la metodología del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en su documento "Evaluación de Riesgos Laborales" de junio de 1996.

Para determinar la gravedad de las posibles consecuencias de un peligro, es decir, el daño que puede llegar a ocasionarse, ha de considerarse en el caso de daños personales tanto las partes del cuerpo que se verán afectadas como la naturaleza del daño, que se clasificará en leve, medio o grave:

- Daño leve (S1): Debido a la naturaleza del riesgo podría producirse una inhabilitación temporal con una baja por accidente de trabajo o enfermedad profesional inferior o igual a tres días. En esta categoría se incluirían daños superficiales, pequeños cortes y magulladuras, etc.
- Daño medio (S2): Debido a la naturaleza del riesgo podría producirse una inhabilitación temporal con una baja por accidente de trabajo o enfermedad profesional entre tres y treinta días. En esta categoría se incluirían quemaduras, conmociones, fracturas menores, etc.
- Daño grave (S3): Debido a la naturaleza del riesgo podría producirse una inhabilitación temporal con una baja por accidente de trabajo o enfermedad profesional superior a treinta días o incluso suponiendo efectos irreversibles. En esta categoría se incluirían muerte, pérdida de miembros o capacidades funcionales, fracturas mayores, intoxicaciones graves, etc.

Para el cálculo de la probabilidad o frecuencia con que se presenta el riesgo se establece el siguiente patrón de clasificación:

- Probabilidad baja (P1): Se da si la ocasión de riesgo se presenta rara vez (una al mes o menor) o si el factor de riesgo únicamente puede provocar un daño en circunstancias ocasionales. Del mismo modo se puede atender a circunstancias tales como que no se hayan dado casos en el pasado (o sólo se han verificado en extrañas circunstancias) o que no exista ninguna correlación entre la actividad laboral y el factor de riesgo.

- Probabilidad media (P2): Se da si la ocasión de riesgo se presenta en algunas ocasiones (una a la semana aproximadamente), si se han identificado casos que por su tipología han provocado daño o si existe una correlación entre la actividad y el factor de riesgo y la irregularidad del desarrollo de accidentes o enfermedades dentro de un periodo significativo. También se incluyen aquellos casos en los que el factor de riesgo puede provocar un daño aunque no sea de forma directa o automática.
- Probabilidad alta (P3): Se da si la ocasión de riesgo se presenta siempre o casi siempre (diariamente), si se han identificado casos que por su tipología hayan provocado daño graves, si existe una correlación entre la actividad y el factor de riesgo o si el número de incidentes o enfermedades dentro de un periodo de tiempo es significativo.

Al establecer la probabilidad de daño, hay que considerar si las medidas de control utilizadas son correctas, esto es, si las medidas de prevención existentes y su adecuación a los requisitos legales a las normas técnicas y a los códigos sobre prácticas son correctas.

ACTIVIDAD: Movimiento de tierras

Riesgos identificados	Probabilidad			Consecuencias		
	B	M	A	L	M	G
1.- Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.- Caídas de personas al mismo nivel		X		X		
3.- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento		X				X
4.- Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)	X				X	
5.- Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)	X				X	
6.- Pisadas sobre objetos	X			X		
7.- Golpes contra objetos inmóviles	X			X		
8.- Golpes con elementos móviles de máquinas		X				X
9.- Golpes con objetos o herramientas		X		X		
11.- Atrapamiento por o entre objetos	X				X	
12.- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos		X				X
13.- Sobresfuerzos		X			X	

16.-	Contactos eléctricos	X					X
20.-	Explosiones	X					X
21.-	Incendios	X					X
22.-	Accidentes causados por seres vivos (ratas, etc)	X				X	
23.-	Atropellos, golpes y choques con vehículos		X				X
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)		X			X	

Tabla.3.2.1

Normas básicas de seguridad

- Antes del inicio de los trabajos se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles movimientos del terreno.
- El frente de excavación realizado mecánicamente no sobrepasará en más de un metro la altura máxima del brazo de ataque de la máquina.
- Se paralizarán los trabajos a realizar al pie de entibaciones cuya garantía de estabilidad ofrezca dudas.
- Inspección de entibaciones antes del inicio de cualquier trabajo en el borde o en la base.
- Las maniobras de carga a cuchara de camiones serán dirigidas por personal diferente al conductor.
- Prohibición de permanencia en el entorno del radio de acción del brazo de una máquina que esté trabajando (distancia mínima de seguridad hombre-máquina de 5 m), para ello se acotará la zona de la máquina mediante vallas autónomas tipo "ayuntamiento".
- En caso de presencia de agua en la obra por lluvias, inundaciones, nivel freático, etc, se procederá al achique, en prevención de alteraciones del terreno.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Guantes de cuero.

Botas de seguridad.

Gafas protectoras

Protectores auditivos.

Ropa de trabajo.

Chaleco de obras reflectante.

Protecciones colectivas

- Protección de bordes de excavación con barandilla de 90 cm de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapiés, situada a 2 m del borde.
- Prohibición de acopio de tierras o materiales a menos de 2 m del borde de la excavación
- La circulación de vehículos se realizará a 4 metros del borde de la excavación.
- Utilización de cinturón de seguridad en acceso o aproximación a menos de 2 m del borde de taludes o excavaciones.

ACTIVIDAD: Excavación de zanjas y pozos

Riesgos identificados	Probabilidad			Consecuencias		
	B	M	A	L	M	G
1.- Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.- Caídas de personas al mismo nivel		X		X		
3.- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento		X				X
4.- Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)	X				X	
5.- Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)		X			X	
6.- Pisadas sobre objetos	X			X		
7.- Golpes contra objetos inmóviles	X			X		
8.- Golpes con elementos móviles de máquinas		X				X
9.- Golpes con objetos o herramientas		X			X	
10.- Proyección de fragmentos o partículas	X				X	
11.- Atrapamiento por o entre objetos		X			X	
12.- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos		X				X

13.-	Sobresfuerzos		X			X	
14.-	Exposición a temperaturas ambientales extremas	X				X	
15.-	Contactos térmicos	X					X
16.-	Contactos eléctricos		X				X
17.-	Inhalación o ingestión de sustancias nocivas	X					X
18.-	Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas	X				X	
20.-	Explosiones	X					X
21.-	Incendios	X					X
22.-	Accidentes causados por seres vivos (ratas, etc)		X			X	
23.-	Atropellos, golpes y choques con vehículos		X				X
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)	X				X	

Tabla.3.2.2

Normas básicas de seguridad

- Paralización de trabajos cuando se descubran conducciones subterráneas de electricidad, gas, agua, etc, no grafiadas en planos hasta que la Dirección Facultativa dicte las medidas a seguir.
- El acceso a una zanja o pozo se realizará mediante una escalera sólida anclada en el borde superior, estará apoyada sobre una superficie sólida de reparto de cargas y sobrepasará en 1 m la zona de desembarco.
- Después de lluvias o encharcamientos de zanjas o pozos se realizará una revisión minuciosa antes de reanudar los trabajos.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Guantes de cuero.

Gafas protectoras.

Cinturón de seguridad clase C.

Botas de seguridad.

Protecciones colectivas

- Se revisarán las entibaciones o entablados cada vez que el trabajo se haya interrumpido y siempre antes de permitir el acceso del personal al interior.
- Cuando la profundidad de una zanja sea inferior a 2 m, se acotarán mediante vallas tipo "ayuntamiento".
- Prohibición de depositar tierras o materiales a una distancia inferior a los 2 m del borde de una zanja o pozo.

ACTIVIDAD: Rellenos

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
1.-	Caídas de personas a distinto nivel	X					X
2.-	Caídas de personas al mismo nivel	X			X		
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento		X				X
5.-	Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)	X					X
6.-	Pisadas sobre objetos	X			X		
7.-	Golpes contra objetos inmóviles	X			X		
8.-	Golpes con elementos móviles de máquinas		X				X
12.-	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos		X				X
13.-	Sobresfuerzos	X				X	
16.-	Contactos eléctricos	X					X
20.-	Explosiones	X					X
21.-	Incendios	X					X
23.-	Atropellos, golpes y choques con vehículos		X				X
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)		X			X	

Tabla.3.2.3

Normas básicas de seguridad

- Todo el personal que conduzca camiones y maquinaria será especialista, estando en posesión de la documentación de capacitación acreditativa.
- Todos los vehículos se revisarán periódicamente, quedando reflejadas las revisiones en el Libro de mantenimiento.
- Se prohíbe sobrecargar los vehículos por encima de la carga máxima admisible, que constará de forma fácilmente legible.
- Todas las maniobras de vertido en retroceso serán dirigidas por persona diferente del conductor.
- Se prohíbe la permanencia de personas en un radio inferior a los 5 m en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.
- Prohibición de transportar personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.
- Regado periódico de los tajos y de las cargas y cajas de camión, para evitar polvaredas, especialmente cuando se deba circular por vías públicas.
- Los conductores de cualquier vehículo están obligados a utilizar el casco de seguridad cuando abandonen la cabina del mismo.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Guantes de cuero.

Botas de seguridad.

Ropa de trabajo.

Chaleco de obras reflectante.

Protecciones colectivas

- Todos los vehículos empleados estarán dotados de señal acústica de marcha hacia atrás y de cabina de protección del conductor (pórtico de seguridad) en caso de vuelco.
- Señalización de accesos y recorrido de los vehículos por el interior de la obra para evitar interferencias.
- Señalización de accesos a la vía pública, mediante señales normalizadas de "PELIGRO INDEFINIDO", "PELIGRO, SALIDA DE CAMIONES" y "STOP".

ACTIVIDAD: Realización de Encofrados

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
1.-	Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.-	Caídas de personas al mismo nivel		X			X	
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento		X				X
4.-	Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)		X				X
5.-	Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)		X				X
6.-	Pisadas sobre objetos		X			X	
7.-	Golpes contra objetos inmóviles		X			X	
8.-	Golpes con elementos móviles de máquinas		X				X
9.-	Golpes con objetos o herramientas		X			X	
10.-	Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.-	Atrapamiento por o entre objetos		X			X	
13.-	Sobresfuerzos		X			X	
14.-	Exposición a temperaturas ambientales extremas	X					X
16.-	Contactos eléctricos	X					X
17.-	Inhalación o ingestión de sustancias nocivas	X				X	
18.-	Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas		X			X	
21.-	Incendios	X					X

27.-	Enfermedades causadas por agentes químicos	X				X	
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)	X				X	

Tabla.3.2.4

Normas básicas de seguridad

- Prohibición de permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablones, sopandas, puntales, ferralla, etc.
- Escaleras de mano reglamentarias (aseguradas y que sobrepasen 1m la zona de desembarco) para ascenso y descenso del personal a los encofrados.
- Antes del vertido del hormigón se comprobará la buena estabilidad del conjunto.
- Prohibición expresa de pisar directamente sobre las sopandas de los encofrados. Se circulará sobre plataformas habilitadas expresamente para ello.
- Eliminación de clavos y puntas mediante extracción y barrido de los mismos.
- Prohibición de hacer fuego directamente sobre los encofrados.
- El desencofrado se realizará siempre con ayuda de cuñas metálicas, evitando desprendimientos bruscos de sus elementos.
- Orden y limpieza en los tajos durante la realización de los trabajos.
-

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Ropa de trabajo.

Botas de seguridad.

Gafas protectoras.

Arnés de seguridad.

Ropa de trabajo.

Guantes de cuero.

Chaleco de obras reflectante

Protecciones colectivas

- Colocación de barandillas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapiés, en los lugares adecuados para garantizar la seguridad en el tránsito y permanencia de trabajadores en plataformas de trabajo.
- Colocación de setas de protección sobre las esperas de ferralla.

ACTIVIDAD: Manipulación y puesta en obra de armaduras

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
1.-	Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.-	Caídas de personas al mismo nivel		X			X	
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X					X
4.-	Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)		X				X
5.-	Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)		X			X	
6.-	Pisadas sobre objetos		X		X		
7.-	Golpes contra objetos inmóviles		X		X		
8.-	Golpes con elementos móviles de máquinas		X			X	
9.-	Golpes con objetos o herramientas		X		X		
10.-	Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.-	Atrapamiento por o entre objetos		X			X	
13.-	Sobresfuerzos		X			X	
14.-	Exposición a temperaturas ambientales extremas	X					X
16.-	Contactos eléctricos	X					X
17.-	Inhalación o ingestión de sustancias nocivas		X			X	
21.-	Incendios	X					X
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)	X				X	

Tabla.3.2.4

Normas básicas de seguridad

- Habilitación en obra de un espacio dedicado al acopio de armaduras.
- Almacenaje de armaduras en posición horizontal y sobre durmientes de madera, evitando alturas superiores a 1,5 m.
- Los desperdicios o recortes de redondos y alambres se recogerán acopiándose en lugar determinado, para su posterior eliminación.
- Se realizará un barrido diario de puntas, alambres, recortes, etc, en torno al banco de trabajo.
- Los paquetes de armaduras y la ferralla montada se transportarán al punto de ubicación suspendida del gancho de la grúa mediante dos o más eslingas.
- Está especialmente prohibido el transporte de paquetes de armaduras o armaduras de pilares en posición vertical.
- Prohibición de permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de armaduras.
- La ubicación "in situ" de ferralla montada se realizará mediante tres hombres, dos guiarán la pieza a situar mediante sogas, y el tercero dará las instrucciones necesarias y efectuará manualmente las correcciones para situar la pieza en su lugar.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Guantes de cuero.

Botas de seguridad.

Chaleco de obras reflectante.

Arnés de seguridad clase C
(riesgo de caída de altura).

Ropa de trabajo

Protecciones colectivas

- Protección del perímetro de zanjas con vallas autónomas de protección.
- Protección de huecos verticales y horizontales con barandillas de 90 cm de altura y redes.
- Colocación de pasarelas de circulación de 60 cm de ancho con dotación completa de barandillas para circular sobre zanjas.

ACTIVIDAD: Trabajos de manipulación del hormigón

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
1.-	Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.-	Caídas de personas al mismo nivel		X			X	
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento		X				X
4.-	Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)		X				X
5.-	Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)		X			X	
6.-	Pisadas sobre objetos		X		X		
7.-	Golpes contra objetos inmóviles	X			X		
8.-	Golpes con elementos móviles de máquinas		X			X	
9.-	Golpes con objetos o herramientas	X				X	
10.-	Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.-	Atrapamiento por o entre objetos		X				X
12.-	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos		X				X
13.-	Sobresfuerzos		X			X	
14.-	Exposición a temperaturas ambientales extremas	X					X
16.-	Contactos eléctricos		X				X
17.-	Inhalación o ingestión de sustancias nocivas		X			X	
18.-	Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas		X			X	
20.-	Explosiones	X					X

21.-	Incendios	X					X
23.-	Atropellos, golpes y choques con vehículos		X				X
27.-	Enfermedades causadas por agentes químicos		X			X	
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)	X				X	

Tabla.3.2.5

Normas básicas de seguridad

- Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m del borde de la excavación.
- Se habilitarán "puntos de permanencia" seguros en aquellas situaciones de vertido a media ladera.
- La maniobra de vertido será dirigida por un Capataz que vigilará no se realicen maniobras inseguras.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.
- Antes del inicio del hormigonado se revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.
- Para vibrar el hormigón se establecerán plataformas de trabajo móviles, formadas por un mínimo de tres tablones que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.
- El vibrado se efectuará situándose el operario en el exterior de la zanja.
- Se mantendrá una limpieza esmerada durante esta fase, se eliminarán antes del vertido del hormigón las puntas, restos de madera, redondos y alambres.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.	Botas de seguridad.
Guantes de cuero.	Ropa de trabajo.
Cinturón de seguridad clase C (riesgo de caída de altura).	Chaleco de obras reflectante.

Protecciones colectivas

- Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en prevención de vuelcos.
- Se instalarán barandillas sólidas en el frente de la excavación protegiendo el tajo de guía de la canaleta.
- El camión hormigonera estará provisto de señal acústica de marcha atrás.
- Antes del inicio del vertido del hormigón se revisará el buen estado de seguridad de las entibaciones -si proceden.
- Se establecerán, a una distancia de 2 m, fuertes topes de final de recorrido para los vehículos que deban aproximarse al borde de zanjas para verter hormigón (dumper, camión hormigonera).
- Se instalarán, sobre las zanjas a hormigonar, pasarelas de circulación formadas por un mínimo de tres tablonos trabados entre sí (60 cm de anchura).

ACTIVIDAD: Montaje de estructuras metálicas

Riesgos identificados	Probabilidad			Consecuencias		
	B	M	A	L	M	G
1.- Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.- Caídas de personas al mismo nivel	X				X	
3.- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento		X				X
4.- Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)		X			X	

5.-	Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)		X			X	
6.-	Pisadas sobre objetos	X			X		
7.-	Golpes contra objetos inmóviles		X			X	
8.-	Golpes con elementos móviles de máquinas	X					X
9.-	Golpes con objetos o herramientas		X			X	
10.-	Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.-	Atrapamiento por o entre objetos		X				X
12.-	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	X					X
13.-	Sobresfuerzos		X			X	
16.-	Contactos eléctricos		X				X
17.-	Inhalación o ingestión de sustancias nocivas		X			X	
19.-	Exposición a radiaciones			X		X	
20.-	Explosiones		X				X
21.-	Incendios	X					X
23.-	Atropellos, golpes y choques con vehículos	X					X
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)		X			X	

Tabla.3.2.6

Normas básicas de seguridad

- Se habilitarán espacios determinados para el acopio del material metálico, previo compactado de la superficie del solar que deba de recibir los transportes de alto tonelaje.
- Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior a 1,5 m.
- Las maniobras de ubicación "in situ" de pilares y vigas (montaje de la estructura) serán gobernadas por tres operarios. Dos de ellos guiarán el perfil mediante sogas siguiendo las directrices del tercero.
- El material metálico y los conjuntos pre-montados se izarán cortados a la medida requerida por el montaje, evitando el oxicorte en altura.
- Las operaciones de soldadura de elementos estructurales en altura se realizarán desde andamios metálicos tubulares

provistos de plataformas de trabajo de 60 cm de anchura y barandilla perimetral de 90 cm compuesta por pasamanos, barra intermedia y rodapié o medida similar de protección equivalente.

- Las operaciones de soldadura en altura se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. Además, el soldador amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.
- Se prohíbe elevar una nueva altura sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.
- El ascenso o descenso a otro nivel de la estructura se realizará mediante dispositivos adecuados tales como plataformas homologadas elevadoras de personal. Se deberán utilizar y dotar los puntos fijos necesarios para la instalación de dispositivos de protección anticaídas.
- Se prohíbe dejar la pinza y el electrodo directamente en el suelo conectado al grupo, se exige el uso de recoge pinzas.
- Se prohíbe tender las mangueras o cables eléctricos de forma desordenada, siempre que sea posible se colgará de "pies derechos", pilares o paramentos verticales.
- Las botellas de gases permanecerán siempre en el interior del carro portabotellas correspondiente.
- Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de las cargas suspendidas.
- Se prohíbe trepar directamente por la estructura metálica.
- Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.
- Para soldar sobre tajos de otros operarios se tenderán "tejadillos" o viseras de seguridad.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.	Guantes para soldador.
Cinturón de seguridad clase C.	Mandil para soldador (en taller).
Pantalla de soldador.	Polainas para soldador (en taller).
Botas de seguridad.	Gafas protectoras.
Guantes de cuero.	Ropa de trabajo.

Protecciones colectivas

- Las existentes en los lugares de trabajo de los edificios: accesos habilitados, pasarelas de circulación, sistemas de líneas de vida, escaleras tipo de tejador.
- Las protecciones se revisarán puntualmente al concluir un tajo de soldadura con el fin de verificar su buen estado.
- Las operaciones de soldadura con riesgo de caída de altura se realizarán desde andamios tubulares reglamentarios o plataformas elevadoras dotadas de todos los dispositivos de seguridad.
- Se tenderán cables de seguridad a los que amarrar el mosquetón del cinturón de seguridad que será usado durante los desplazamientos sobre la estructura metálica.

ACTIVIDAD: Instalación de Red de Saneamiento

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
1.-	Caídas de personas a distinto nivel		X			X	
2.-	Caídas de personas al mismo nivel		X			X	
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X				X	
4.-	Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)		X			X	
5.-	Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)	X				X	

6.-	Pisadas sobre objetos	X			X		
7.-	Golpes contra objetos inmóviles		X		X		
8.-	Golpes con elementos móviles de máquinas		X				X
9.-	Golpes con objetos o herramientas		X		X		
10.-	Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.-	Atrapamiento por o entre objetos		X			X	
12.-	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	X					X
13.-	Sobresfuerzos		X			X	
15.-	Contactos térmicos	X					X
16.-	Contactos eléctricos		X				X
17.-	Inhalación o ingestión de sustancias nocivas		X				X
18.-	Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas		X			X	
23.-	Atropellos, golpes y choques con vehículos	X					X
27.-	Enfermedades causadas por agentes químicos		X				X
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)	X				X	

Tabla.3.2.7

Normas básicas de seguridad

- Los tubos para las conducciones se acopiarán en una superficie horizontal sobre durmientes de madera y delimitado por pies derechos que impidan que los conductos se deslicen o rueden.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Guantes de cuero.

Botas de seguridad.

Ropa de trabajo

Equipo de respiración autónoma (según casos).

Arnés de seguridad clase C.

Gafas protectoras.

Protecciones colectivas

- Colocación de barandillas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapiés, en los lugares adecuados para garantizar la seguridad en el tránsito y permanencia de trabajadores en plataformas de trabajo.

ACTIVIDAD: Instalación de Cubierta

Riesgos identificados	Probabilidad			Consecuencias		
	B	M	A	L	M	G
1.- Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.- Caídas de personas al mismo nivel		X			X	
3.- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento		X				X
4.- Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)		X				X
5.- Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)		X				X
6.- Pisadas sobre objetos	X			X		
7.- Golpes contra objetos inmóviles	X			X		
8.- Golpes con elementos móviles de máquinas	X				X	
9.- Golpes con objetos o herramientas		X		X		
10.- Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.- Atrapamiento por o entre objetos	X				X	
13.- Sobresfuerzos		X			X	
14.- Exposición a temperaturas ambientales extremas	X				X	
15.- Contactos térmicos	X					X
16.- Contactos eléctricos	X					X
17.- Inhalación o ingestión de sustancias nocivas		X			X	
18.- Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas		X			X	
20.- Explosiones	X					X
21.- Incendios	X					X
27.- Enfermedades causadas por agentes químicos		X				X
28.- Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)	X				X	

Tabla.3.2.8

Normas básicas de seguridad

- Para la instalación de dispositivos anticaídas provisionales o definitivos, así como las protecciones colectivas, se realizará con métodos seguros, como puede ser la utilización de plataformas elevadoras.
- El trabajo en tejados y cubiertas debe planificarse y prepararse con el objetivo de se realice en el menor tiempo posible y siempre en las máximas condiciones de seguridad.
- Es necesario que los trabajadores sean conscientes de los riesgos, conozcan los sistemas de trabajo adecuados y estén lo suficientemente formados para llevarlos a la práctica. Deberá proporcionarse el equipo necesario, así como los elementos de protección.
- El personal encargado de los trabajos sobre las cubiertas será especialista y conocedor del sistema constructivo más correcto a poner en práctica, en prevención de riesgos por impericia.
- Todos los bordes y aberturas de un techo por donde pueda haber una caída de más de 2m deben protegerse con barandillas y rodapiés apropiados lo suficientemente resistentes para detener a un trabajador. Además deben colocarse redes de seguridad debajo de la zona de trabajo.
- Los faldones, voladizos y bordes de plataformas y estructuras se mantendrán libres de objetos que puedan dificultar los trabajos o los desplazamientos seguros así como la evitación de daños en los sistemas de protección colectiva o anticaídas.
- Como en cualquier otro tipo de trabajo en altura, deben adoptarse todas las medidas necesarias para evitar la caída de objetos (colocando redes, pasarelas, etc.). Además, siempre que sea posible, se debe impedir el acceso a las zonas situadas debajo del trabajo que se esté realizando. Se estará a lo dispuesto en las Normas de Seguridad para Contratas de la propiedad.
- La superficie de cubiertas y tejados puede ser resbaladiza, por lo que siempre debe utilizarse calzado con suela antideslizante y limpia.

- Para realizar trabajos sobre tejados o cubiertas es obligatorio la utilización del arnés de seguridad. Éste debe estar bien sujeto a puntos fijos y resistentes que pueden ser cables guías de sujeción debidamente homologados asociados a sistemas de protección anticaídas.
- Los materiales se izarán mediante plataformas emplintadas vía gancho de la grúa, sin romper los flejes o paquetes de plástico en los que son suministradas por el fabricante, en prevención de los accidentes por derrame de la carga.
- Los materiales sueltos se izarán mediante plataformas emplintadas y enjauladas en prevención de derrames innecesarios.
- Los materiales se descargarán en zonas seguras manteniendo la horizontalidad y si es necesario se montaran sobre plintos en cuña que absorban la pendiente, para evitar derrames y vuelcos.
- Los materiales se acopiarán repartidas por las zonas fuertes de cubierta sobre cerchas, evitando sobrecargas, alejados de huecos y superficies frágiles.
- Los rollos de tela asfáltica se repartirán uniformemente evitando sobrecargas y calzados para evitar que rueden y ordenados por zonas de trabajo.
- Los recipientes que transporten los líquidos de sellado (betunes, asfaltos, morteros, siliconas) se llenarán de forma que se garantice que no habrá derrames innecesarios. Se dispondrán de los medios de extinción necesarios.
- Se almacenarán las botellas de gases licuados en lugar sombrío, cerrado y ventilado evitando la exposición al sol y la intemperie. Se revisarán las conexiones, abrazaderas, estado de las gomas, etc. debiéndose desechar aquellas defectuosas suspendiendo las operaciones y cerrando las llaves de paso de los botellones. Y no reanudar la operación hasta la completa sustitución y comprobación de la idoneidad de los elementos.
- Para los trabajos de impermeabilización se elaborarán Procedimientos de Trabajo Seguro para la aprobación por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

- Se preverán al menos 2 accesos independientes a los lugares de trabajo de las cubiertas con objeto de facilitar una eventual evacuación de la misma en caso de accidente.
- Muchos tejados son o pueden llegar a ser frágiles, aunque a veces no sea fácil de reconocer. Los tejados frágiles no son lugares de trabajo seguros y no se debe acceder a ellos sin adoptar las medidas de prevención adecuadas, como la utilización de escaleras adaptadas para tejados o las pasarelas.
- Las condiciones meteorológicas deberán tenerse en cuenta puesto que el hielo, la humedad o el viento pueden incrementar significativamente el riesgo para los trabajadores. Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores 50 Km/h, lluvia, helada y nieve.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.	Gafas protectoras
Botas de seguridad.	Ropa de trabajo.
Guantes de cuero.	Polainas de cuero.
Arnés de seguridad clase C.	Mandiles de cuero.

Protecciones colectivas

- El riesgo de caída al vacío en grandes huecos se puede controlar instalando redes horizontales de protección. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m de altura.
- El riesgo de caída de altura se puede controlar en el acceso manteniendo andamios metálicos apoyados y arriostrados a elementos estructurales pegados al cerramiento, los andamios sobrepasarán la altura de aleros de bordes de cubierta en al menos 2 m. En la coronación de los mismos, bajo cota de alero, y sin dejar separación

con la fachada, se dispondrá una plataforma sólida recercada de una barandilla sólida.

- El riesgo de caída de altura se controlará montando las protecciones perimetrales como primera tarea de la cubierta.
- Se preverá la disposición de puntos fijos, en el que anclar el fiador del cinturón de seguridad y la disposición de dispositivos homologados contra caídas de altura, durante la ejecución de las labores sobre la cubierta, especialmente en los aleros y en proximidad de huecos.
- La comunicación y circulaciones necesarias sobre la cubierta inclinada se resolverán mediante pasarelas emplintadas inferiormente que, absorbiendo la pendiente, queden horizontales; las pasarelas tendrán una anchura mínima de 60 cm.
- Se tenderán redes horizontales de seguridad.

ACTIVIDAD: Carpintería metálica y cerrajería

Riesgos identificados	Probabilidad			Consecuencias		
	B	M	A	L	M	G
1.- Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.- Caídas de personas al mismo nivel	X				X	
3.- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento		X				X
4.- Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)		X			X	
5.- Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)		X			X	
6.- Pisadas sobre objetos		X		X		
7.- Golpes contra objetos inmóviles		X		X		
8.- Golpes con elementos móviles de máquinas	X				X	
9.- Golpes con objetos o herramientas		X		X		
10.- Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.- Atrapamiento por o entre objetos	X				X	
13.- Sobresfuerzos		X			X	
16.- Contactos eléctricos		X				X

19.-	Exposición a radiaciones		X			X	
20.-	Explosiones	X					X
21.-	Incendios	X					X
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)	X				X	

Tabla.3.2.9

Normas básicas de seguridad

- Los elementos de la carpintería, muros cortina, mamparas y asimilables se descargarán en bloques perfectamente flejados o atados pendientes mediante eslingas del gancho de la grúa.
- En todo momento se mantendrán libres los pasos o caminos de intercomunicación interior y exterior de la obra para evitar los accidentes por tropiezos o interferencias.
- El izado a las zonas de montaje mediante el gancho de la grúa o equipos de manutención mecánica de cargas se ejecutará por bloques de elementos flejados (o atados), nunca elementos sueltos.
- Los cercos metálicos serán "presentados" por un mínimo de una cuadrilla, para evitar los riesgos de vuelcos, golpes y caídas.
- Se prohíbe utilizar a modo de borriquetas los bidones, cajas o pilas de material y asimilables, para evitar trabajar sobre superficies inestables.
- El Encargado de Seguridad comprobará que todas las carpinterías en fase de "presentación" permanecen perfectamente acuñadas y apuntaladas, para evitar accidentes por desplomes.
- En todo momento los tajos se mantendrán libres de cascotes, recortes metálicos y demás objetos punzantes, para evitar los accidentes por pisadas sobre objetos.
- Antes de la utilización de una máquina - herramienta, el operario deberá estar provisto del documento expreso de autorización de manejo de esa determinada máquina.
- Antes de la utilización de cualquier máquina - herramienta, se comprobará que se encuentra en óptimas condiciones y

con todos los dispositivos de seguridad en perfectas condiciones.

- El "cuelgue" de hojas de puerta, marcos correderos o pivotantes y asimilables, se efectuará por un mínimo de una cuadrilla, para evitar el riesgo de vuelcos, golpes y caídas.
- Los tramos metálicos longitudinales transportados a hombro por un solo hombre irán inclinados hacia atrás, procurando que la punta que va por delante esté a una altura superior a la de una persona, para evitar golpes a los otros operarios (lugares poco iluminados o a "contra luz").
- Toda la maquinaria eléctrica estará dotada de toma de tierra en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro general de la obra, o de doble aislamiento.
- Para efectuar trabajos dentro de cajones metálicos o similares, será necesario disponer de una instalación eléctrica provisional de obra dotada de transformador de separación de circuitos o hacer uso de tensiones de seguridad.
- Se prohíbe la anulación del cable de toma de tierra de las mangueras de alimentación.
- Los elementos metálicos que resulten inseguros en situaciones de consolidación de su recibido se mantendrán apuntalados (o atados en su caso a elementos firmes), para garantizar su perfecta ubicación definitiva y evitar desplomes.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Botas de seguridad.

Guantes de cuero.

Gafas protectoras.

Arnés de seguridad clase C.

Las propias de protección para los trabajos de soldadura eléctrica y oxicorte (pantalla de soldador, manoplas, mandil, polainas).

Ropa de trabajo.

Protecciones colectivas

- Se dispondrán "anclajes de seguridad" en los huecos verticales que sea preciso, a los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad durante las operaciones de instalación en fachadas de la carpintería metálica, cerramiento de chapa, etc.
- Las zonas interiores de trabajo tendrán una iluminación mínima de 200 lux medidos a una altura sobre el suelo entorno a los 2 m.

ACTIVIDAD: Instalación eléctrica

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
1.-	Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.-	Caídas de personas al mismo nivel		X		X		
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X					X
4.-	Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)		X			X	
5.-	Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)		X			X	
6.-	Pisadas sobre objetos		X		X		
7.-	Golpes contra objetos inmóviles		X		X		
8.-	Golpes con elementos móviles de máquinas	X				X	
9.-	Golpes con objetos o herramientas		X		X		
10.-	Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.-	Atrapamiento por o entre objetos		X			X	
13.-	Sobresfuerzos		X			X	
16.-	Contactos eléctricos		X				X
20.-	Explosiones		X				X
21.-	Incendios		X				X
28.-	Enfermedades causadas por agentes físicos (ruido, vibr.)	X				X	

Tabla.3.2.10

Normas básicas de seguridad

- El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado siempre por personas especialistas, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.
- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores estarán protegidas con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica. Las herramientas cuyo aislamiento esté deteriorado serán retiradas y sustituidas de forma inmediata por otras en buen estado.
- Las escaleras de mano a utilizar serán del tipo de "tijera" dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas.
- Para evitar la conexión accidental de la instalación eléctrica de la instalación a la red general de las Naves, el último cableado que se ejecutará será el que va del cuadro general al de la Propiedad.
- Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica, se hará una revisión con detenimiento de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Antes de hacer entrar en servicio las celdas de transformación, se procederá a comprobar la existencia real en la sala de la banqueta de maniobras, pértigas de maniobra, extintores y botiquín, y que los operarios se encuentran vestidos con las prendas de protección personal adecuadas, comprobados estos puntos se procederá a dar la orden de entrada en servicio.
- La entrada en servicio de las celdas de transformación se efectuará con el edificio desalojado de personal, en presencia de la Jefatura de la obra y de la Dirección Facultativa.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.	Comprobadores de tensión.
Botas aislantes de la electricidad (conexiones).	Arnés de seguridad clase C (riesgo de caída de altura).
Botas de seguridad.	Ropa de trabajo.
Guantes aislantes.	Gafas protectoras

Protecciones colectivas

- La realización del cableado, cuelgue y conexión de la instalación eléctrica junto a huecos horizontales o verticales sobre escaleras de mano se efectuará una vez protegido el hueco de la misma con una red horizontal de seguridad o con una red tensa de seguridad entre la planta "techo" y la planta de "apoyo", para eliminar el riesgo de caída desde altura.
- Se prohíbe la utilización de escaleras de mano o de andamios en lugares con riesgo de caída desde altura durante los trabajos de electricidad si antes no se han instalado las protecciones de seguridad adecuadas (redes y barandillas superiores).
- La iluminación en los tajos no será inferior a los 200 lux medidos a 2 m del suelo.

ACTIVIDAD: Descarga de material

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
1.-	Caídas de personas a distinto nivel		X				X
2.-	Caídas de personas al mismo nivel		X		X		
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X					X
4.-	Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)		X			X	
5.-	Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)		X			X	
6.-	Pisadas sobre objetos		X		X		

7.-	Golpes contra objetos inmóviles		X		X		
8.-	Golpes con elementos móviles de máquinas	X				X	
9.-	Golpes con objetos o herramientas		X		X		
10.-	Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.-	Atrapamiento por o entre objetos		X			X	
13.-	Sobresfuerzos		X			X	

Tabla.3.2.11

Normas básicas de seguridad

- Toda la actividad se verá coordinada por una persona adicional a los operarios que efectúen la descarga, cuya misión será la de regular el tráfico de personas y vehículos que habitualmente transitan la zona.
- Los medios auxiliares utilizados en las descargas serán:
 - Camiones.
 - Carro manual.
 - Grúa autoportante.
 - Diferenciales.
 - Plataformas elevadoras o cestas homologadas de elevación de personal para el estrobo/destrobo de piezas metálicas pesadas de grandes dimensiones en transporte especial.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.	Las propias de protección para los trabajos de soldadura
Botas de seguridad.	(pantalla o gafas de soldador, manoplas, mandil, polainas).
Guantes de cuero.	
Arnés de seguridad.	Ropa de trabajo.

Protecciones colectivas

- Señalización y delimitación de zonas de carga y descarga.
- Ordenación del tráfico.

- Las carretillas deben contar con faros permanentemente encendidos, luz parpadeante rotativa, dispositivo sonoro de marcha atrás y luz de freno y de marcha atrás.

ACTIVIDAD: Transportes de material

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
2.-	Caídas de personas al mismo nivel	X			X		
7.-	Golpes contra objetos inmóviles	X			X		
12.-	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	X			X		
21.-	Atropellos, golpes y choques con vehículos	X				X	
26.-	Exposición a vibraciones	X			X		

Tabla.3.2.12

Normas básicas de seguridad

- Toda la actividad será coordinada por una persona cuya misión exclusiva será la de regular el tráfico de personas y vehículos que habitualmente transitan por la zona.
- Los medios auxiliares utilizados en las descargas y transportes serán:
 - Carro manual.
 - Transpaleta.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Botas de seguridad.

Guantes de cuero.

Las propias de protección para los trabajos de soldadura (pantalla o gafas de soldador, manoplas, mandil, polainas).

Ropa de trabajo.

Protecciones colectivas

- Señalización y delimitación de zonas de carga y descarga.

- Ordenación del tráfico. Limitación de velocidad en los viales de circulación.
- Las carretillas deben contar con faros permanentemente encendidos, luz parpadeante rotativa, dispositivo sonoro de marcha atrás y luz de freno y de marcha atrás.

ACTIVIDAD: Elevaciones de material

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
1.-	Caídas de personas a distinto nivel	X					X
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X				X	
4.-	Caída de objetos en manipulación (herramientas, materiales)	X				X	
5.-	Caída de objetos desprendidos (materiales no manipulados)	X				X	
9.-	Golpes con objetos o herramientas	X			X		
12.-	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	X					X
13.-	Sobresfuerzos	X			X		
21.-	Atropellos, golpes y choques con vehículos	X				X	

Tabla.3.2.13

Normas básicas de seguridad

- En toda la operación de izado de material se establecerá una zona de seguridad debajo de las cargas que no podrá ser ocupada por ningún operario.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Botas de seguridad.

Guantes de cuero.

Arnés de seguridad y amortiguador.

Ropa de trabajo.

Protecciones colectivas

- Normas de circulación.
- Mantenimiento adecuado de vehículos.
- Señalización y delimitación de zonas de carga y descarga.
- Líneas de vida.
- Permiso de trabajo en altura.
- Protecciones generales para evitar la caída de material (mallas, rejillas, etc.).
- Prohibición de paso a personal no autorizado.

ACTIVIDAD: Revisión de estructuras

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	LD	D	ED
1.-	Caídas de personas a distinto nivel	X					X
2.-	Caídas de personas al mismo nivel	X			X		
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X				X	
11.-	Atrapamiento por o entre objetos	X				X	

Tabla.3.2.14

Normas básicas de seguridad

- Utilización de equipos de manutención y elevación adecuados.

Equipos de protección individual

Botas de seguridad contra riesgos mecánicos y eléctricos.

Guantes de seguridad contra riesgos mecánicos y eléctricos.

Arnés de seguridad.

Ropa de trabajo.

Casco de protección.

Protecciones colectivas

- Permiso de trabajo en altura. Línea de vida.
- Permiso de trabajo en espacios confinados.
- Prohibición de paso a personal no autorizado.
- Señalización y delimitación de la zona de trabajo.
- Utilización de equipos de medición adecuados. (Detectores de gases, explosímetros, etc.).
- Protecciones generales para evitar la caída de material. (Mallas, rejillas, etc.)

ACTIVIDAD: Instalación de casetas de obra

Riesgos identificados		Probabilidad			Consecuencias		
		B	M	A	L	M	G
1.-	Caídas de personas a distinto nivel	X					X
2.-	Caídas de personas al mismo nivel	X			X		
3.-	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X					X
6.-	Pisadas sobre objetos	X			X		
9.-	Golpes con objetos o herramientas	X			X		
12.-	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	X					X

Tabla.3.2.15

Normas básicas de seguridad

- Utilización de las estructuras de manutención adecuadas. (Grúas autopropulsadas, etc.,)
- Utilización de herramientas manuales de torsión, corte y golpe adecuadas.
- Utilización de herramientas portátiles eléctricas adecuadas.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.	Arnés de seguridad clase C (riesgo de caída de altura).
Botas de seguridad.	
Guantes de cuero.	Ropa de trabajo.
Gafas protectoras.	Petos reflectantes.

Protecciones colectivas

- Delimitación y señalización del tráfico y del espacio de trabajo.
- Prohibición de paso a personal no autorizado.
- Determinación de una zona específica para la instalación de las casetas.
- Determinación de puntos de anclaje.

ACTIVIDAD: Trabajos de urbanización y pavimentación

Riesgos identificados	Probabilidad			Consecuencias		
	B	M	A	LD	D	ED
1.- Caídas de personas a distinto nivel	X					X
2.- Caídas de personas al mismo nivel	X			X		
3.- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X					X
6.- Pisadas sobre objetos	X			X		
8.- Golpes con elementos móviles de máquinas		X				X
9.- Golpes con objetos o herramientas	X			X		
10.- Proyección de fragmentos o partículas		X			X	
11.- Atrapamiento por o entre objetos		X			X	
12.- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos		X				X
13.- Sobresfuerzos	X				X	
14.- Exposición a temperaturas extremas		X			X	

15.-	Contactos térmicos			X		X	
16.-	Contactos eléctricos	X				X	
17.-	Contactos con sustancias químicas	X				X	
18.-	Exposición a radiaciones	X				X	
19.-	Explosiones	X				X	
20.-	Incendios	X				X	
21.-	Atropellos, golpes y choques con vehículos		X				X
22.-	Riesgos higiénicos		X				X
23.-	Exposición a contaminantes químicos		X				X
24.-	Exposición a contaminantes biológicos	X				X	
25.-	Riesgos por fatiga física	X				X	
26.-	Postura de trabajo	X				X	
27.-	Desplazamiento durante el trabajo	X				X	

Tabla.3.2.16

Normas básicas de seguridad

- Las cajas o paquetes de pavimento, nunca se dispondrán de forma que obstaculicen los lugares de paso, para evitar accidentes por tropiezo.
- Las piezas de pavimento se transportarán dentro de sus embalajes de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido, para evitar accidentes por derrame de la carga desde la plataforma o pallet de transporte.
- El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda para evitar lesiones por trabajar en atmósferas polvorientas.
- Si el corte de piezas de pavimento se hace en vía seca con sierra circular, se efectuará situándose el cortador a sotavento, para evitar en lo posible respirar los productos del corte en suspensión.
- Cuando esté en fase de pavimentación un lugar de paso y comunicación interno de la obra, se cerrará el acceso indicándose itinerarios alternativos mediante señales de dirección obligatoria.

- Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 4 metros en torno a los camiones hormigonera y compactadoras.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.
- La maniobra de vertido será dirigida por una persona experta en este tipo de trabajos, que vigilará no se realicen prácticas inseguras.
- Existencia de medios de extinción adecuados.
- Uso efectivo de orejeras, mascarillas, protección respiratoria adecuada.

Equipos de protección individual

Casco de seguridad.

Ropa de protección.

Botas de seguridad.

Petos reflectantes.

Guantes de cuero.

Gafas anti-proyecciones.

Protecciones colectivas

- Delimitación y señalización del tráfico y del espacio de trabajo (clausura mediante vallas de contención de peatones, conos, etc.).
- Señalización adecuada en las puertas y portones del Centro de Trabajo que accedan a los lugares de riesgo.
- Prohibición de paso a personal no autorizado.

3.3 Riesgos laborales que no pueden ser eliminados

En este apartado se enumeran los riesgos laborales que sólo pueden ser limitados parcialmente, especificándose las medidas preventivas y protecciones tanto individuales como colectivas que se proponen.

<i>Localización</i>	<i>Riesgo</i>	<i>Medida preventiva</i>
Movimiento de tierras	Desmoronamiento taludes	Entibación
Cimentación	Desmoronamiento taludes	Entibación
Condiciones climatológicas	Caídas, desprendimientos, etc.	Suspender trabajos cuando impliquen riesgo.
Instalaciones eléctricas	Puesta en marcha sin aviso	Aviso a todo el personal de la obra
Demoliciones y derribos	Desplomes y caídas de materiales a distinto nivel	Acotado de la zona
Montaje de prefabricados y otros	Desprendimiento de piezas	Comprobación de la sujeción y elementos de anclaje.

Tabla.3.3.1

3.4 Riesgos propios de los trabajadores

Los riesgos más frecuentes que sufren los trabajadores de la obra son los siguientes:

INSOLACIONES: Durante la ejecución de la obra los trabajadores, normalmente, se encuentran expuestos al sol. Esto puede producir mareos, afecciones en la piel, etc. Las medidas preventivas serán las siguientes:

- Organizar los trabajos en las distintas zonas de la obra para evitar en lo máximo posible llevar el recorrido normal del sol.
- Utilizar la ropa de trabajo obligatoria y filtros solares si la exposición al sol es muy continuada.
- Cambiar el personal, si existen varios, en los tajos cada cierto tiempo.

INGESTIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS: Aunque está prohibido tomar bebidas alcohólicas en el recinto de la obra, no se puede evitar la ingestión de las mismas en las horas de no trabajo (desayuno, almuerzo, comidas, etc.) que normalmente lo suelen realizar en algún bar de la zona. Las medidas preventivas serán:

- El encargado de la obra deberá vigilar cualquier actuación o signo extraño del personal de la obra, obligándoles si fuera necesario al abandono de la misma.

4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PREVISTAS EN LA OBRA.

En coherencia con el resumen por capítulos del proyecto de ejecución y el plan de ejecución de obra, se definen las siguientes actividades de obra:

- Actividades de excavación.
- Actividades de manejo de ferralla y hormigonado.
- Actividades de cerrajería.
- Actividades de trabajos en alturas (instalación de cubierta).
- Actividades de instalación de redes de fontanería.
- Actividades de albañilería y pavimentación.
- Actividades de carpintería.
- Actividades de urbanización.

5. DESCRIPCIÓN DE OFICIOS A INTERVENIR EN LA OBRA.

- Maquinistas (Movimientos de tierras).
- Albañiles.
- Ferrallistas.
- Cerrajeros.
- Carpinteros.
- Gruistas.
- Fontaneros.
- Electricistas.

6. DESCRIPCIÓN DE MEDIOS AUXILIARES Y MAQUINARIA PREVISTA.

Del análisis de las actividades de obra y de los oficios, se define la tecnología aplicable a la obra, que permitirá como consecuencia, la viabilidad del su plan de ejecución, fiel planificación de lo que realmente se desea hacer.

Se prevé la utilización de los siguientes medios auxiliares:

- Mesas de corte.

- Andamios.
- Plataformas elevadoras.
- Líneas de vida – Puntos fijos.
- Barandillas.

Todos los medios auxiliares citados se suponen propiedad de la empresa principal o de alguna subcontrata, por lo que se considera la posibilidad de que el Contratista adjudicatario, exija que haya recibido un mantenimiento aceptable, y que su consecuencia, nivel de seguridad puede ser alto. No obstante, es posible que exista inseguridad, en el caso de servirse material viejo en buen uso.

Por igual procedimiento se procede a definir la maquinaria que es necesario utilizar en la obra.

Por lo general se prevé que la maquinaria fija de obra sea de propiedad del Contratista adjudicatario.

En el listado que se suministra, se incluyen los diversos supuestos propietarios y su forma de permanencia en la obra.

Conocidas ciertas prácticas del sector, estas circunstancias son un condicionante importante de los niveles de seguridad y salud que pueden llegarse a alcanzar. El Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares, suministra las normas para garantizar la seguridad de la maquinaria.

Se le supone de alquiler puntual. Por lo que la seguridad puede quedar comprometida por las posibles ofertas del mercado de alquiler en el momento de realizarse la obra la siguiente maquinaria:

- Camión de transporte de materiales.
- Camión hormigonera
- Grúa.
- Compactadora.
- Retro-excavadora.

Se le supone de propiedad de la empresa principal o alguna subcontrata, por lo que se considera la posibilidad de que el Contratista adjudicatario, exija que haya recibido un mantenimiento aceptable como consecuencia, su nivel de seguridad pueda ser alto. No obstante, es posible que exista inseguridad en el caso de servirse de material viejo en buen uso, a la siguiente maquinaria:

- Hormigonera eléctrica.

- Máquinas herramienta en general (radiales cizallas - cortadoras y asimilables)
- Mesa de sierra circular para material cerámico.
- Equipos de soldadura.
- Mesas de sierra circular para madera.
- Vibradores para hormigones.

Por igual procedimiento al descrito en el apartado anterior, se procede a definir las Instalaciones de obra que es necesario realizar en la obra.

- Instalación de fontanería y de aparatos sanitarios
- Instalación eléctrica provisional de obra

7. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGO DE INCENDIO

El proyecto prevé el uso en la obra de materiales y sustancias capaces de originar un incendio. Sabemos que las obras pueden llegar a incendiarse por las experiencias que en tal sentido conocemos. Esta obra en concreto, está sujeta al riesgo de incendio porque en ella coincidirán: el fuego y el calor, el comburente y los combustibles como tales o en forma de objetos y sustancias con tal propiedad.

La experiencia nos ha demostrado y los medios de comunicación social así lo han divulgado, que las obras pueden arder por causas diversas, que van desde la negligencia simple, a las prácticas de riesgo por vicios adquiridos en la realización de los trabajos o a causas fortuitas.

Por ello, en el Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares, se dan las normas a cumplir por el Contratista adjudicatario en su Plan de Seguridad y Salud, con el objetivo de ponerlas en práctica durante la realización de la obra.

Con objeto de realizar un plan de prevención de incendios, se enumera una lista de materiales y trabajos que pueden provocarlo según las actividades que están previstas se desarrollen en la obra objeto de este estudio:

- Hogueras de obra.
- Desorden en la obra.
- Suciedad.
- Poliestireno expandido.
- Pinturas.
- Desencofrantes.
- Soldadura.

En todos los casos, las causas que propician la aparición de un incendio son, la existencia de una fuente de ignición (hogueras, braseros, energía solar, trabajos de soldadura, conexiones eléctricas, cigarrillos, etc.), puesto que el comburente (oxígeno), está presente en todos los casos.

Por ello se realizará una revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional, así como del correcto acopio de sustancias combustibles con los envases perfectamente cerrados e identificados a lo largo del desarrollo de la obra, situando este acopio en plantas bajas, almacenando en plantas superiores otros materiales.

Los medios de extinción serán extintores portátiles de polvo seco anti brasa, situados en las zonas de acopio de materiales inflamables, en el cuadro general de protección y en la oficina de obra. Así mismo se considerará, a tener en cuenta otros medios de extinción, tales como el agua, arena y herramientas de uso común (palas, rastrillos, picos...).













Los caminos estarán libres de obstáculos, de aquí la importancia del orden y la limpieza en todos los tajos y en especial en las escaleras de la vivienda.

8. SEÑALIZACIÓN DE LOS RIESGOS EN LA OBRA

Como complemento de la protección colectiva y de los equipos de protección individual previstos, se decide el empleo de una señalización normalizada, que recuerde en todo momento los riesgos existentes a todos los que trabajan en la obra.

El pliego de condiciones define lo necesario para el uso de esta señalización, en combinación con las "literaturas" de las mediciones de este Estudio de Seguridad y Salud.

La señalización elegida es la del listado que se ofrece a continuación en la Imagen 8.1.

RELACIÓN NO EXAHUSTIVA DE SEÑALIZACIÓN SEGÚN EL R.D. 485/1997 Y OTRAS DE USO COMÚN		
UBICACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN	TIPO DE SEÑAL Y SIGNIFICADO	
En el acceso de personal a la obra		Prohibido el acceso a personas ajenas a la obra
		Peligro en general
		Uso obligatorio del casco
En los accesos de peatones y maquinaria		Prohibido el paso a peatones
Una vez superado el acceso de personal		Caída de objetos
		Cargas suspendidas
		Caídas al mismo nivel
		Uso obligatorio de calzado de seguridad
		Uso obligatorio de guantes de seguridad
En la salida de vehículos y maquinaria		Señal de Stop. Parada obligatoria
En la oficina de obra y vestuario		Panel indicativo con teléfonos y direcciones de interés para la prevención (centros de asistencia, teléfono de emergencias, ambulancias....)
En los cuadros eléctricos		Riesgo por contacto con energía eléctrica
En zonas con peligro de caída de altura		Peligro de caída a distinto nivel
		Uso obligatorio de arnés de seguridad

Imágen 8.1

9. VÍAS DE EVACUACIÓN Y SALIDAS DE EMERGENCIA.

En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder ser evacuados rápidamente y en las condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

El número, distribución y dimensiones de las vías y salidas de emergencia que habrán de disponerse se determinarán en función de:

- Uso.
- Equipos.
- Dimensiones.

- Configuración de las obras.
- Fase de ejecución en que se encuentren las obras.
- Número máximo de personas que puedan estar presentes.

Las vías de evacuación y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. Deberán señalizarse conforme a la normativa vigente. Dicha señalización habrá de ser duradera y fijarse en lugares adecuados y perfectamente visibles.

Las vías y salidas no deberán estar obstruidas por obstáculos de cualquier tipo, de modo que puedan ser utilizadas sin trabas en cualquier momento. En caso de avería del sistema de alumbrado y cuando sea preceptivo, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con luces de seguridad de suficiente intensidad.

10. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA EL MANTENIMIENTO POSTERIOR DE LO CONSTRUIDO.

Los riesgos que se puedan producir durante el mantenimiento posterior de lo construido van a ser similares a los que se producen durante la propia construcción, por lo tanto las medidas de seguridad que deberán tomarse serán similares a las redactadas con anterioridad, en relación con las diferentes unidades de obra, como pueden ser trabajos de mantenimiento de fachadas o de elementos de cubierta.

11. SISTEMA DECIDIDO PARA EL CONTROL DEL NIVEL DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA OBRA

El plan de seguridad y salud es el documento que deberá recogerlo exactamente, según las condiciones contenidas en el pliego de condiciones técnicas y particulares de seguridad y salud.

El sistema elegido, es el de "listas de seguimiento y control" para ser cumplimentadas por los medios del Contratista adjudicatario y que se definen en el pliego de condiciones técnicas y particulares.

La protección colectiva y su puesta en obra se controlará mediante la ejecución del plan de obra previsto y las listas de seguimiento y control mencionadas en el punto anterior.

El control de entrega de equipos de protección individual se realizará:

1. Mediante la firma del trabajador que los recibe, en un parte de almacén que se define en el pliego de condiciones técnicas y particulares.
2. Mediante la conservación en acopio, de los equipos de protección individual utilizados, ya inservibles, hasta que la Dirección Facultativa de Seguridad y Salud pueda medir las cantidades desechadas.

12. DOCUMENTOS DE NOMBRAMIENTOS PARA EL CONTROL DEL NIVEL DE LA SEGURIDAD Y SALUD, APLICABLES DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA OBRA ADJUDICADA

Se prevé usar los mismos documentos que utilice normalmente para esta función, el Contratista adjudicatario, con el fin de no interferir en su propia organización de la prevención de riesgos.

No obstante, estos documentos deben cumplir una serie de formalidades recogidas en el Pliego de Condiciones técnicas y Particulares y ser conocidos y aprobados por la Dirección Facultativa de Seguridad y Salud como partes integrantes del Plan de Seguridad y Salud.

Como mínimo, se prevé utilizar los contenidos en el siguiente listado:

- Documento del nombramiento del Encargado de seguridad.
- Documentos de autorización del manejo de diversas máquinas.

13. PREVENCIÓN ASISTENCIAL EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL.

Primeros Auxilios

Aunque el objetivo global de este Estudio de Seguridad y Salud es evitar los accidentes laborales, hay que reconocer que existen causas de difícil control que pueden hacerlos presentes. En consecuencia, es necesario prever la existencia de primeros auxilios para atender a los posibles accidentados.

Dada la peligrosidad de esta obra y la concentración de trabajadores prevista, es necesario dotarla de un local botiquín de primeros auxilios, en el que se den las primeras atenciones sanitarias a los posibles accidentados. También puede utilizarse para la atención sanitaria que dispense en obra el Servicio Médico de empresa, propio o mancomunado.

El contenido, características y uso quedan definidos por el Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares de Seguridad y Salud y en las literaturas de las mediciones y presupuesto.

La evacuación de accidentados, que por sus lesiones así lo requieran, está prevista mediante la concertación de un servicio de ambulancias, que el Plan de Seguridad y Salud definirá exactamente.

Medicina Preventiva

Con el fin de lograr evitar en lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como los accidentes derivados de trastornos físicos, síquicos, alcoholismo y resto de las toxicomanías peligrosas, se prevé que el Contratista adjudicatario, en cumplimiento de la legislación laboral vigente, realice los reconocimientos médicos previos a la contratación de los trabajadores de esta obra y los preceptivos de ser realizados al año de su contratación. Y que así mismo, exija puntualmente este cumplimiento, al resto de las empresas que sean subcontratadas por él para esta obra.

Evacuación de accidentados

La evacuación de accidentados, que por sus lesiones así lo requieran, está prevista mediante la contratación de un servicio de ambulancias, que el Contratista adjudicatario definirá exactamente, a través de su Plan de Seguridad y Salud tal y como se contiene en el pliego de condiciones técnicas y particulares.

14. INSTALACIONES PROVISIONALES PREVISTAS PARA LOS TRABAJADORES

Para conocer el número mínimo de instalaciones provisional primero es necesario hacer un cálculo del número medio mensual de trabajadores. La obra tiene una duración estimada de 6 meses, por tanto el cálculo será el siguiente:

Presupuesto de ejecución material	427.019,69 €€
Importe porcentual del coste de la mano de obra (20%):	85.403,94 €
Nº medio de horas trabajadas por los trabajadores en un año:	1.750 horas
Coste global por horas:	$85.403,94 \text{ €} / 1.750 = 48,80 \text{ €/hca}$
Precio medio hora/trabajadores:	24,00 €
Número medio de trabajadores/año:	$(48,80 / 24,00) / (5 / 12) = 4,88$
Redondeo del número de	5 trabajadores

Tabla.14.1

A continuación se muestra un cuadro informativo de necesidades de instalaciones provisionales según el número de trabajadores en la obra.

Superficie de vestuario aseo	5 trab x 2m2 = 10 m2
Nº retretes	5 trab / 25 trab = 1 ud.
Nº lavabos	5 trab / 10 trab = 1 ud.
Nº duchas	5 trab / 10 trab = 1 ud.
Nº armarios taquilla	5 uds
Nº bancos para 5 personas	1 uds
Nº calefactores eléctricos de 50 l	5 trab / 20 trab = 1 ud
Nº convectores eléctricos de 1000	10m2 / 40m2 = 1 ud
Nº módulos sanitarios	5 trab / 40 trab = 1 ud

Tabla.14.2

15. FORMACIÓN E INFORMACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD.

La formación e información de los trabajadores en los riesgos laborales y en los métodos de trabajo seguro a utilizar, son fundamentales para el éxito de la prevención de los riesgos laborales y realizar la obra sin accidentes.

El Contratista adjudicatario está legalmente obligado a formar en el método de trabajo seguro a todo el personal a su cargo, de tal forma, que todos los trabajadores tendrán conocimiento de los riesgos propios de su actividad laboral, de las conductas a observar en determinadas maniobras, del uso correcto de las protecciones colectivas y del de los equipos de protección individual necesarios para su protección.

El Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares da las pautas y criterios de formación, para que el Contratista adjudicatario, lo desarrolle en su Plan de Seguridad y Salud.

PLIEGO DE CONDICIONES

OBJETO

El presente pliego tiene por objeto fijar las condiciones generales y económicas que regirán la ejecución de las obras del presente proyecto de nave industrial, así como las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las Obras. Es un documento contractual de esta obra que tiene por objeto:

1. Exponer las obligaciones del contratista, subcontratista y trabajadores autónomos con respecto a este Estudio de Seguridad y Salud.
2. Exigir al contratista que incorpore a su Plan de Seguridad y Salud los procedimientos que son propios de su sistema de construcción para esta obra.
3. Definir el sistema de evaluación de las alternativas o propuestas hechas por el Plan de Seguridad y Salud.
4. Fijar unos determinados niveles de calidad de toda la prevención que se prevé utilizar, con el fin de garantizar su éxito.
5. Definir las formas de efectuar el control de la puesta en obra de la prevención decidida y su administración.
6. Propiciar un determinado programa formativo e informativo en materia de Seguridad y Salud, que sirva para implantar con éxito la prevención diseñada.

El Pliego de Condiciones forma parte de la documentación del Estudio de Seguridad y Salud y regirá en las obras que son objeto de la realización del mismo, definidas en el Artículo 4, apartado 1 del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre.

Este Pliego de Condiciones está compuesto de los siguientes apartados:

1. - Condiciones de Índole Legal.
2. - Condiciones de Índole Facultativa.
3. - Condiciones de Índole Técnica.
4. - Condiciones de Índole Económica.

CONDICIONES DE INDOLE LEGAL

1. NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN

La ejecución de la obra objeto del Estudio de Seguridad y Salud estará regulada por la Normativa de obligada aplicación que a continuación se cita.

Esta relación de dichos textos legales no es exclusiva ni excluyente respecto de otra Normativa específica que pudiera encontrarse en vigor, y de la que se haría mención en las correspondientes condiciones particulares de un determinado proyecto.

Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales que tiene por objeto promover la Seguridad y la Salud de los trabajadores, mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo. El art. 36 de la Ley 50/1998 de acompañamiento a los presupuestos modifica los arts. 45, 47, 48 y 49 de la LPRL.

A tales efectos esta Ley establece los principios generales relativos a la prevención de los riesgos profesionales para la protección de la seguridad y salud, la eliminación o disminución de los riesgos derivados del trabajo, la información, la consulta, la participación equilibrada y la formación de los trabajadores en materia preventiva, en los términos señalados en la presente disposición.

Para el cumplimiento de dichos fines, la presente Ley, regula las actuaciones a desarrollar por las Administraciones Públicas, así como por los empresarios, los trabajadores y sus respectivas organizaciones representativas.

Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

Este R.D. define las obligaciones del Promotor, Proyectista, Contratista, Subcontratista y Trabajadores Autónomos e introduce las figuras del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la elaboración del proyecto y durante la ejecución de las obras.

El R.D. establece mecanismos específicos para la aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y del R.D. 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Real Decreto 39/1997 de 17 de enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención en su nueva óptica en torno a la planificación de la misma, a partir de la evaluación inicial de los riesgos inherentes al trabajo y la consiguiente adopción de las medidas adecuadas a la naturaleza de los riesgos detectados. La necesidad de que tales aspectos reciban tratamiento específico por la vía normativa adecuada aparece prevista en el Artículo 6 apartado 1, párrafos d y e de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Orden del 27 de junio de 1997 por el que se desarrolla el R.D. 39/1997 de 17 de enero, en relación con las condiciones de acreditación de las entidades especializadas como Servicios de Prevención ajenos a la Empresa; de autorización de las personas o entidades especializadas que pretendan desarrollar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas; de autorización de las entidades Públicas o privadas para desarrollar y certificar actividades formativas en materia de Prevención de Riesgos laborales.

Ley 54/2003, de 12 de Diciembre, de reforma de marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

Real Decreto 171/2004, de 30 de Enero, por el que desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

Real Decreto 2177/2004, de 12 de Noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales de altura.

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

Real Decreto 286/2006, de 10 de Marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Ley 32/2006, de 18 de Octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.

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 todo lo que no se oponga a la Legislación anteriormente mencionada:

- **Convenio Colectivo General del Sector de la Construcción** aprobado por la Dirección General de Trabajo, en todo lo referente a Seguridad y Salud en el trabajo.
- **Pliego General de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura.**
- **Real Decreto 485/1997 de 14 de abril** sobre disposiciones mínimas en materia de señalización en seguridad y salud en el trabajo.
- **Real Decreto 486/1997 de 14 de abril** sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (Anexo 1, Apdo. A, punto 9 sobre escaleras de mano) según Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre Anexo IV.
- **Real Decreto 487/1997 de 14 de abril** sobre manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbares para los trabajadores.
- **Real Decreto 949/1997 de 20 de junio** sobre certificado profesional de prevencionistas de riesgos laborales.
- **Real Decreto 952/1997 sobre** residuos tóxicos y peligrosos.
- **Real Decreto 773/1997** sobre utilización de Equipos de Protección Individual.
- **Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio** sobre la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.
- **Estatuto de los Trabajadores.** Real Decreto Legislativo 1/1995.
- **Real Decreto 614/2001, de 8 de junio**, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. B.O.E. 21/6/01.

- **Reglamento Electrotécnico de baja tensión. Decreto 842/2002 de 2 de agosto** por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones complementarias.
- **Resto de disposiciones técnicas ministeriales cuyo contenido o parte del mismo esté relacionado con la seguridad y salud.**
- **Ordenanzas municipales que sean de aplicación.**

2. OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS

Se describen a continuación de forma resumida las misiones que deben desarrollar los distintos participantes en el proceso para conseguir con eficacia los objetivos propuestos.

En este trabajo, a título descriptivo, se entiende por promotor, la figura expresamente definida en el artículo 2, definiciones de Real Decreto 1.627/1.997 disposiciones mínimas de seguridad y salud de las obras de construcción

2.1 Promotor

Promotor será considerada cualquier 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.

Cuando el promotor realice directamente con medios humanos y materiales propios la totalidad o determinadas partes de la obra, tendrá también la consideración de contratista a los efectos de la Ley 32/2006

A los efectos del RD 1627/97 cuando el promotor contrate directamente trabajadores autónomos para la realización de la obra o de determinados trabajos de la misma, tendrá la consideración de contratista excepto en los casos estipulados en dicho Real Decreto.

Es el promotor quien encargará la redacción del E.S.S. y ha de contratar a los técnicos coordinadores en Seguridad y Salud tanto en proyecto como en ejecución. Asimismo, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de los trabajos.

Facilitará copia del E.S.S. a las empresas contratistas, subcontratistas o trabajadores autónomos contratados por directamente por el promotor, exigiendo la presentación de Plan de Seguridad y Salud previo al comienzo de las obras.

2.2 Proyectista

El Proyectista es el agente que, por encargo del Promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Deberá tomar en consideración, de conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios generales de prevención en materia de seguridad y de salud en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra.

2.3 Contratista y Subcontratista

El 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.

Cuando el Promotor realice directamente con medios humanos y materiales propios la totalidad o determinadas partes de la obra, tendrá también la consideración de Contratista a los efectos de la Ley 32/2006.

Cuando el Promotor contrate directamente trabajadores autónomos para la realización de la obra o de determinados trabajos de la misma, tendrá la consideración de Contratista excepto en los casos estipulados en el RD 1627/97.

El Subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista u otro subcontratista comitente el compromiso de realizar determinadas partes o unidades de obra.

2.4 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 participación de los trabajadores o sus representantes se realizarán, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

Usarán adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.

Utilizarán correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario. No pondrán fuera de funcionamiento y utilizarán correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.

Informarán de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

Contribuirán al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.

2.5 Trabajadores autónomos

La persona física distinta del contratista y del 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 a los efectos de la Ley 32/2006 y del RD 1627/97.

Los trabajadores autónomos estarán obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva según la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Cumplir las disposiciones mínimas de seguridad y salud.
- Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ajustar su actuación en la obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.
- Informar por escrito al resto de empresas concurrentes en la obra y al coordinador de seguridad y salud en la obra de los riesgos específicos que puedan afectar a otros trabajadores de la obra según lo dispuesto en el Real Decreto 171/2004.
- Deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

3. SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL Y TODO RIESGO DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Será preceptivo en la obra, que los técnicos responsables dispongan de cobertura de responsabilidad civil profesional; asimismo el contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia;

imputables al mismo o a personas de las que debe responder; se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

El Contratista viene obligado a la contratación de su cargo en la modalidad de todo riesgo a la construcción durante el plazo de ejecución de la obra con ampliación de un periodo de mantenimiento de un año, contado a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

CONDICIONES DE INDOLE FACULTATIVA

1. COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN PROYECTO

Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la elaboración del proyecto de obra: el técnico competente designado por el promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de obra, la aplicación de los principios generales de prevención en materia de seguridad y de salud durante la fase de proyecto.

2. COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN EJECUCIÓN

Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra es el técnico competente integrado en la dirección facultativa, designado por el promotor para llevar a cabo las siguientes tareas:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- 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.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales.
- 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.
- Asegurarse de que las empresas subcontratistas han sido informadas del Plan de Seguridad y Salud y están en condiciones de cumplirlo.
- El Coordinador en materia de seguridad podrá paralizar los tajos o la totalidad de la obra, en su caso, cuando observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud establecidas, dejándolo por escrito en el libro de incidencias. Además, se deberá comunicar la paralización al Contratista,

Subcontratistas afectados, Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente y representantes de los trabajadores.

3. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

Elaborado por el Contratista, ha de cumplir los siguientes requisitos:

- Cumple las especificaciones del RD 1627/1997 y concordante, elaborándolo de inmediato, tras la adjudicación de la obra, y antes de la firma del acta de replanteo.
- Da respuestas de acuerdo con la tecnología de construcción que le es propia y de sus métodos y organización de los trabajos.
- Suministrará planos de calidad técnica con los detalles oportunos para mejorar la comprensión, y no podrá ser sustituido por ningún otro documento.
- El Contratista y la obra estarán identificados en cada página y plano, estando todos los documentos sellados y firmados en la última página por el contratista.
- El Contratista estará obligado a incluir en su Plan de Seguridad y Salud, un itinerario recomendado para evacuar a los posibles accidentados, con el fin de evitar errores en situaciones límite que pudieran agravar las posibles lesiones del accidentado.
- Deberá ser aprobado por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud antes del inicio de la obra.

Si el Plan de Seguridad y Salud incumpliera alguno de ellos, la aprobación del Plan de Seguridad y Salud en el trabajo no podrá ser otorgada.

4. ALTERNATIVAS PROPUESTAS POR EL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

El Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de obra, si lo considera conveniente y para evaluar las alternativas propuestas por el Contratista en su Plan de Seguridad y Salud, utilizará los siguientes criterios técnicos:

1º Respecto a la protección colectiva:

- El montaje, mantenimiento, cambios de posición y retirada de una propuesta alternativa, no tendrán más riesgos o de mayor entidad, que los que tiene la solución de un riesgo decidida en este trabajo.
- La propuesta alternativa, no exigirá hacer un mayor número de maniobras que las exigidas por la que pretende sustituir; se considera que: a mayor número de maniobras, mayor cantidad de riesgos.
- No puede ser sustituida por equipos de protección individual.
- No aumentará los costos económicos previstos.
- No implicará un aumento del plazo de ejecución de obra.
- No será de calidad inferior a la prevista en este estudio de seguridad y salud.
- Las soluciones previstas en este estudio de seguridad, que estén comercializadas con garantías de buen funcionamiento, no podrán ser sustituidas por otras de tipo artesanal, (fabricadas en taller o en la obra), salvo que estas se justifiquen mediante un cálculo expreso, su representación en planos técnicos y la firma de un técnico competente.

2º Respecto a los equipos de protección individual:

- Las propuestas alternativas no serán de inferior calidad a las previstas en este estudio de seguridad.
- No aumentarán los costos económicos previstos, salvo si se efectúa la presentación de una completa justificación técnica, que razone la necesidad de un aumento de la calidad decidida en este estudio de seguridad y salud.

3º Respecto a otros asuntos:

- El Plan de Seguridad y Salud, deberá dar respuesta a todas las obligaciones contenidas en este Estudio de Seguridad y Salud.
- El Plan de Seguridad y Salud, dará respuesta a todos los apartados de la estructura de este Estudio de Seguridad y Salud, con el fin de abreviar en todo lo posible, el tiempo necesario para realizar su análisis y proceder a los trámites de aprobación.
- El Plan de Seguridad y Salud, suministrará el "plan de ejecución de la obra" que propone el Contratista como consecuencia de la oferta de adjudicación de la obra, conteniendo como mínimo, todos los datos que contiene el de este Estudio de Seguridad y Salud.

Ante todo, el Plan de Seguridad y Salud debe dar respuesta a todas las obligaciones expuestas en este Estudio de Seguridad y Salud, y contendrá como mínimo todos los datos que contiene este Estudio, así como incluir también la información recogida en la Memoria del presente Pliego acerca del Libro de Incidencias.

Antes del comienzo de la obra, el Promotor deberá efectuar un aviso previo a la autoridad laboral competente. Este aviso previo se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del RD 1627/1997 del 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

5. FORMACIÓN Y PREVENCIÓN

Cada contratista o subcontratista está legalmente obligado a formar a todo su personal a su cargo en el método del trabajo seguro, de tal forma que todos los trabajadores sepan los riesgos de su actividad laboral y los procedimientos que deben aplicar para desempeñar su labor de forma segura. Además, toda la información deberá dárseles también por escrito.

Es necesaria la existencia de un Encargado de Seguridad contratado por el Contratista, previamente formado, que deberá ser capaz de transmitir los contenidos del Plan de Seguridad y Salud. Seguirá las instrucciones del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, informará de la prevención desarrollada por dicho Coordinador, y controlará el nivel de seguridad existente en la obra realizando diversas visitas

de seguimiento y control, que pondrá en conocimiento del Coordinador durante la ejecución de la obra para que sea este quien tome las decisiones oportunas.

6. ACCIONES EN CASO DE ACCIDENTE LABORAL

El Contratista deberá disponer de un servicio médico, donde se realizará tanto los reconocimientos previos, periódicos como especiales y se prestará la asistencia debida a accidentados y enfermos.

Se deberá efectuar un reconocimiento médico a los trabajadores antes de que comiencen a prestar sus servicios en la obra, comprobando que son aptos (desde el punto de vista médico), para el tipo de trabajo que se les vaya a encomendar. Periódicamente (una vez al año) se efectuarán reconocimientos médicos a todo el personal de la obra.

En todos los centros de trabajo se dispondrá de botiquines fijos o portátiles, bien señalizados y convenientemente situados, que estarán a cargo de socorristas diplomados o, en su defecto, de la persona más capacitada designada por la Empresa.

Cada botiquín de primeros auxilios contendrá los materiales especificados en el Art. 43-5 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

No obstante, el Contratista queda obligado a recoger dentro de su Plan de Seguridad y Salud los siguientes principios de socorro:

- El accidentado será atendido de inmediato para verificar la gravedad de las lesiones. En caso de caída desde altura se considerará que pueden existir lesiones graves, de forma que se extremarán las precauciones. Si la gravedad es manifiesta, se evacuará al herido en camilla y ambulancia, evitando siempre la utilización de transportes particulares.
- A través del Plan de Seguridad y Salud, el Contratista comunicará la infraestructura sanitaria con la que cuenta y el nombre y dirección del centro asistencial más próximo, además de anunciar en rótulos bien visibles esta información en el acceso a la obra, la oficina de obra, el vestuario y en el interior del botiquín de primeros auxilios.

El Contratista está obligado a comunicar inmediatamente cada accidente laboral con el fin de investigar sus causas y adoptar las

correcciones oportunas al Coordinador en materia de seguridad y Salud, a la Dirección Facultativa de obra y a la Autoridad Laboral, así como a exponer en el Plan las acciones administrativas a las que está obligado en caso de accidente.

CONDICIONES DE INDOLE TÉCNICA

1. INSTALACIONES PROVISIONALES

Se utilizarán como instalaciones provisionales para los trabajadores, módulos prefabricados comercializados metálicos prefabricados en chapa emparedada con aislamiento térmico y acústico, montados sobre soleras ligeras de hormigón que garantizarán su estabilidad y buena nivelación

Para todos los módulos metálicos necesarios, se han previsto en la opción de alquiler mensual, conteniendo la distribución e instalaciones necesarias expresadas en el cuadro informativo.

La carpintería y puertas de paso estarán formadas por cercos directos para mampara y hojas de paso de madera, sobre cuatro pernos metálicos.

Las hojas de paso de los retretes y duchas serán de tipo rasgado, sobre el pavimento, con cierre de manivela y cerrojillo.

Las puertas de acceso poseerán cerraja a llave.

Los módulos estarán dotados de fontanería para agua caliente y fría y desagües, con griferías, sumideros, aparatos sanitarios y duchas. Todas las conducciones están previstas en PVC.

Los módulos estarán dotados de electricidad montada, iniciándola desde el cuadro de distribución, dotado de los interruptores magneto-térmicos y diferencial de 30 mA; distribuida con manguera contra la humedad, dotada de hilo de toma de tierra. Se calcula un enchufe por cada dos lavabos.

El suministro de energía eléctrica se realizará a través de un grupo electrógeno generador trifásico, accionado por un motor de gasóleo. Se le considera un medio auxiliar necesario para la ejecución de la obra, consecuentemente no se valora en el presupuesto de seguridad.

Las acometidas de agua potable y desagüe, se realizarán a las tuberías de suministro especial para la obra, que tiene idéntico tratamiento económico que el descrito en el punto anterior.

Las instalaciones de vestuario y aseo deberán disponer de las siguientes características:

- La altura libre a techo será de 2,30 metros. Los suelos, paredes y techos serán lisos e impermeables, permitiendo la limpieza necesaria. Asimismo dispondrán de ventilación independiente y directa. Los vestuarios estarán provistos de una taquilla individual con llave para cada trabajador y asientos. Se habilitará un tablón conteniendo el calendario laboral y las notas informativas de régimen interior que la Dirección Técnica de la obra proporcione.
- Se dispondrá de un local con los siguientes elementos sanitarios, inodoros, duchas, lavabos y espejos. Completándose con los elementos auxiliares necesarios: toallero, jaboneras, etc. Dispondrá de agua caliente en duchas y lavabos, teniendo cada uno de los retretes una superficie de 1x1,20 m.

Superficie de vestuario aseo	5 trab x 2m ² = 10 m ²
Nº retretes	5 trab / 25 trab = 1 uds
Nº lavabos	5 trab / 10 trab = 1 uds
Nº duchas	5 trab / 10 trab = 1 uds
Nº armarios taquilla	5 uds
Nº bancos para 5 personas	1 uds
Nº calefactores eléctricos de 50 l	5 trab / 20 trab = 1 uds
Nº convectores eléctricos de 1000 W	10m ² / 40m ² = 1 uds
Nº módulos sanitarios	5 trab / 40 trab = 1 uds

Tabla 1.1

2. NORMAS DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

El Contratista es responsable de que se cumplan las siguientes condiciones generales:

- La protección colectiva, diseñada en los planos de seguridad y salud, protege de los riesgos a los trabajadores y visitantes de la obra. Todas son nuevas y a estrenar.
- Todas las empresas Contratistas deberán velar para que su calidad se corresponda con la definida en el Plan de Seguridad y Salud.
- Cada empresa Contratista, en virtud de la legislación vigente, está obligada al montaje, mantenimiento en buen

estado y retirada de la protección colectiva por sus medios o mediante subcontratación. En caso de concurrencia de varias empresas contratistas en un lugar de trabajo, serán todas aquellas responsables del cuidado y mantenimiento de las protecciones colectivas.

- Todos los medios de protección colectiva, estarán en acopio disponible para uso inmediato, al menos, dos días antes de la fecha decidida para su montaje, según lo previsto en el plan de ejecución de obra.
- Queda prohibida la iniciación de un trabajo hasta que la protección colectiva esté montada por completo. El Contratista a su vez, queda obligado a incluir en su Plan de ejecución de obra todo el sistema de instalación de las protecciones pertinente. De modo que si se ve algún desperfecto, las protecciones han de ser sustituidas de inmediato antes de reanudar los trabajos.
- El Plan de Seguridad y Salud puede modificar los planos con justificación técnica documental, debiendo ser aprobadas las modificaciones por la Dirección Facultativa.

3. NORMAS DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Todos los equipos de protección individual utilizables en esta obra, cumplirán las siguientes condiciones generales:

- Dispondrán de marcado “CE”.
- Los equipos de protección individual que cumplan con la indicación expresada en el punto anterior, tienen autorizado su utilización durante su período de vigencia.
- Los equipos de protección individual en utilización que estén rotos, serán reemplazados de inmediato, quedando constancia escrita en la oficina de obra del motivo del cambio y el nombre de la empresa y de la persona que recibe el nuevo equipo de protección individual, con el fin de dar la máxima seriedad posible a la utilización de estas protecciones.
- Las normas de utilización de los equipos de protección individual, se atenderán a lo previsto en la reglamentación vigente y folletos explicativos de cada uno de sus fabricantes.

4. CONTROL DE ENTREGA DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

El Contratista deberá incluir en su "Plan de Seguridad y Salud", un modelo del "parte de entrega de equipos de protección individual" que tenga por costumbre utilizar en sus obras. Si no lo posee deberá componerlo y presentarlo a la aprobación del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Contendrá como mínimo los siguientes datos:

- Número del parte, Identificación del Contratista.
- Empresa afectada por el control, sea contratista, subcontratista o un trabajador autónomo.
- Nombre del trabajador que recibe los equipos de protección individual.
- Oficio o empleo que desempeña. Categoría profesional.
- Listado de los equipos de protección individual que recibe el trabajador.
- Firma del trabajador que recibe el equipo de protección individual.
- Firma y sello de la empresa.

Estos partes estarán confeccionados por duplicado. El original de ellos, quedará archivado en poder del Encargado de Seguridad y Salud, la copia se entregará al Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

5. NORMAS PARA MEDIOS AUXILIARES

Es responsabilidad del Contratista que todos los medios auxiliares, máquinas y equipos empleados en la obra cumplan con los RRDD 1215/1997, 1435/1992 y 56/1995. Asimismo, está obligado a componer según su estilo un documento y recogerlo en su Plan de Seguridad y Salud en el que se indique la capacitación de cada persona para utilizar una determinada máquina.

La señalización vial cumplirá con el “Código de Circulación” y con el contenido de la “Norma de carretera 8.3/IC, señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado”. Asimismo, la señalización de riesgos en el trabajo ha de cumplir con el contenido del RD 485 de 14 de abril de 1997.

En cuanto a la **prevención de incendios**, para poder evitar o extinguir los posibles fuegos, el Contratista queda obligado a la formación en evacuación y a la instalación de extintores de incendios como mínimo en:

- Oficinas de obra.
- Almacenes con productos o materiales inflamables.
- Cuadro general eléctrico.
- Cuadros de máquinas fijas de obra.
- Acopios especiales con riesgo de incendio.

Así como extintores móviles para trabajos de soldaduras capaces de originar incendios.

Se instalarán sobre patillas de cuelgue o sobre carro, bien señalizados, y al lado de cada uno existirá un rótulo grande formado por caracteres negros sobre fondo amarillo que mostrará las instrucciones de uso.

Las condiciones de detección, evaluación y medición de los riesgos higiénicos han de estar recogidos en el Plan de Seguridad y Salud, haciendo especial énfasis en la presión acústica de los trabajos y de su entorno, los productos de limpieza de fachadas, y los productos de aislamiento.

En dicho Plan de Seguridad y Salud, el Coordinador debe también reflejar las normas para el tratamiento de residuos, de materiales y sustancias peligrosas, y el procedimiento para la prevención de riesgos laborales.

6. SEÑALIZACIÓN DE LA OBRA

La señalización en la obra deberá cumplir con el contenido del Real Decreto 485 de 14 de abril de 1.997 que desarrolla los preceptos específicos sobre señalización de riesgos en el trabajo según la Ley 31 de 8 de noviembre de 1.995 de Prevención de Riesgos Laborales.

El Contratista tendrá la obligación de informar y de formar a los trabajadores en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

La información que reciban los trabajadores se referirá a las medidas a tomar con relación a la utilización de dicha señalización de seguridad y salud.

La formación que se imparta a los trabajadores deberá ser adecuada, haciendo especial hincapié en el significado de las señales, con especial atención a los mensajes verbales y gestuales, y en los comportamientos que los trabajadores deben adoptar en función de dichas señales.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- a) Las características de la señal.
- b) Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- c) La extensión de la zona a cubrir.
- d) El número de trabajadores afectados.

La eficacia de la señalización no debe resultar disminuida por la concurrencia de señales u otras circunstancias que dificulten su comprensión o percepción.

La señalización debe permanecer en tanto persista el hecho que la motiva.

Se establece una obligación de mantenimiento y limpieza, reparación y sustitución, cuando fuere preciso, de los medios y dispositivos de señalización, al objeto de que los mismos, estén en perfectas condiciones de uso en todo momento.

Aquellas señalizaciones que precisen alimentación eléctrica para su funcionamiento, dispondrán de suministro de emergencia, salvo que con el corte del fluido eléctrico desapareciese también el riesgo.

Las señales serán nuevas, a estrenar.

Con el fin de economizar costos se eligen y valoran los modelos adhesivos en tres tamaños comercializados: pequeño, mediano y grande de tipo normalizada según el Real Decreto 485 de 1.977 de 14 de Abril.

CONDICIONES DE INDOLE ECONÓMICA

1. MEDICIÓN, VALORACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LAS PARTIDAS PRESUPUESTARIAS DE SEGURIDAD Y SALUD

Las mediciones de los componentes y equipos de seguridad se realizarán en obra mediante la aplicación de unidades físicas, ya sean m, m2, m3, uds... No se admitirán otros supuestos.

La medición de los sistemas de protección individual y colectiva será supervisada por el Coordinador de seguridad y salud aplicando los criterios de medición común para las partidas de construcción, siguiendo los pasos y criterios contenidos en este capítulo.

Los errores presupuestarios que pudieran haberse cometido en este Estudio de Seguridad y Salud se justificarán ante el Coordinador. Los precios contradictorios se resolverán con el Coordinador, y este será también el que justifique las partidas alzadas.

Se realizará una certificación mensual que será presentada al Promotor para su abono según lo pactado en el contrato de adjudicación de obra.

El Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, deberá controlar la puesta real en obra de las protecciones contratadas por la administración, mediante medición y valoración unitaria expresa, que se incorporará a la certificación mensual en las condiciones expresadas en este apartado.

2. AVISO PREVIO

Antes del comienzo de la obra, el promotor deberá efectuar un aviso previo a la autoridad laboral competente. Este aviso previo se redactará con arreglo a lo dispuesto en el anexo III del Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

1. PROTECCIONES INDIVIDUALES

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud Casco de seguridad con arnés de adaptación, homologado. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.			
		Total ud:	8,000	2,06
				16,48
1.2	Ud Pantalla de seguridad para soldador, con fijación en cabeza, (amortizable en 5 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.			
		Total ud:	3,000	2,06
				6,18
1.3	Ud Gafas protectoras contra impactos, incoloras, homologadas, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.			
		Total ud:	8,000	0,69
				5,52
1.4	Ud Protectores auditivos con arnés a la nuca, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.			
		Total ud:	3,000	2,06
				6,18
1.5	Ud Juego de tapones antiruido de silicona ajustables. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.			
		Total ud:	10,000	1,02
				10,20
1.6	Ud Mono de trabajo de una pieza de poliéster-algodón. Amortizable en un uso. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.			
		Total ud:	5,000	11,33
				56,65
1.7	Ud Cinturón de seguridad de suspensión con 2 puntos de amarre, (amortizable en 4 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.			
		Total ud:	2,000	8,24
				16,48
1.8	Ud Dispositivo anticaídas recomendado para trabajos en pendiente con amarre fijo, cierre y apertura de doble seguridad, deslizamiento manual y bloqueo automático, equipado con una cuerda de nylon de 20 m., mosquetón para amarre del cinturón y elementos metálicos de acero inoxidable, homologado CE, (amortizable en 5 obras); s/ R.D. 773/97.			
		Total ud:	2,000	16,48
				32,96
1.9	M. Línea horizontal de seguridad para anclaje y desplazamiento de cinturones de seguridad con cuerda para dispositivo anticaída, D=14 mm., y anclaje autoblocante de fijación de mosquetones de los cinturones, i/desmontaje.			
		Total m.:	10,000	9,43
				94,30

Nº	Ud Descripción	Medición	Precio	Importe
1.10	<i>Ud Mandil de cuero para soldador, (amortizable en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.</i>			
	<i>Total ud:</i>	<i>2,000</i>	<i>4,44</i>	8,88
1.11	<i>Ud Arnés de seguridad con amarre dorsal y torsal fabricado con cintura ligera de cierre rectangular con cincha de nylon de 45 mm. y elementos metálicos de acero inoxidable, incluso dispositivo anticaídas de cierre y apertura de doble seguridad, deslizamiento manual y bloqueo automático, equipado con cuerda de nylon D=15,5 mm. y 20 m. de longitud, mosquetón de amarre de 24 mm., homologado CE. Amortizable en 5 obras. Recomendado para trabajos en pendiente con amarre fijo; s/ R.D. 773/97.</i>			
	<i>Total ud:</i>	<i>2,000</i>	<i>30,54</i>	61,08
1.12	<i>Ud Par de guantes para soldador, (amortizables en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.</i>			
	<i>Total ud:</i>	<i>2,000</i>	<i>1,99</i>	3,98
1.13	<i>Ud Par guantes de goma látex-anticorte. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.</i>			
	<i>Total ud:</i>	<i>8,000</i>	<i>1,85</i>	14,80
1.14	<i>Ud Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, (amortizables en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.</i>			
	<i>Total ud:</i>	<i>8,000</i>	<i>6,17</i>	49,36
1.15	<i>Ud Peto reflectante de seguridad personal en colores amarillo y rojo, (amortizable en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.</i>			
	<i>Total ud:</i>	<i>5,000</i>	<i>2,40</i>	12,00
1.16	<i>Ud Chaleco de obras reflectante. Amortizable en 5 usos. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.</i>			
	<i>Total ud:</i>	<i>7,000</i>	<i>3,55</i>	24,85
TOTAL CAPÍTULO Nº1 - PROTECCIONES INDIVIDUALES :				419,90 €

€

2. PROTECCIONES COLECTIVAS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	M.	Pasarela de trabajo para montaje de cubiertas inclinadas formada por 4 tablas de madera de pino de 15x5 cm. cosidas por clavazón y escalones transversales de 5x5 cm. (amortizable en 3 usos). incluso colocación. s/ R.D. 486/97.			
		Total m.:	50,000	4,99	249,50
2.2	Ud	Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor. Medida la unidad instalada. s/ R.D. 486/97.			
		Total ud:	3,000	48,67	146,01
2.3	Ud	Transformador de seguridad con primario para 220 V. y secundario de 24 V. y 1000 W., totalmente instalado, (amortizable en 5 usos). s/ R.D. 486/97.			
		Total ud:	1,000	33,56	33,56
2.4	Ud	Tapa provisional para arquetas de 63x63 cm., huecos de forjado o asimilables, formada mediante tabloncillos de madera de 20x5 cms. armados mediante clavazón, incluso colocación, (amortizable en dos usos).			
		Total ud:	8,000	14,85	118,80
2.5	Ud	Tapa provisional para arquetas de 80x80 cm., huecos de forjado o asimilables, formada mediante tabloncillos de madera de 20x5 cms. armados mediante clavazón, incluso colocación, (amortizable en dos usos).			
		Total ud:	1,000	19,50	19,50
2.6	Ud	Valla de contención de peatones, metálica, prolongable de 2,50 m. de largo y 1 m. de altura, color amarillo, amortizable en 5 usos, incluso colocación y desmontaje. s/ R.D. 486/97.			
		Total ud:	25,000	12,02	300,50
2.7	Ud	Cuadro general de mandos y protección de obra para una potencia máxima de 40 kW. compuesto por armario metálico con revestimiento de poliéster, de 90x60 cm., índice de protección IP 559, con cerradura, interruptor automático magnetotérmico más diferencial de 4x125 A., un interruptor automático magnetotérmico de 4x63 A., y 5 interruptores automáticos magnetotérmicos de 2x25 A., incluyendo cableado, rótulos de identificación de circuitos, bornas de salida y p.p. de conexión a tierra, para una resistencia no superior de 80 Ohmios, totalmente instalado. (amortizable en 4 obras). s/ R.D. 486/97.			
		Total ud:	1,000	244,93	244,93

€ **TOTAL CAPÍTULO Nº 2 - PROTECCIONES COLECTIVAS :** **1.112,80 €**

3. SEÑALIZACIÓN

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	<i>Ud</i>	<i>Señal de stop, tipo octogonal de D=60 cm., normalizada, con soporte de acero galvanizado de 80x40x2 mm. y 2 m. de altura, amortizable en cinco usos, i/p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-10/B/40, colocación y desmontaje. s/ R.D. 485/97.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>1,000</i>	<i>22,18</i>	22,18
3.2	<i>Ud</i>	<i>Señal de seguridad manual a dos caras: Stop-Dirección obligatoria, tipo paleta. (amortizable en dos usos). s/ R.D. 485/97.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>2,000</i>	<i>6,85</i>	13,70
3.3	<i>Ud</i>	<i>Cono de balizamiento reflectante irrompible de 50 cm. de diámetro, (amortizable en cinco usos). s/ R.D. 485/97.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>15,000</i>	<i>2,96</i>	44,40
3.4	<i>M.</i>	<i>Cinta de balizamiento bicolor rojo/blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje. R.D. 485/97.</i>			
		<i>Total m.:</i>	<i>200,000</i>	<i>0,57</i>	114,00
3.5	<i>M.</i>	<i>Banderola de señalización colgante realizada de plástico de colores rojo y blanco, reflectante, i/soporte metálico de 1.20 m. (amortizable en tres usos), colocación y desmontaje. s/ R.D. 485/97.</i>			
		<i>Total m.:</i>	<i>50,000</i>	<i>4,69</i>	234,50
3.6	<i>Ud</i>	<i>Foco de balizamiento intermitente, (amortizable en cinco usos). s/ R.D. 485/97.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>2,000</i>	<i>5,80</i>	11,60
3.7	<i>Ud</i>	<i>Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm., fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje. s/ R.D. 485/97.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>10,000</i>	<i>3,37</i>	33,70
3.8	<i>Ud</i>	<i>Panel direccional reflectante de 60x90 cm., con soporte metálico, amortizable en cinco usos, i/p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-10/B/40, colocación y montaje. s/ R.D. 485/97.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>2,000</i>	<i>31,32</i>	62,64
3.9	<i>Ud</i>	<i>Señal de tráfico pintada sobre bolsa de plástico (amortizable en un uso) montada sobre bastidor metálico (amortizable en tres usos) i/colocación y desmontaje. s/ R.D. 485/97.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>2,000</i>	<i>11,41</i>	22,82

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.10	<i>Ud</i>	Señal de advertencia, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma negro de forma triangular sobre fondo amarillo, amortizable en 3 usos, fijada con bridas. <i>Incluye: Colocación. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.</i> <i>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</i>			
		<i>Total Ud:</i>	8,000	3,37	26,96
3.11	<i>Ud</i>	Señal de prohibición, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma negro de forma circular sobre fondo blanco, amortizable en 3 usos, fijada con bridas. <i>Incluye: Colocación. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.</i> <i>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</i>			
		<i>Total Ud:</i>	8,000	3,37	26,96
3.12	<i>Ud</i>	Señal de obligación, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma circular sobre fondo azul, amortizable en 3 usos, fijada con bridas. <i>Incluye: Colocación. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.</i> <i>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</i>			
		<i>Total Ud:</i>	8,000	3,37	26,96
3.13	<i>Ud</i>	Señal de extinción, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma rectangular sobre fondo rojo, amortizable en 3 usos, fijada con bridas. <i>Incluye: Colocación. Desmontaje posterior. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.</i> <i>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</i>			
		<i>Total Ud:</i>	3,000	3,75	11,25
3.14	<i>M</i>	Malla de señalización de polietileno de alta densidad (200 g/m²), color naranja, de 1,20 m de altura, sujeta mediante bridas de nylon a soportes de barra de acero corrugado B 500 S de 1,75 m de longitud y 20 mm de diámetro, hincados en el terreno cada 1,00 m, utilizada como señalización y delimitación de los bordes de la excavación. Amortizable la malla en 1 uso, los soportes en 3 usos y los tapones protectores en 3 usos. <i>Incluye: Hincado de las barras en el terreno. Sujeción de la malla a las barras. Colocación de tapones protectores. Desmontaje del conjunto. Transporte hasta el lugar de almacenaje o retirada a contenedor.</i> <i>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</i>			
		<i>Total m:</i>	200,000	5,28	1.056,00
TOTAL CAPÍTULO Nº 3 - SEÑALIZACIÓN :					1.707,67€

4. INSTALACIONES PROVISIONALES

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	Ms	Mes de alquiler (min. 12 meses) de caseta prefabricada para comedor de obra de 7,87x2,33x2,30 m. de 18,35 m ² . Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido autoextinguible, interior con tablero melaminado en color. Cubierta en arco de chapa galvanizada ondulada reforzada con perfil de acero; fibra de vidrio de 60 mm., interior con tablex lacado. Suelo de aglomerado revestido con PVC continuo de 2 mm., y poliestireno de 50 mm. con apoyo en base de chapa galvanizada de sección trapezoidal. Puerta de 0,8x2 m., de chapa galvanizada de 1mm., reforzada y con poliestireno de 20 mm., picaporte y cerradura. Dos ventanas aluminio anodizado corredera, contraventana de acero galvanizado. Instalación eléctrica a 220 V., toma de tierra, automático, 2 fluorescentes de 40 W., enchufes para 1500 W. y punto luz exterior de 60 W. Con transporte a 50 km.(ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.			
Total ms			5,000	268,70	1.343,50
4.2	Ms	Mes de alquiler (min. 12 meses) de caseta prefabricada para aseos en obra de 6,00x2,30x2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido. Ventana de 0,84x0,80 m. de aluminio anodizado, corredera, con reja y luna de 6 mm., termo eléctrico de 50 l., dos placas turcas, cuatro placas de ducha y pileta de tres grifos, todo de fibra de vidrio con terminación de gel-coat blanco y pintura antideslizante, suelo contrachapado hidrófugo con capa fenólica antideslizante y resistente al desgaste, puerta madera en turca, cortina en ducha. Tubería de polibutileno aislante y resistente a incrustaciones, hielo y corrosiones, instalación eléctrica mono. 220 V. con automático. Con transporte a 50 km.(ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.			
Total ms			5,000	279,00	1.395,00
4.3	Ms	Mes de alquiler (min. 12 meses) de caseta prefabricada para almacén de obra de 4,53x2,30x2,30 m. de 10,40 m ² . Estructura de acero galvanizado. Cubierta y cerramiento lateral de chapa galvanizada trapezoidal de 0,6 mm. reforzada con perfiles de acero, interior prelacado. Suelo de aglomerado hidrófugo de 19 mm. puerta de acero de 1mm., de 0,80x2,00 m. pintada con cerradura. Ventana fija de cristal de 6 mm., recercado con perfil de goma. Con transporte a 50 km.(ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.			
Total ms			5,000	237,80	1.189,00

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.4	<i>Ud</i>	<i>Acometida provisional de saneamiento de caseta de obra a la red general municipal, hasta una distancia máxima de 8 m., formada por: rotura del pavimento con compresor, excavación manual de zanjas de saneamiento en terrenos de consistencia dura, colocación de tubería de hormigón en masa de enchufe de campana, con junta de goma de 20 cm. de diámetro interior, tapado posterior de la acometida y reposición del pavimento con hormigón en masa HM/15/B/40, sin incluir formación del pozo en el punto de acometida y con p.p. de medios auxiliares.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>2,000</i>	<i>550,72</i>	1.101,44
4.5	<i>M.</i>	<i>Acometida provisional de electricidad a caseta de obra, desde el cuadro general formada por manguera flexible de 4x6 mm². de tensión nominal 750 V., incorporando conductor de tierra color verde y amarillo, fijada sobre apoyos intermedios cada 2,50 m. totalmente instalada.</i>			
		<i>Total m.:</i>	<i>3,000</i>	<i>6,15</i>	18,45

TOTAL CAPÍTULO Nº 4 - INSTALACIONES PROVISIONALES : 5.047,39€

5. MEDICINA Y PRIMEROS AUXILIOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1	Ud	Botiquín de urgencia en caseta de obra. <i>Incluye: Replanteo y trazado en el paramento. Colocación y fijación mediante tornillos. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</i>			
<i>Total Ud:</i>			1,000	103,85	103,85
5.2	Ud	Reposición de bolsa de hielo, caja de apósitos, paquete de algodón, rollo de esparadrapo, caja de analgésico de ácido acetilsalicílico, caja de analgésico de paracetamol, botella de agua oxigenada, botella de alcohol de 96°, frasco de tintura de yodo, para botiquín de urgencia en caseta de obra. <i>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</i>			
<i>Total Ud:</i>			1,000	22,43	22,43
5.3	Ud	Camilla portátil para evacuaciones. <i>Incluye: Montaje, instalación y comprobación. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud.</i>			
<i>Total Ud:</i>			1,000	37,34	37,34
TOTAL CAPÍTULO Nº 5 - MEDICINA Y PRIMEROS AUXILIOS :					163,62 €

6. FORMACIÓN Y CONTROL

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	<i>Ud</i>	<i>Costo mensual de formación de seguridad y salud en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>5,000</i>	<i>42,65</i>	213,25
6.2	<i>Ud</i>	<i>Costo mensual de limpieza y desinfección de casetas de obra, considerando dos horas a la semana un peón ordinario. Art 32 y 42.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>5,000</i>	<i>77,19</i>	385,95
6.3	<i>Ud</i>	<i>Costo mensual de conservación de instalaciones provisionales de obra, considerando 2 horas a la semana un oficial de 2ª.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>5,000</i>	<i>80,06</i>	400,30
6.4	<i>Ud</i>	<i>Costo mensual del Comité de Seguridad y salud en el Trabajo, considerando una reunión al mes de dos horas y formado por un técnico cualificado en materia de seguridad y salud, dos trabajadores con categoría de oficial de 2ª o ayudante y un vigilante con categoría de oficial de 1ª.</i>			
		<i>Total ud:</i>	<i>5,000</i>	<i>82,45</i>	412,25
TOTAL CAPÍTULO Nº 6 - FORMACIÓN Y CONTROL :					1.411,75 €

7. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

1 PROTECCIONES INDIVIDUALES	419,90
2 PROTECCIONES COLECTIVAS	1.112,80
3 SEÑALIZACIÓN	1.707,67
4 INSTALACIONES PROVISIONALES	5.047,39
5 MEDICINA Y PRIMEROS AUXILIOS	163,62
6 FORMACIÓN Y CONTROL	1.411,75
<hr/>	
TOTAL:	9.863,13 €

Asciende el presupuesto de ejecución material del Estudio de Seguridad y Salud a la expresada cantidad de **NUEVE MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y TRES EUROS CON TRECE CÉNTIMOS.**

8. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

1 PROTECCIONES INDIVIDUALES	419,90
2 PROTECCIONES COLECTIVAS	1.112,80
3 SEÑALIZACIÓN	1.707,67
4 INSTALACIONES PROVISIONALES	5.047,39
5 MEDICINA Y PRIMEROS AUXILIOS	163,62
6 FORMACIÓN Y CONTROL	1.411,75

<i>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</i>	9.863,13
<i>GASTOS GENERALES (6%)</i>	591,78
<i>BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)</i>	1.282,2

TOTAL: 11.737,11€

Asciende el presupuesto de Ejecución Por Contrata del Estudio de Seguridad y Salud a la expresada cantidad de **ONCE MIL SETECIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS CON ONCE CÉNTIMOS.**

En Zaragoza a 5 de Febrero de 2016.

El Autor

Sergio Clavero Pina.

